

UNIVERSIDAD NACIONAL  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA MAESTRÍA  
EN CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y ESTRUCTURA DE LAS  
COMUNIDADES DE PASTOS MARINOS EN EL PARQUE NACIONAL  
CAHUITA, LIMÓN, COSTA RICA

LILLIANA MARÍA ÁLVAREZ SÁNCHEZ

Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador del Programa Maestría  
en Ciencias Marinas y Costeras para optar al grado de Magister Scientiae en  
Ciencias Marinas y Costeras con énfasis en manejo

Heredia, Costa Rica, 2022

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE  
PASTOS MARINOS EN EL PARQUE NACIONAL CAHUITA, LIMÓN, COSTA  
RICA

LILLIANA MARÍA ÁLVAREZ SÁNCHEZ

Tesis presentada para optar al grado de Magíster Scientiae en Ciencias Marinas y Costeras con énfasis en manejo de los recursos marinos y costeros. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica.

## **MIEMBROS TRIBUNAL EXAMINADOR**

Dra. Damaris Castro García

Representante del Consejo Central de Posgrado

M. Sc. Cristian Fonseca Rodríguez

Coordinador del posgrado o su representante

PhD. Lilliana Piedra Castro

Tutor de tesis

M.Sc. Nelson Muñoz Simón

Miembro del Comité Asesor

PhD. Andrea García Rojas

Miembro del Comité Asesor

Licda. Lilliana María Álvarez Sánchez

Sustentante

### **ACTA DE DEFENSA PÚBLICA DE TESIS DE MAESTRÍA**

Sesión del Tribunal Examinador de la presentación pública de trabajo final de graduación celebrada a las nueve horas del veinticinco de noviembre de dos mil veintidós bajo la modalidad virtual por medio de la plataforma zoom de:

<b>Nombre de la persona sustentante</b>	<b>Número identificación</b>	<b>Ubicación geográfica durante la defensa</b>
<b>Lilliana Álvarez Sánchez</b>	<b>401880790</b>	<b>Casa de Habitación Bella Vista, Limón</b>

Quien se acoge a la Normativa de Trabajos Finales de Graduación en Posgrado y el Reglamento Interno de la Maestría en Ciencias Marinas y Costeras con énfasis en Manejo de los Recursos Marinos y Costeros, bajo la modalidad de tesis para optar al grado de Máster en Ciencias Marinas y Costeras con énfasis en Manejo de los Recursos Marinos y Costeros.

Están presentes los siguientes miembros del Tribunal Examinador:

<b>Grado académico</b>	<b>Nombre completo</b>	<b>Puesto</b>	<b>Ubicación geográfica durante la defensa</b>
Dra.	Damaris Castro García	Representante del Consejo Central de Posgrado, quien preside	Casa de habitación, San Rafael de Heredia
M.Sc.	Cristian Fonseca Rodríguez	Coordinador del posgrado	Casa de habitación Residencial la Giralda, Desamparados de Alajuela. Costa Rica

Dra.	Lilliana Piedra Castro	Tutora de tesis	Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre (LARNAVISI), Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional
M.Sc.	Nelson Muñoz Simon	Miembro del Comité Asesor 9	San Rafael, la Unión de Tres Ríos

La doctora Andrea García Rojas, Lectora, Miembro del Comité Asesor, justificó su ausencia a esta defensa de tesis.

#### **ARTÍCULO 1: Presentación de la persona sustentante**

La persona que preside abre formalmente la sesión del Tribunal Examinador e inquiriere a la coordinación del posgrado sobre el cumplimiento de los requisitos para este acto por parte de la persona sustentante.

El o la representante del posgrado declara que la persona sustentante ha cumplido con todos los requisitos del Plan de Estudios correspondiente, ha realizado su proceso de investigación bajo los cánones del rigor académico, con el auxilio de su comité asesor de tesis, y ha satisfecho sus obligaciones académicas y financieras con el Programa de Posgrado, lo cual le hace idónea para este acto.

#### **ARTÍCULO 2: Defensa y réplica**

La persona que preside le solicita a la persona sustentante que proceda a hacer la exposición oral, para lo cual le otorga un plazo máximo de 45 minutos.

La persona sustentante hace la exposición oral del trabajo de graduación titulado: "DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE PASTOS MARINOS EN EL PARQUE NACIONAL CAHUITA, LIMÓN, COSTA RICA".

Terminada la presentación, la persona que preside otorga la palabra a los miembros del Tribunal Examinador para que se refieran a la tesis de maestría presentada. Los

miembros del Tribunal Examinador interrogan a la persona sustentante, quien con la venia de la persona que preside procede a hacer su réplica para satisfacer las cuestiones que se le plantean.

### **ARTÍCULO 3: Deliberación privada del Tribunal Examinador**

La persona que preside solicita a la persona sustentante y a la concurrencia que se retiren con el fin de que el Tribunal Examinador proceda a su deliberación privada en relación con el trabajo escrito, exposición oral y su capacidad de réplica ante las preguntas y comentarios del Tribunal.

### **ARTÍCULO 4: Evaluación de la tesis**

La persona que preside comunica a la persona sustentante el resultado de la deliberación, por el cual este Tribunal Examinador considera el trabajo de graduación:

√	Aprobado
	Reprobado

√	Con observaciones
	Sin observaciones

Dichas observaciones deben ser incorporadas y entregadas en el plazo establecido en el Reglamento Interno del Posgrado.

De acuerdo con el artículo 55 del Reglamento del Sistema de Estudios de Posgrado y el

Artículo 80 del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la Universidad Nacional, se le confiere la calificación de 9.0. De acuerdo con el artículo 81 del Reglamento General del Proceso de Enseñanza y Aprendizaje se le otorga la mención de:

	Cum Laude
	Magna Cum Laude

	Summa Cum Laude
√	No aplica

Justificación de la mención otorgada:

No aplica.

### **ARTÍCULO 5: Otorgamiento del grado de Máster**

La persona que preside el Tribunal Examinador declara a Lilliana Álvarez Sánchez acreedora al grado de Máster en Ciencias Marinas y Costeras con énfasis en Manejo de los Recursos Marinos y Costeros.

### **ARTÍCULO 6: Cierre de la defensa pública**

La persona que preside indica a la persona sustentante su obligación de presentarse al acto público de juramentación, al que será oportunamente convocada por la Universidad Nacional.

Se da lectura al acta que firma el representante del Consejo Central de Posgrado, quien preside, a las 10:36 horas del 25 de noviembre del 2022.

Observaciones indicadas por el Tribunal Examinador al documento final y/o de la defensa pública:

SE SOLICITA A LA SEÑORA LILLIANA ÁLVAREZ SÁNCHEZ QUE REALICE UNA REVISIÓN FILOLÓGICA COMPLETA Y DETALLADA DEL DOCUMENTO DONDE SE CORRIJAN LOS PROBLEMAS DE REDACCION Y ORTOGRAFÍA QUE AHÍ SE PRESENTAN. ES NECESARIO, ADEMÁS, QUE SE DETALLE CON CLARIDAD EL PERIODO REAL DE TIEMPO EN QUE SE REALIZARON LAS RECOLECCIONES DE DATOS ASÍ COMO EL MOTIVO QUE DETERMINÓ LOS MISMOS, COMO EFECTO DIRECTO DE LA PANDEMIA EN ESTE CASO. LA INCORPORACIÓN DE LAS OBSERVACIONES QUEDA A CARGO DEL SEÑOR CRISTIAN FONSECA R., COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS MARINAS Y COSTERAS CON ÉNFASIS EN MANEJO DE LOS RECURSOS

MARINOS Y COSTERO; Y DE LA SEÑORA LILLIANA PIEDRA C., TUTORA DE TESIS; LAS MISMAS DEBEN SER INCORPORADAS EN EL PLAZO QUE ESTABLEZCA EL REGLAMENTO INTERNO DE LA MAESTRÍA.

DAMARIS  
CASTRO GARCIA  
(FIRMA)



Digitally signed by DAMARIS  
CASTRO GARCIA (FIRMA)  
Date: 2022.11.25 11:01:31  
-06'00'

---

DOCTORA DAMARIS CASTRO GÁRCÍA  
Representante  
Consejo Central de Posgrado, quien preside.

## RESUMEN

Este estudio consistió en analizar el estado actual de las comunidades de pastos marinos en el Parque Nacional Cahuita (PNC), Limón, Costa Rica, para el planteamiento de pautas de conservación. Se realizaron los muestreos en los meses de septiembre del 2020 y abril del 2021, se escogieron tres sitios ubicados en Punta Vargas, Punta Cahuita y el otro en el medio de ambos, con tres transectos a diferentes profundidades separados entre sí por 25 metros. En cada uno, se muestreó 11 parcelas, separadas entre ellas por 5 m. Se utilizaron marcos de 50 x 50 cm para medir la cobertura, con el fin de determinar la diferencia entre la cobertura de los sitios muestreados y fechas de muestreo. Se encontraron dos especies de pastos marinos, *Thalassia testudinum* y *Siryngodium filiforme*, este último ausente en Punta Cahuita. La mayor cobertura se presentó en Punta Vargas, seguido de Punta Cahuita y, por último, en el sitio medio y se observaron diferencias significativas. Además, se midió la salinidad, temperatura y el oxígeno disuelto, para determinar diferencias entre años y entre los tres sitios de muestreos. Los valores más altos de temperatura y oxígeno disuelto se presentaron en el 2020, además, las tres variables presentaron diferencias significativas ( $p$ -valor $>0,005$ ). Asimismo, se colectaron los organismos asociados con los sebales y se colectaron hojas de pastos marinos para colectar los epibiontes para conocer la diversidad del ecosistema, y se encontró los grupos taxonómicos con mayor cantidad de especies fueron las macroalgas, microalgas y los crustáceos. También, se aplicaron 75 encuestas a los pobladores de Cahuita para conocer la percepción de los actores clave sobre los pastos marinos, y un taller para complementar la información que tiene la comunidad y hacer recomendaciones de manejo. Los actores clave de la comunidad de Cahuita presentaron conocimiento sobre la importancia que tienen las fanerógamas marinas, en cuanto a la economía de la comunidad y la importancia ambiental, por lo que les es de suma importancia tomar medidas para su conservación.

Palabras clave *T. testudinum*, *S. filiforme*, pastos marinos, Cahuita, cobertura

## ABSTRACT

This investigation consisted of the analysis of the current state of conservation of seagrass communities in the Cahuita National Park (PNC), Limón, Costa Rica for the proposal of conservation guidelines. The sampling rounds were carried out in the months of September 2020 and April 2021, three sites located in Punta Vargas, Punta Cahuita and a one more in the middle of both were chosen, with three transects at different depths separated by 25 meters. In each of them, 11 plots were sampled, separated from each other by 5 m. Frames of 50 by 50 cm were used to measure coverage; normality (Shapiro-Wilk) and homoscedasticity (Levence) analyses were performed on the coverage, plus Kruskal-Wallis and Mann-Whitney non-parametric analyses to determine the difference between the coverage of the sampled sites and sampling dates. Two species of seagrass were found, *Thalassia testudinum* and *Siryngodium filiforme*, the latter was not found in Punta Cahuita, the highest coverage was found in Punta Vargas, followed by Punta Cahuita and finally in the middle site. Significant differences were observed. In addition, salinity, temperature and dissolved oxygen were taken with the HANNA HI 98194 multiparameter, and Kruskal-Wallis analyses were carried out for the two years and the three sampling sites with the XRealStats plugin for Excel 2016, the higher temperatures and dissolved oxygen value occurred in 2020, in addition, the three variables presented significant differences ( $p\text{-value} > 0.005$ ). Likewise, the animal and plant species associated with the seabeds were collected and seagrass leaves were collected to obtain the epibiont species to know the diversity of the ecosystem, diversity indexes and Olmstead and Turkey diagrams were obtained, the taxonomic groups with the greatest amount of species were macroalgae, microalgae and crustaceans. Also, 75 surveys were applied to the inhabitants of Cahuita to find out the perception of the key actors and a workshop to complement the information that the community has in order to provide management recommendations. The key actors of the Cahuita community showed knowledge about the importance of seagrasses in terms of the community's economy and environmental importance, so it is extremely important for them to take measures for their conservation.

Key word *T. testudinum*, *S. filiforme*, seagrasses, Cahuita, cover

## RECONOCIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Costa Rica, por el apoyo de FOCAES-Investigación y el programa para ayuda económica de los posgrados de la Vicerrectoría de Investigación que proporcionaron los fondos con los que se realizaron las giras de campo, compra de los reactivos y materiales utilizados para esta tesis, alimentación, transporte y hospedaje en Cahuita.

A los laboratorios de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional: BIOPREPARACIONES, a Raúl y Kaliana, al Laboratorio de Biotecnología de Microalgas (LABMA) a Nancy Villalobos y Daniela Arce, a Junior Pastor del Laboratorio Ecología Funcional y Ecosistemas Tropicales (LEFET), al Laboratorio de Olimpiadas Costarricense de Biología (OLICOCIBI), al Laboratorio PROLAB de la UNED. A Ana Yuri Sanabria del Laboratorio de Química Marina de la UNA y Cristian Fonseca Rodríguez por el préstamo de algunos reactivos. A Karen Berrocal que también me aportó su conocimiento y experiencia con la identificación de dinoflagelados, diatomeas y macroalgas. A María José por el apoyo con el trabajo de campo y por querer aprender conmigo sobre la diversidad en el ecosistema de pastos marinos. A Cristian Vargas del laboratorio PRIAS por la ayuda con todo lo relacionado a la adquisición de imágenes satelitales y la elaboración de mapas y a Adolfo Gómez propietario de la empresa Geoinn, quién aportó la imagen WV-2.

A Lilliana Piedra Castro del Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre (LARNAVISI) por el préstamo de cristalería y los diferentes materiales para el trabajo en el laboratorio y en campo, reactivos y espacio físico que fueron fundamental para realizar el trabajo de tesis, además de ser la tutora y embarcarse en esta aventura conmigo para aprender sobre el ecosistema de pastos marinos. A la profe Beatriz Martínez, por asumir el reto de ser asesora del proyecto estando tan lejos y por toda la ayuda brindada al identificar especies y compartir un poco de su conocimiento conmigo. A la Dra. Andrea García Rojas que asumió el reto de ser parte de este trabajo, a Nelson Muñoz Simón, por su todo su apoyo y ayuda incondicional, con la digestión, fijación de diatomeas, el préstamo de materiales para determinar las diferentes especies y asumir el cargo de asesor de última hora.

Además, a la Sra. Sussel Castellanos Iglesias que contribuyó con la identificación de los hidrozooos, muchas gracias. A Cristián Fonseca Rodríguez, coordinador de la PROCMAR por todo el apoyo que me brindó y por la confianza al admitirme en el programa. A los funcionarios del SINAC del Parque Nacional Cahuita (PNC), Mirna Cortés Obando por todas las comodidades que me brindó (hospedaje, traslado terrestre y acuático), a José Saballo que ayudó con muestreos y recorrido en lancha para localizar las praderas de pastos marinos y a los funcionarios que ayudaron de algún modo, Doña Vilma, José Masis, Geovany, Charlie, entre otros.

Y, por último, pero no menos importante a mi gran asistente de campo, su ayuda y entusiasmo fue de suma importancia para sacar el trabajo de campo y todas las dificultades que encontramos en el camino, mi madre Inés Sánchez Alfaro, a mí tía Patricia que me ayudó con el transporte en tiempos de pandemia y mi tía Alba por toda la ayuda que me brindó durante todo el proceso, a mi padre gracias por la ayuda para la última gira.

## **DEDICATORIA**

Dedicado a todos aquellos que creyeron en mí y me apoyaron en esta nueva aventura y también a todos aquellos que no lo hicieron.

# CONTENIDO

<b>MIEMBROS TRIBUNAL EXAMINADOR</b> .....	III
<b>RESUMEN</b> .....	IX
<b>ABSTRACT</b> .....	X
Key word <i>T. testudinum</i> , <i>S. filiforme</i> , seagrasses, Cahuita, cover .....	X
<b>RECONOCIMIENTOS</b> .....	XI
<b>DEDICATORIA</b> .....	XII
<b>CONTENIDO</b> .....	XIII
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	XV
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	XVI
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	XVIII
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	XIX
<b>DESCRIPTORES</b> .....	XX
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Antecedentes .....	3
1.2. Justificación .....	9
1.3. El problema .....	11
1.4. Objetivos .....	12
1.4.1. General .....	12
1.4.2. Específicos .....	12
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	13
2.1. Ecología de los pastos marinos .....	13
2.2. Distribución .....	14
2.3. Especies asociadas .....	15
2.4. Requerimientos ambientales .....	16
2.5 Percepción de los habitantes de zonas costeras .....	19
<b>3. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	21
3.1. Descripción y ubicación del área de estudio .....	21
3.2. Frecuencia de muestreo .....	22
3.3. Recolección de datos .....	23
3.3.1 Parámetros fisicoquímicos .....	23
3.3.2 Profundidad de los sitios de muestreo .....	23

3.3.3	Cobertura de pastos marinos .....	24
3.3.4	Distribución de las praderas de pastos marinos .....	25
3.3.5	Diversidad de especies asociadas .....	26
3.3.6	Diversidad de epibiontes .....	28
3.3.7	Microorganismos de la columna de agua .....	29
3.3.8	Percepción de actores clave .....	30
3.4	Técnica de análisis de datos .....	31
4.	RESULTADOS .....	33
4.1	Distribución y cobertura de pastos marinos .....	33
4.2	Parámetros físicos-químicos .....	39
4.3	Diversidad de especies animales asociadas con las praderas de pastos marinos .....	42
4.4	Diversidad de epibiontes .....	49
4.5	Percepción de actores clave .....	58
4.6	Acciones para implementar una propuesta de manejo .....	66
5.	DISCUSIÓN .....	75
5.1	Distribución y cobertura de pastos marinos .....	75
5.2	Diversidad de especies asociadas con las praderas de pastos marinos .....	82
5.3	Diversidad de epibiontes .....	90
5.4	Percepción de los actores clave .....	96
6.	CONCLUSIONES .....	99
7.	RECOMENDACIONES .....	101
8.	LITERATURA CITADA .....	103
9.	ANEXOS .....	120

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Sustrato presente en la pradera de pastos marinos, PNC, Limón, Costa Rica, 2020. ....	38
Cuadro 2. Sustrato presente en la pradera de pastos marinos, PNC, Limón, Costa Rica, 2021. ....	38
Cuadro 3. Índices de dominancia de Simpson, diversidad de Shannon y equitabilidad para el filo crustácea en los tres sitios de muestreo y en ambos periodos de tiempo, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia. ....	44
Cuadro 4. Índices de dominancia de Simpson, diversidad de Shannon-Wiener y equitabilidad del muestreo de peces del 2020, en los tres sitios de muestreados, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia. ....	47
Cuadro 5. Índice de dominancia de Simpson, diversidad de Shannon-Wiener y equitabilidad de las algas en los tres sitios de muestreo y en ambos periodos de tiempo, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia. ....	49
Cuadro 6. Longitud de las hojas (promedio) de pastos marinos en los tres sitios de muestreo en septiembre del 2020, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia. ....	51
Cuadro 7. Índice de dominancia de Simpson, diversidad de Shannon-Wiener y equitabilidad para las diatomeas en los tres sitios de muestreo y en ambos periodos de tiempo, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia. ....	54
Cuadro 8. Similitud-contribución (%) según el análisis de ANOSIM de especies de diatomeas presentes en los pastos marinos, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia. ....	57
<b>Cuadro 9.</b> Acciones por implementar para una futura gestión de manejo enfocada en la protección de las praderas de pastos marinos en el PNC. ....	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área donde se realizó el estudio, Parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica 2020-2021.....	22
Figura 2. Distribución de los sitios de muestreo para la pradera de pastos marinos en el PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia.....	24
Figura 3. Distribución de categorías basada en la cobertura de la pradera de pastos marinos en el Parque Nacional Cahuita (PNC), Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia. ....	33
Figura 4. Cobertura promedio (%) de las especies de <i>T. testudinum</i> (Tt), <i>S. filiforme</i> (Sf) y las macroalgas asociadas con la pradera de pastos marinos en el año 2020, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.....	35
Figura 5. Cobertura promedio (%) de las especies de <i>T. testudinum</i> (Tt), <i>S. filiforme</i> (Sf) y las macroalgas asociados con la pradera de pastos marinos 2021, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.....	36
Figura 6. Salinidad promedio (PSU) en dos periodos 2020-2021 en el PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.....	39
Figura 7. Temperatura del agua promedio (°C) en dos periodos 2020-2021 en el PNC, Limón, Costa Rica. ....	40
Figura 8. Oxígeno disuelto promedio (mg/L) en dos periodos 2020-2021 en el PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia. ....	41
Figura 9. Clasificación de las especies de cnidarios presentes en los pastos marinos según el diagrama de Olmstead-Tukey, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia. ....	42
Figura 10. Clasificación de las especies de crustáceos presentes en los pastos marinos según el diagrama de Olmstead-Tukey, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia. ....	43
Figura 11. Clasificación de las especies de moluscos presentes en los pastos marinos según el diagrama de Olmstead-Tukey, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia. ....	45

Figura 12. Clasificación de las especies de peces presentes en los pastos marinos según el diagrama de Olmstead-Tukey, PNC, Limón, Costa Rica, 2020.Fuente: Elaboración propia. ....	46
Figura 13. Clasificación de las especies de macroalgas presentes en los pastos marinos según el diagrama de Olmstead-Tukey, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia. ....	48
Figura 14. Análisis de similitud entre los transectos del PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. PV: Punta Varga y PC: Punta Cahuita. Fuente: Elaboración propia. .	53
Figura 15. Clasificación de las especies de diatomeas presentes en los pastos marinos según el diagrama de Olmstead-Tukey, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia. ....	56
Figura 16. Porcentaje de escolaridad de las personas encuestadas, Limón, Costa Rica 2020-2021. Fuente: Elaboración propia .....	59
Figura 17. Grupo de etario de las personas encuestadas y su conocimiento de la existencia de los pastos marinos PNC, Limón, Costa Rica 2021.....	60
Figura 18. Grado de escolaridad de las personas encuestadas y su conocimiento de la existencia de los pastos marinos, PNC, Limón, Costa Rica 2021 .....	61
Figura 19. Conocimiento sobre la ubicación de los pastos marinos según el lugar de origen de las personas encuestadas, Limón, Costa Rica 2021 .....	62
Figura 20. Relación sobre la función ecológica de los pastos marinos y el lugar de origen de las personas participantes, Limón, Costa Rica 2021 .....	63
Figura 21. Percepción de las personas participantes sobre los aspectos ecológicos de los pastos marinos, Limón, Costa Rica 2021 .....	64
Figura 22. Percepción de las personas participantes acerca de los aspectos económicos relacionados con los pastos marinos, PNC, Limón, Costa Rica 2021. ....	65
Figura 23. Conocimiento sobre los organismos que pueden encontrarse en los pastos marinos por parte de las personas encuestadas, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia. ....	66

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Profundidades por año y sitio de muestreo, PNC, Limón, Costa Rica para los años 2020 y 2021 .....	120
<b>Anexo 2.</b> Encuesta dirigida a los funcionarios del SINAC, miembros de asociación co-manejo Cahuita, tour-operadores y pobladores Cahuita, Limón, Costa Rica aplicada en el año 2020. ....	121
<b>Anexo 3.</b> Lista asistencia al taller sobre el ecosistema de pastos marinos, impartido en la comunidad de Cahuita.....	124
<b>Anexo 4.</b> Guía para la discusión en el taller sobre importancia económica y biológica del ecosistema de pastos marinos y competencias de pensamiento científico ...	125
<b>Anexo 5.</b> Lista de las especies de fauna que se encontraron en la pradera de pastos marinos del PNC, Limón, Costa Rica en los años 2020 y 2021 .....	128
<b>Anexo 6.</b> Lista de las especies de flora que se encontraron en la pradera de pastos marinos del PNC, Limón, Costa Rica en los años 2020 y 2021. Fuente: Elaboración propia. ....	131
<b>Anexo 7.</b> Especies de epifitos encontradas en los rapados de las hojas de pastos marinos, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia.....	141

## LISTA DE ABREVIATURAS

ACLAC: Área de Conservación La Amistad Caribe

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: Peróxido de hidrógeno

ICT: Instituto Costarricense de Turismo

IMN: Instituto Meteorológico Nacional

INA: Instituto Nacional de Aprendizaje

MEP: Ministerio de Educación Pública

MS: Ministerio de Salud

ONG: Organización No Gubernamental

PNC: Parque Nacional Cahuita

SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación

*Sf. Syringodium filifome*

SFE: Servicio Fitosanitario del Estado

*Tt. Thalassia testudinum*

UNA: Universidad Nacional

## **DESCRIPTORES**

Pastos marinos, ecosistemas, crustáceos, poríferos, moluscos, gusanos poliquetos, peces óseos, peces cartilaginosos, reptiles, seadales, diatomeas, dinoflagelados

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas costeros presentan gran importancia por sus riquezas naturales y por la diversidad de servicios ambientales como son la disminución de los efectos de los fenómenos naturales sobre estas zonas y el refugio que ofrecen a los alevines y otras etapas juveniles de algunas especies de interés comercial (Herrera y Teutli, 2017).

Además, los ecosistemas costeros actúan como barreras naturales contra los huracanes, las inundaciones y la intrusión salina, intervienen en los procesos de erosión y deposición de la costa, funcionan como filtros biológicos mejorando la calidad del agua. De la misma manera, sus atractivos naturales permiten el desarrollo de actividades turísticas como el buceo, el avistamiento de diferentes especies, la pesca. También, tienen valor económico como reservorios de carbono (Lara-Domínguez, 2005; Herrera y Teutli, 2017).

Uno de los ecosistemas marinos que aporta los servicios ambientales anteriormente expuestos son los pastos marinos, los cuales están dominados por angiospermas que evolucionaron para adaptarse a vivir en condiciones de inundación permanente de agua marina. La mayoría de las especies pueden encontrarse en sitios donde el sedimento es suave, constituido por el limo o arena, en ambientes con poca profundidad asociados con lagunas arrecifales y a manglares (Cortés y Wehrtmann 2009; Martínez-Daranas, Cano, y Clero, 2009).

Estos ambientes forman extensas praderas que constituyen uno de los ambientes más productivos de los océanos del mundo, debido a que son capaces de fijar entre 500-4000 g C/m<sup>2</sup>/año, superando a otras asociaciones vegetales. Esta productividad es mayor en los trópicos que en las zonas subtropicales (Cortés y Wehrtmann 2009).

Aunado a esto, su papel ecológico es fundamental ya que proporcionan hábitat a diferentes grupos taxonómicos como la epifauna, el fitoplancton y el zooplancton, el

necton, la infauna, entre otros; que pueden vivir en las hojas, en el sustrato, enterrados en el sedimento o sobre este, o en la columna de agua. Al mismo tiempo, son fuente alimenticia para muchos organismos y albergan especies de importancia comercial peces, moluscos y crustáceos, que sustentan las economías pesqueras locales (Herrera y Teutli, 2017; Lara-Domínguez, 2005).

Los pastos marinos se distribuyen en las siguientes regiones biogeográficas: la zona templada Atlántica Norte, Tropical Atlántica, Mediterránea, Templada Pacífico Norte, Tropical Indo pacífica y Océanos del Sur. La región Tropical Atlántica que comprende las regiones desde el Golfo de México hasta Brasil, reportan una riqueza de 10 especies (Short, Carruthers, Dennison y Waycott, 2007).

La presencia de estas especies en cada localidad está determinada por las características físicas del agua del mar, como la dinámica de las mareas, la profundidad la salinidad, la temperatura y de las características de la playa como la granulometría, el contenido de materia orgánica, disuelta y particulada y, por último, la fuerza del viento. Estos factores pueden incidir en la composición de la comunidad, en la fenología, en la cobertura y en la distribución de las fanerógamas marinas (Calva-Benítez y Torres-Alvarado, 2011; Castillo-Torres, 2002).

Otro factor que influye en la distribución de los pastos marinos son las actividades antrópicas que se realizan desde el continente como lo son la construcción de diques, dragados, la deforestación, la descarga de nutrientes, los plaguicidas usados en la agricultura y la turbidez del agua que impide la entrada de la luz solar afectando los procesos fotosintéticos y el crecimiento de estos (Nielsen, 2006; Castillo-Torres, 2002).

Asimismo, las acciones mencionadas anteriormente han contribuido a que los pastos marinos haya, e inclusive, estén sufriendo un declive de sus poblaciones desde hace varias décadas, con una tasa de 1-2 % año<sup>-1</sup>, misma que se ha acelerado en los últimos años, asociado con el cambio climático, el aumento de la temperatura del agua y cambio en el patrón de las corrientes marinas (Martínez-Daranas et al., 2009).

Se debe agregar que otros de los factores también han contribuido con este declive, como lo es la erosión costera, la disminución de calidad del agua por la turbidez que se da, principalmente, del arrastre de sedimentos provenientes del continente o en los sitios cercanos a los ríos producto de la deforestación y el cambio del uso del suelo de bosques a terrenos para siembra o ganadería (Nielsen, 2006).

### **1.1. Antecedentes**

En el Caribe colombiano, determinaron que *Thalassia testudinum* K. D. Köening presentó mayor cobertura en aguas someras y *Syringodium filiforme* Kützing mostró mayor cobertura en aguas profundas. Asimismo, planteó que la mayor cantidad de organismos bentónicos está en arenas gruesas sobre finas, por lo que la diversidad de organismos y la biomasa depende del tipo de sustrato (Castillo-Torres, 2002).

Con respecto a el sureste del Golfo de México; en los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, determinaron que, en las praderas de pastos marinos, la presencia de *T. testudinum* en zonas someras, protegidas del fuerte oleaje y con poca circulación del agua fue más dominante, las áreas no protegidas contienen parches de fanerógamas marinas debido a que se da mortalidad por oleaje fuerte (Calva-Benítez y Torres-Alvarado, 2011).

Aunado a lo anterior, en ese mismo estudio, se reportó que en sitios con sedimentos arenosos y lodosos tanto en ambientes estuarinos-lagunares y en las lagunas arrecifales, la abundancia de las angiospermas fue mayor que donde las condiciones eran diferentes; por ejemplo, en sedimentos fangosos o cerca de ecosistemas costeros rocosos (Calva-Benítez y Torres-Alvarado, 2011).

Mientras que, en la Bahía de Chetumal en el Caribe mexicano, determinaron la presencia de cuatro especies de pastos marinos siendo *Halodule wrightii* Ascherson y *Ruppia maritima* Linnaeus, las más abundantes, mientras que *T. testudinum* y *Najas marina* L. (angiosperma dulceacuícola) fueron las menos abundantes. Asimismo, hubo una reducida cobertura de macrófitas acuáticas, como las macroalgas *Batophora oersredii* J. Agardh y *Chara chara* Linnaeus, este declive

puede ser por la turbidez, disminución de la salinidad o la herbivoría por manatíes (Oliviera-Gómez y Mellink, 2013).

Por otra parte, Armenteros, Williams, Hidalgo y González-Sansón (2007), en Cuba, observaron que la macro y meiofauna de pastos marinos fue más abundante y diversa que en los manglares. Esto se debió a una mayor disponibilidad de alimento, la complejidad de hábitat y la estabilidad de los sedimentos.

De forma similar, en el Golfo Urabá en el Caribe Colombiano, Ospina-Hoyos, Palacio-Baena y Vargas-Ochoa (2014), estudiaron la macroepifauna móvil asociada a *T. testudinum* colectaron 879 individuos de especies pertenecientes a los filos Arthropoda, Mollusca, Annelida y Chordata. La mayor cantidad de individuos fueron colectados en la época seca, debido al fuerte oleaje que les impide asentarse en la pradera de pastos marinos.

Asimismo, Reyes y Martínez-Daranas (2015) realizaron en Cuba un inventario sobre macrofitobentos en las praderas de *T. testudinum* de la Laguna arrecifal de Santa Lucía en la Provincia de Camagüey, donde encontraron la diversidad de macroalgas característica para la región del gran Caribe, la cual está conformada por las divisiones Chlorophyta, Heterokontophyta y Rhodophyta.

Además, en ese mismo estudio de Reyes y Martínez-Daranas (2015) reportaron cuatro taxones de la división de Magnoliophyta, de los cuales *Halophila decipiens*, y *T. testudinum*, pertenecientes a la familia Hydrocaritaceae y *H. wrightii* y *S. filiforme* de la familia Cymodoceaceae, los cuales son comunes en las costas del gran caribe especialmente en Cuba.

En cuanto a la estabilidad de los ecosistemas, Martínez-Daranas et al. (2009) observaron el decaimiento de los sebales, por actividades antrópicas como los procesos de eutrofización, la re-suspensión de sedimentos o la hipersalinización donde el intercambio con el agua del océano es limitado. En vista de esa problemática, plantean acciones enfocadas al manejo integrado y la adaptación a los cambios globales en las Bahías Los Perros y Jigüey.

En el Parque Nacional Jardines de la Reina en Cuba, Bustamante, Hernández-Fernández, González, Dulce y Pina (2018) estimaron la densidad de pastos marinos, la composición de peces y parámetros físicos-químicos en dos lugares en Cayo Caballones y dos en Anclitas. Los autores concluyeron que *T. testudinum* es más abundante con densidades entre 457-473 vástagos/m<sup>2</sup> y con niveles de nutrientes mayores que otras áreas de Cuba y la composición de peces mostró una abundancia de 46 individuos pertenecientes a 24 especies.

También Arellano-Méndez, Bello-Pineda, Aké-Castillo, Pérez-España y Martínez-Cárdenas (2016) estudiaron en dos arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México la distribución y estructura de praderas de *T. testudinum*, llegando a tener como resultado, densidades de 208 haces/m<sup>2</sup> en el sitio Cabezos y 176 haces/m<sup>2</sup> en el otro ecosistema nombrado como Sacrificios.

Además, de la distribución Arellano-Méndez et al. (2016), al medir la longitud y el grosor de las hojas de las angiospermas, encontraron que estas eran más largas y gruesas y evidenciaron una menor fragmentación de la cobertura vegetal en la localidad de Sacrificios, con respecto a Cabezos.

Mientras que Torres-Conde y Martínez-Daranas (2017), en el Golfo de Guanahacabibes, Cuba, estimaron la cobertura de las angiospermas y las macroalgas en un periodo de 35 años. Concluyeron que los pastos marinos se encuentran en buen estado de conservación siendo *T. testudinum*, predominante con cobertura de 36,2 %. Esto se observó en zonas donde el oleaje es intermedio donde no se pueden destruir las hojas, ni en sitios resguardados por las raíces de mangle. Además, se encontró un predominio del orden Bryopsidales de la división Chlorophyta.

Samper-Villarreal (2015) estudió la dinámica del almacenamiento de carbono en las praderas de pastos marinos en dos áreas en Australia y determinó que el mayor contenido de carbono coincidió con las áreas donde la turbidez es mayor, con menor profundidad, con un oleaje moderado y con olas de menor tamaño.

Acerca de la región caribe de Costa Rica, específicamente en el Parque Nacional Cahuita (PNC), Fonseca, Nielsen y Cortés (2006) estudiaron biomasa, productividad, tasa de recambio y densidad de pastos marinos y al compararlo con otras localidades del Gran Caribe observaron valores altos de productividad de 5,42 g/m<sup>2</sup>/día, tasa de recambio de 8,66 % y densidad de 29,33 plantas/200 cm<sup>2</sup>.

Además, Nielsen y Cortés (2008), en la misma localidad, estudiaron la abundancia, biomasa y floración de *T. testudinum*, y estimaron que la biomasa promedio fue de 310,9 g/m<sup>2</sup>, en el mes de julio cuando llueve más, donde también se presentó la mayor abundancia. Estos investigadores concluyen que la sedimentación, el aumento de temperatura superficial del mar y la contaminación afecta la salud de estos.

Krupp, Cortés y Wolff (2009) estudiaron la dinámica de crecimiento y el estado de *T. testudinum* en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, en cinco sitios distintos que abarcaron desde Manzanillo hasta Punta Mona. Relacionando parámetros ecológicos con los parámetros ambientales como lo fueron la profundidad, nutrientes, salinidad y temperatura, se encontró que la cobertura estuvo correlacionada con la profundidad, además, el área y tamaño de las hojas estuvo relacionado con las olas y los aportes fluviales.

Cortés, Fonseca, Nivia-Ruiz y Nielsen-Muñoz (2010) realizaron un monitoreo de los arrecifes de coral, pastos marinos y manglares en Costa Rica, específicamente en el Caribe Sur, en el PNC en el sector de Perezoso, y encontraron que el promedio de las hojas de *T. testudinum* sufrió una disminución del 2000 al 2008. Asimismo, la biomasa también presentó una disminución a lo largo del tiempo, como por ejemplo en el 2005, pero se evidenció un aumento para el periodo 2007, además, se obtuvo una correlación inversa de la temperatura con la biomasa.

Van Tussenbroek et al. (2014) recopilaron datos del gran Caribe, dominados por *T. testudinum* en sistemas arrecifales. Se utilizaron datos de 22 sitios y 52 estaciones, en los que se incluyó el PNC. Se tomó en cuenta la biomasa y la productividad foliar, obteniendo variaciones altas entre los sitios, también hallaron

que los huracanes tuvieron efectos a largo plazo en ecosistemas bien desarrollados, pero el pastoreo excesivo, el impacto humano y las tormentas pueden causar un colapso del ecosistema.

Por otra parte, Samper-Villarreal, Bernecker y Wehrtmann (2008) estudiaron las epifitas algales en *T. testudinum*, en el Caribe costarricense y reportaron 26 especies de macroalgas pertenecientes a las divisiones de Rhodophyta y Chlorophyta, asimismo, encontraron cuatro macroalgas por primera vez para Costa Rica y 17 específicas para el PNC.

Samper-Villarreal, Van Tussenbroek y Cortés (2018) revisaron muestras en herbarios, colecciones, búsqueda en revistas y observaciones personales con la finalidad de dar a conocer la diversidad de pastos marinos de Costa Rica y reportaron un total de siete especies, seis presentes en el Caribe y cuatro en el Pacífico. De las cuales, en el Caribe, se encontraron *T. testudinum*, *Halopila decipiens* Ostefeld y *S. filiforme*, mientras *Halodule beaudettei* (den Hartog) den Hartog, solo se encuentra en el Pacífico.

En el Pacífico de Costa Rica, Samper-Villarreal, Bourg, Sibaja-Cordero y Cortés (2014) reportaron el primer avistamiento de pastos marinos en Rincón de Osa después de la desaparición de *R. maritima* y *H. baillonii* en 1996. Además, caracterizaron la macrofauna, las fanerógamas y el tamaño del grano de arena. Encontraron únicamente *H. baillonii*, con densidad de 4,841 vástagos/m<sup>2</sup> y biomasa de 30,7 g/m<sup>2</sup>, asociada con sedimentos constituidos especialmente de limo y arcillas y la fauna asociada fue principalmente grupos de poliquetos.

Barquero (2018) caracterizó temporal y espacialmente, la pradera de pastos marinos ubicada en Playa Colibrí, Golfo Dulce, Costa Rica, obteniendo como resultado una extensión de 1.95 km de largo y 580 m perpendiculares a la línea de costa. En esta pradera, encontraron dos especies *H. baillonii* y *H. beaudettei*, en ambos periodos de muestreo.

Mientras tanto, Samper-Villarreal, Sagot-Valverde, Gómez-Ramírez y Cortés (2021) en el PNC midieron la calidad de agua para conocer la influencia a lo largo del tiempo, los factores considerados fueron la salinidad, temperatura, Secchi, oxígeno disuelto, clorofila, materia orgánica y nutrientes y los compararon con mediciones de años anteriores, llegando a la conclusión de que la calidad del agua ha sido similar a las que fueron reportadas anteriormente con la excepción de la materia suspendida y el nitrógeno.

Por otra parte, Hossaina, Bujang, Zakaria y Hashim, (2015) realizaron una revisión bibliográfica sobre los métodos empleando para el mapeo de hábitats de pastos marinos, utilizando técnicas de teledetección óptica y acústica (RS) con muestreo *in situ*. Esta revisión reveló que, en las últimas cuatro décadas, ha habido avance en el uso de los métodos de teledetección para evaluar el área de cobertura, mapeo de distribución y abundancia, la detección de la extensión y cambios en la biomasa.

Ahora bien, en la Isla de Kaeimunjawa realizaron un mapeo de hábitat bentónico y de especies de pasto marino, utilizando datos colectados en campo mediante foto-transectos. Por lo que concluyeron que el uso de estas imágenes resulta favorable para monitorear la dinámica, cambios en el hábitat bentónico, la composición de los pastos marinos y realizar una evaluación rápida de impactos de eventos extremos, especialmente en zonas costeras con acceso limitado (Wicaksono y Lazuardi, 2018). Sin embargo, en estudios anteriores la participación de las comunidades costeras y la percepción económica y ambiental que tienen sobre la importancia de conservar los pastos marinos ha sido muy limitada. Por lo que este trabajo pretende conocer sobre la percepción de los actores claves, entre los que incluye los habitantes de Cahuita, los tours-operadores y los pescadores.

## 1.2. Justificación

El planeta Tierra se encuentra en un periodo de grandes cambios ambientales, denominados cambios globales, como: el aumento de la temperatura atmosférica y del agua de mar, cambios en las corrientes marinas debido a el patrón de distribución de los vientos, la intensidad de las tormentas o los huracanes, aumento en el nivel del mar, el cambio en la acidez del océano, la erosión de las costas, entre otros.

Teniendo en cuenta las siguientes variables como la temperatura superficial del mar, el incremento en el nivel del mar, la intensidad de las tormentas y de los huracanes, los cambios en los ciclos de las mareas y la erosión costera, estas son las que más han tenido mayor fluctuación, probablemente en respuesta al cambio climático global.

Este cambio climático está afectando diversos ecosistemas marinos y costeros como los arrecifes de coral, manglares, playas rocosas arenosas, pastos marinos, entre otros más y el daño que produce en las especies asociadas con ellos genera efectos directos e indirectos sobre las comunidades humanas y los consumidores que dependen del recurso marino.

Sumado a lo anterior, los ecosistemas marinos han sido afectados por las actividades antropogénicas que se realizan en el continente como el cambio en el uso del suelo consecuencia de la deforestación, el uso de plaguicidas y los fertilizantes. Lo anterior dio como resultado el arrastre de sedimentos y de productos químicos por escorrentía hasta llegar al mar, repercutiendo en los ecosistemas marino-costeros como lo son las comunidades de pastos marinos debido a que la baja calidad del agua (Nielsen, 2006).

Los pastos marinos son ecosistemas que cumplen un papel ecológico importante al almacenar carbono en sus tejidos, en la biomasa sumergida y subterránea. Dicho almacenamiento ocurre en altas cantidades con respecto al área que estos ocupan, por lo que pueden fijar el CO<sub>2</sub> atmosférico (Herrera-Silveira et al., 2018). Sin

embargo, factores como los que se describieron anteriormente relacionados con el cambio climático, están afectando la biodiversidad, los servicios ecosistémicos, las relaciones tróficas, las relaciones ecológicas e, incluso, tiene implicaciones fisiológicas en las especies acuáticas afectando su ciclo de vida, tasas de respiración, reproducción, entre otras.

Además, como se mencionó, son sitios importantes para las pesquerías alrededor del mundo; por ofrecer refugio para los organismos de importancia comercial (peces, moluscos y crustáceos). Por ello, al haber una afectación en este ecosistema, estaría perjudicando a los pescadores locales y a las familias que dependen del recurso pesquero. Por lo que resulta de gran utilidad generar información reciente sobre la ecología, la distribución de las especies tanto de pastos marinos como las que se encuentran asociadas con este ecosistema para poder crear pautas que conlleven a la conservación y la mitigación de los efectos del cambio climático.

Asimismo, la participación de la comunidad costera de Cahuita con la finalidad que estos generen nuevos emprendimientos relacionados con las actividades turísticas como los tours guiados que realizan avistamientos de diferentes especies marinas y actividades de snorkel. Por último, al realizar esta investigación determinó información relevante para los miembros del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y/o a los tomadores de decisiones para realizar esfuerzos conjuntos con la comunidad y el sector de co-manejo en pro de la conservación de este ecosistema; por ende, en la diversidad asociado con los sebadales.

Además, al conservar este entorno, se contribuye a la mitigación del cambio climático y la erosión costera en los diferentes sitios del PNC, como los son los sectores de los ríos Perezoso y Suárez y Punta Vargas y playa Negra como lo han mencionado por SINAC-ACLAC-CRXS-GIZ (2012) también, esto contribuye para mitigar estos cambios en la comunidad de Cahuita, que, al afectarse la zona costera, trae consecuencias a esta comunidad.

### 1.3. El problema

Desde la década de 1990, se reportó que los pastos marinos en el Caribe de Costa Rica estaban siendo afectados por la sedimentación proveniente del cambio del uso del suelo, los fertilizantes y agroquímicos en la parte alta de los ríos cercanos al PNC y que son arrastrados hacia el mar por la lixiviación, esto es más visible en los periodos lluviosos, cuando los ríos aportan más caudal de agua al océano (Fonseca et al., 2006).

Además, el aumento de la temperatura, la salinidad y el pH influyen en la disminuyen de la biomasa y la productividad de estos ecosistemas (Fonseca et al., 2006) y este incremento de los parámetros físicos-químicos descritos anteriormente son efectos por el cambio climático.

Estas presiones no han cambiado y probablemente, se acrecientan con el pasar del tiempo, por lo que es necesario establecer la condición actual de los pastos marinos y caracterizar la flora y fauna que habita en este ecosistema. Además, las especies, que, en algún momento de su ciclo de su vida, lo utiliza con el fin de concientizar lo que podría suceder sino se protegen los sebadales.

Por lo que es de suma importancia establecer el papel que tiene este ecosistema en relación con las características biofísicas, las físicos-químicas, las biogeográficas. Debido a que, en el país, se ha generado escasa información sobre los pastos marinos del PNC y el entorno, por lo que variaciones importantes en las condiciones ambientales pueden no ser detectadas o predichas.

Existe una ausencia de información reciente sobre estimaciones ecológicas, la distribución, abundancia, diversidad, cobertura y el estado de conservación de dicha comunidad. Al mismo tiempo, se desconoce la percepción ambiental y social de los habitantes de la comunidad, los pescadores y los tours operadores acerca de los servicios ecosistémicos que brindan, así como su potencial valor de uso es desconocido en el área. Dada tal situación, el problema de investigación se propone en la siguiente pregunta:

¿Cuál es el estado actual de conservación de los pastos marinos y la percepción que tienen los actores clave que dependen directa e indirectamente del recurso en el Parque Nacional Cahuita en el Caribe Sur, Costa Rica?

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. General**

Analizar el estado actual de conservación de las comunidades de pastos marinos en el Parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica, para el planteamiento de pautas de conservación.

##### **1.4.2. Específicos**

1. Determinar la distribución, la cobertura y los factores abióticos que determinen el desarrollo de los pastos marinos en el Parque Nacional Cahuita.
2. Establecer la diversidad de los organismos asociados con los pastos marinos en el área de estudio.
3. Determinar la percepción económica y ambiental de los actores sociales sobre la presencia de los pastos marinos en el Parque Nacional Cahuita.
4. Proponer pautas para la conservación de los pastos marinos en el área protegida analizada.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Ecología de los pastos marinos

Los pastos marinos, fanerógamas marinas o sebadales son plantas angiospermas que evolucionaron y lograron adaptarse a vivir en ambientes salinos o salobres, pasando todo su ciclo de vida sumergidas. Bajo esas condiciones realizan las funciones biológicas como crecimiento, proceso fotosintético, dispersión de semillas por vía acuática y reproducción (Cruz, 2018).

La reproducción es vegetativa o sexual; sin embargo, es poco frecuente observar flores, y únicamente el 10 % de los vástagos las desarrollan anualmente. Hemminga y Duarte (2000) reportaron que *T. testudinum* presenta la floración entre abril y junio, con un pico de floración en mayo (Nielsen y Cortés, 2008). Sin embargo, se ha descrito otro mecanismo para reproducirse, que consiste en la polinización realizada por larvas de crustáceos que transportan el polen en sus antenas, maxilípedos, pereópodos y abdomen. En los poliquetos, se encontró que los granos de polen se adhieren entre las cerdas y los segmentos en las patas (van Tussenbroek, Villamil, Márquez-Guzmán, Wong, Monroy-Velázquez, y Solís-Weiss, 2016).

Estos ecosistemas están asociados con ambientes costeros, en aguas someras desde la zona intermareal hasta los 25 metros de profundidad (Ospina-Hoyos et al., 2014). Son considerados parte esencial en la producción primaria por ser de lo más diversos e importantes en dinámicas tróficas sosteniendo a los gremios de la cadena trófica (Gómez-López et al., 2014; Martínez-Daranas, et al., 2009).

Aparte de cumplir las funciones ecológicas, descritas anteriormente, este ecosistema tiene una amplia gama de organismos animales y vegetales asociados que aumenta la diversidad, podemos encontrar vertebrados, invertebrados, macroalgas, microalgas, zooplancton, miobentos, epibentos, entre otras más (Torres-Conde y Martínez-Daranas, 2007; Ospina-Hoyos et al., 2014).

Aunado a lo anterior, estos ecosistemas sirven como estabilizadores del sustrato al reducir la re-suspensión del sedimento y los nutrientes por lo que mejoran la calidad del agua. Esto lo realizan mediante el sistema radicular de estas angiospermas marinas, recirculan nutrientes, evitan la erosión costera al absorber la energía de las olas y las mareas conteniendo el efecto que produce el movimiento del cuerpo de agua (Bustamante et al., 2018; Allen, Jiménez y Villafranca, 2006; Gómez-López et al., 2014; Ospina-Hoyos et al., 2014).

## 2.2. Distribución

Las fanerógamas marinas se pueden encontrar en casi todo el mundo, con la excepción del Ártico, Antártico y las costas del Pacífico de Suramérica (Gómez-López et al., 2014). A nivel mundial, se reportan entre 60 a 72 especies (Fonseca et al., 2006; Short et al., 2007). En Costa Rica, se reportan siete, las cuales son *S. filiforme* (Cymodoceaceae), *H. decipiens* y *H. baillonis* (Hydrocaritaceae), *H. wrightii* y *H. beaudetti* (Cymodoceaceae), *T. testudinum* (Fam. Hydrocaritaceae), y *R. maritima* (Ruppiales) (Fonseca et al., 2006; Short et al., 2007).

En el Mar Caribe, se han reportado cinco especies que son *H. wrightii*, *S. filiforme*, *R. mexicana* sp., *H. stipulacea* y *T. testudinum*. De forma similar, en la región del Golfo de México y Caribe, se han reportado siete, las cuales son *H. wrightii*, *H. decipiens*, *H. engelmanni* Ascherson, *S. filiforme*, *R. mexicana*, *R. maritima*, *H. stipulacea* y *T. testudinum* (Herrera, Morales-Ojeda, Mendoza-Martínez, Medina-Gómez, Ramírez-Ramírez, Sandoval-Gil y Camacho-Ibar, 2019).

De las especies mencionadas anteriormente, Samper-Villarreal et al. (2018), reportó en el Caribe de Costa Rica, a *T. testudinum*, *S. filiforme*, *H. decipiens*, *H. baillonis*, *H. wrightii* y *R. maritima*. Se distribuyen en las localidades de Isla Uvita, en el PNC, en Puerto Viejo y en el Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo, a profundidades de hasta 8 m.

Específicamente en el sector de Perezoso del PNC, dos especies dominan las praderas de pastos marinos, *T. testudinum* y *S. filiforme*. La primera crece en

diferentes sustratos desde lodos finos hasta en fondos pedregosos a temperaturas entre 28-30° C coincidiendo con lo reportado en el Caribe colombiano que se encuentra en sucesión tardía (Bijak, van Dijk y Waycott, 2018).

Mientras que *S. filiforme* está distribuido en el Océano Atlántico Occidental, siendo común en praderas de pastos marinos dado que el desarrollo ocurre en sucesión temprana al tener un rápido alargamiento del rizoma horizontal (Marbà y Duarte, 1998). Tolera altas tasas de sedimento bajo estas condiciones se le puede encontrar en praderas en estado clímax. Aunado a esto, coloniza rápidamente espacios mediante la propagación clonal, dispersión de fragmentos vegetativos y de semillas (Williams, 1990; Kendall, Batista y Hillis-Starr, 2004; Kilminster et al., 2015, [citado en Bijak, van Dijk, Waycott, 2018]).

### **2.3. Especies asociadas**

Asociado con las praderas de pastos marinos, se encuentra un grupo de especies de diferentes grupos taxonómicos, como macroalgas, fitoplancton, zooplancton, invertebrados y algunos vertebrados. Algunos de estos organismos, especialmente algas e invertebrados, se adhieren al haz de las hojas de estas angiospermas por lo que son denominados epibiontes (Lara-Domínguez, 2005; Cortés y Wehrtmann 2009).

Estos epibiontes pueden ser beneficiosos para contrarrestar el efecto de los rayos ultravioleta, cuando los pastos quedan expuestos al sol por la variación de las mareas. Aunque puede causar efectos negativos, como la competencia por nutrientes y la disminución de la fotosíntesis al presentarse una alta densidad de estos organismos en las hojas. Estos pueden cubrirla y obstaculizar el proceso de la fotosíntesis hasta ocasionar la muerte al evitar el intercambio gaseoso (Littler y Littler, 1999).

Según Armenteros et al. (2007), entre los organismos asociados con praderas de pastos marinos, se encuentran organismos de meio y macrofauna como poliquetos, nematodos, copépodos, peracáridos, ostrácodos, anfípodos, sipuncúlidos,

oligoquetos, decápodos, asteráceos, cumáceos, diatomeas, dinoflagelados, cianobacterias, entre otros.

Por otra parte, Ospina-Hoyos et al. (2014) describieron la microepifauna móvil en el Golfo de Urabá. Entre los filos que encontraron fueron Mollusca, Arthropoda, Annelida y Chordata, siendo las especies más abundantes fueron *Cerithium eburneum* Bruguière, *Nassarius vibex* Say, *Neritina virgínea* Linnaeus, *Bittium varium* L. Pfeiffer, *Clibanarius cubensis* de Saussure y *C. antillensis* Stimpson.

Asimismo, algunas epífitas tienen preferencia por las hojas de *T. testudinum* como lo son *Hydrolithon farinosum* J.V. Lamouroux y *Pneophyllum fragile* Kützing, al igual que las diatomeas y algas epífitas. Respecto a las algas asociadas con las praderas de pastos marinos, se reportan especies pertenecientes a los grupos taxonómicos Cyanobacteria, Rhodophyta, Chlorophyta y Phaeophyta (Nava-Olvera, Mateo-Cid, Mendoza-González y García-López, 2017).

También, se encuentran vinculados con estos ambientes, una biodiversidad íctica importante. En Venezuela, se reportaron 83 especies de 36 familias principalmente en etapas juveniles. Aunado a esto, el 20 % de eran de importancia en las pesquerías como *Lutjanus analis* Cuvier, *Trachinotus carolinus* Linnaeus, *Lagocephalus laevigatus* Linnaeus y *Strongylura marina* Walbaum (Ariza, Núñez, Ruíz y Méndez, 2011).

Igualmente, se puede encontrar grandes vertebrados con hábitos herbívoros como la tortuga verde (*Chelonia mydas* Linnaeus) que prefiere *T. testudinum* y los manatíes (*Trichechus manatus* Linnaeus) que se alimentan en especial *S. filiforme*. Aparte de estos megaherbívoros, destacan las estrellas de mar, los erizos, los moluscos, los poliquetos y otros animales ramoneadores que al raspar las hojas facilitan la entrada de luz (Romeu, 1996).

#### **2.4. Requerimientos ambientales**

El crecimiento de los pastos marinos está asociado con diversos factores, como la calidad del agua, la dinámica de las mareas, los sedimentos para la fijación,

radiación solar, temperatura, nutrientes y turbidez. Cuando la turbidez es alta, la radiación no puede penetrar la columna de agua, por lo que dificulta la actividad fotosintética, siendo un factor determinante para el crecimiento, distribución y la profundidad (Hemminga y Duarte, 2000).

La temperatura es otro factor físico importante para el crecimiento y la distribución geográfica de los pastos marinos, la exposición directa al sol, de las hojas, durante la época seca o cuando la marea se encuentra en su periodo más bajo (bajamar) afecta las funciones fisiológicas como lo son la fotosíntesis, el crecimiento, la respiración y otros procesos metabólicos (Nielsen, 2006).

Asimismo, como consecuencia del cambio climático, se está dando un aumento de la radiación solar que está afectando mayormente a los trópicos (Short y Neckles, 1999), produciendo un aumento de la temperatura atmosférica y en el agua de los océanos, lo que puede afectar la cobertura de los parches de pastos marinos alrededor del mundo y especialmente en zonas tropicales, ya que estos tienen intervalos en los niveles máximo y mínimo de tolerancia a la temperatura (Martínez-Daranas, 2010)

Además, la temperatura regula la distribución de los pastos marinos, mostrando rangos de tolerancia a este parámetro por especie. Una variación de la temperatura fuera de los intervalos de tolerancia podría causarle la muerte (Cabello-Pasini, Muñiz-Salazar y Ward, 2004). Este fenómeno fue documentado por Fonseca et al. (2006), que evidenció que, entre 1999 y el 2005, en el PNC, en el sector Perezoso, ocurrió una disminución en la biomasa de dicho grupo debido a un aumento en la temperatura de 10 ° C.

Se ha determinado que la temperatura incide en funciones fisiológicas como la fotosíntesis, el crecimiento y la respiración (Nielsen, 2006). Sin embargo, puede favorecer la distribución de los sebadales, cuando ocurre un aumento en la temperatura, estos se podrán encontrar en regiones septentrionales como el Ártico, donde todavía no se encuentran (Krause-Jensen y Duarte, 2014).

Las condiciones físicas y químicas del mar contribuyen al estado de los pastos marinos. Por ejemplo, estos están adaptados para soportar variaciones de salinidad entre 5 PSU y 45 PSU, por lo que se pueden encontrar en sistemas estuarinos, además, y pueden soportar cambios abruptos en las concentraciones de salinidad, siempre que no supere los 60 PSU, porque provoca la inhibición de las funciones biológicas hasta causar la muerte (Hemminga y Duarte, 2000).

Asimismo, el oxígeno disuelto en el agua está determinado por la presencia de estas plantas. En general, es alto en la columna de agua donde se localizan las hojas, mismas que capturan el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que se encuentra en la columna de agua para producir oxígeno (Hemminga y Duarte, 2000). Estas praderas intermareales pueden asimilar rápidamente el  $\text{CO}_2$  atmosférico que le permiten tener tasas fotosintéticas altas que cuando están sumergidos (Mazarrasa et al., 2018).

Caso contrario, ocurre con las raíces que se encuentran en condiciones anóxicas por estar enterradas en sedimentos, el oxígeno es transportado por difusión desde las hojas hasta las raíces por medio de lagunas de aire bien desarrollados denominados lacunae (Hemminga y Duarte, 2000). El sistema radicular estabiliza los sedimentos y reducen la re-suspensión de estos protegiendo la costa de la erosión y la sedimentación en otros ecosistemas como los arrecifes de coral (Martínez-Daranas et al., 2009).

La profundidad del agua es otro factor determinante para la distribución de los pastos marinos, los cuales se distribuyen a profundidades desde los 0 hasta los 40 metros, pero al aumentar la profundidad, disminuye la penetración de la luz en la columna de agua disminuyendo el proceso fotosintético y esto a su vez afecta la cobertura de los brotes y/o hojas, debido a que hay menor captación de los rayos de luz (Mazarrasa, et al. 2018).

## **2.5 Percepción de los habitantes de zonas costeras**

Las aguas que se encuentran en la zona costera son productivas, ya que tienen el aporte de los nutrientes que provienen de la zona terrestre y del océano. Sin embargo, en los últimos años, el aporte terrestre ha aumentado, por lo que causa daño al ambiente. Asimismo, se estima que el 20 % de las poblaciones humanas viven a no menos de 30 km de las costas y esto tiende a un incremento con el paso de los años (Gallegos-Martínez, 2010).

La distribución y la abundancia de estos seadales se ha dado por cambios que, en el nivel del mar, las alteraciones en la línea de costa, cambios en concentraciones del CO<sub>2</sub> y la temperatura superficial del agua, a estos factores se les suma los daños causados por el ser humano, como la eutrofización de las aguas por las altas tasas de nutrientes provenientes de tierra (Bemer y Kothavala, 2001; Gallegos-Martínez, 2010). Además, la tala de vegetación que ha ocasionado una mayor erosión de las playas, el uso de artes de pesca que han cambiado el fondo marino, entre otras han ocasiona un aumento en la intensidad de estos cambios (Orth et al., 2006).

Existen dos causas que han ocasionado la disminución y/o la pérdida de las fanerógamas marinas, la primera son los impactos directos del desarrollo de las comunidades costeras como el dragado de los fondos marinos o ríos y el segundo los impactos indirectos que degradan la calidad del agua (Waycott et al., 2009).

Por lo que se debe trabajar en conjunto con las comunidades costeras, para desarrollar programas de manejo, enfocados en la conservación y/o protección de estos recursos naturales, enfocados en la regulación de las construcciones en lo alto de la cuenca y el cambio del uso del suelo en la orilla de los ríos o zonas cercanas que traen como consecuencia altos niveles de sedimentación en el mar.

Además, se debe realizar buen manejo de los fertilizantes y los contaminantes provenientes de actividades agrícolas, la calidad del agua que se vierte proveniente de las casas o las industrias, ya que el cambio climático puede incrementar la

frecuencia de las inundaciones y los procesos erosivos en las playas (Björk, Short, Mcleod y Beer, 2008).

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Descripción y ubicación del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el PNC, ubicado en la costa caribeña en la provincia de Limón, cantón Talamanca, distrito Cahuita (Figura 1). Este sitio tuvo su creación en 1970 como Área Protegida por Decreto Ejecutivo (Nº1236-A) en la categoría de Monumento Nacional, luego en 1978 se modifica a Parque Nacional, es parte de Área de Conservación La Amistad-Caribe (ACLAC).

Tiene una extensión 1067,9 ha en la parte terrestre y 22400 ha en la parte marina. Esta área presenta una condición de manejo compartido denominada co-manejo, el cual está conformado por representantes de la Asociación de Desarrollo Integral de Cahuita y de los sectores educativo, pesquero y empresarial, además de un representante del ACLAC (SINAC, 2015).

En el Caribe, existen dos estaciones, seca y lluviosa, esta última abarca los meses de noviembre a marzo y de junio a agosto, la estación seca comprende los meses de abril a mayo y de setiembre a octubre. Las olas vienen del noreste entre enero y junio y del este entre julio a diciembre, debido a la Zona de Convergencia Intertropical (Loria-Naranjo, Samper-Villarreal, Sandoval-Siles y Cortés, 2018).

Existen tres diferentes sectores en los que se han reportado pastos marinos, los cuales son Punta Cahuita (9°45'02.3" N; 82°48'58.7" E); presenta una fuerte corriente con olas mínimas, sedimentos gruesos con sustrato duro. El otro sitio es Puerto Vargas (9°44'38.2" N; 82°48'32.7" E) que presenta un sustrato con fragmentos de tamaño intermedio y con una fuerte acción de las olas. El tercer sitio conocido por los locales como Perezoso debido a la presencia del río Perezoso que desemboca en este lugar (9°44'13.3" N; 82°48'24" E) que presenta sedimentos finos y blandos donde no hay acción de las olas (Paynter, Cortés y Engels, 2001).

Para esta zona, las mareas son de tipo mixtas y a veces, presenta mareas semidiurnas. La marea mixta se presenta con las fases de la luna, cerca del cuarto

de luna, lo que presenta un pequeño cambio en la marea al subir y bajar. Con luna llena y nueva ocurren mareas semidiurnas puras, predominando las diurnas que oscilan entre 30 a 50 metros (Lizano, 2006).



**Figura 1. Área donde se realizó el estudio, Parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica 2020-2021.**

### 3.2. Frecuencia de muestreo

Se realizó el trabajo de campo durante dos diferentes épocas; la seca en agosto y septiembre del 2020 y la época lluviosa en abril del 2021. Las encuestas a la comunidad se realizaron desde septiembre del 2020 hasta agosto del 2021, se muestreo en este periodo debido a los efectos directos de la pandemia de COVID-19. Se realizo un taller en noviembre del 2021, con el fin de socializar los resultados con la comunidad de Cahuita.

### **3.3. Recolección de datos**

En el PNC, se procedió a localizar la pradera de pastos marinos según lo que se encontraba descrito en la literatura. Al llegar a Punta Vargas, se inició con el marcaje de los puntos con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) Garmin GPSMAP 64s, estos se extendieron hasta Punta Cahuita. Además, se tomaron puntos desde la línea de la costa hacia el mar, con el fin de estimar la profundidad de los pastos en esa zona y así ubicar los diferentes transectos.

Una vez que se obtuvo la información en campo con los puntos GPS, se seleccionó la pradera de pastos marinos que abarca desde Punta Vargas hasta Punta Cahuita, se escogieron tres sitios con una separación de 150 metros para evitar pseudoréplicas. En cada sitio, se realizaron tres transectos que se dividieron por profundidades; un transecto somero, uno medio y otro profundo.

#### **3.3.1 Parámetros fisicoquímicos**

Se midieron la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto, al llegar a cada sitio al inicio del muestreo, con el multiparámetro HANNA HI 98194. Los datos se tomaron en las parcelas a tres diferentes profundidades y en dos periodos muestreados (época seca y lluviosa). Cabe mencionar que se obtuvieron datos de precipitación, velocidad del viento y temperatura atmosférica por parte del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) para los periodos de julio a septiembre del 2020 y de febrero a abril del 2021.

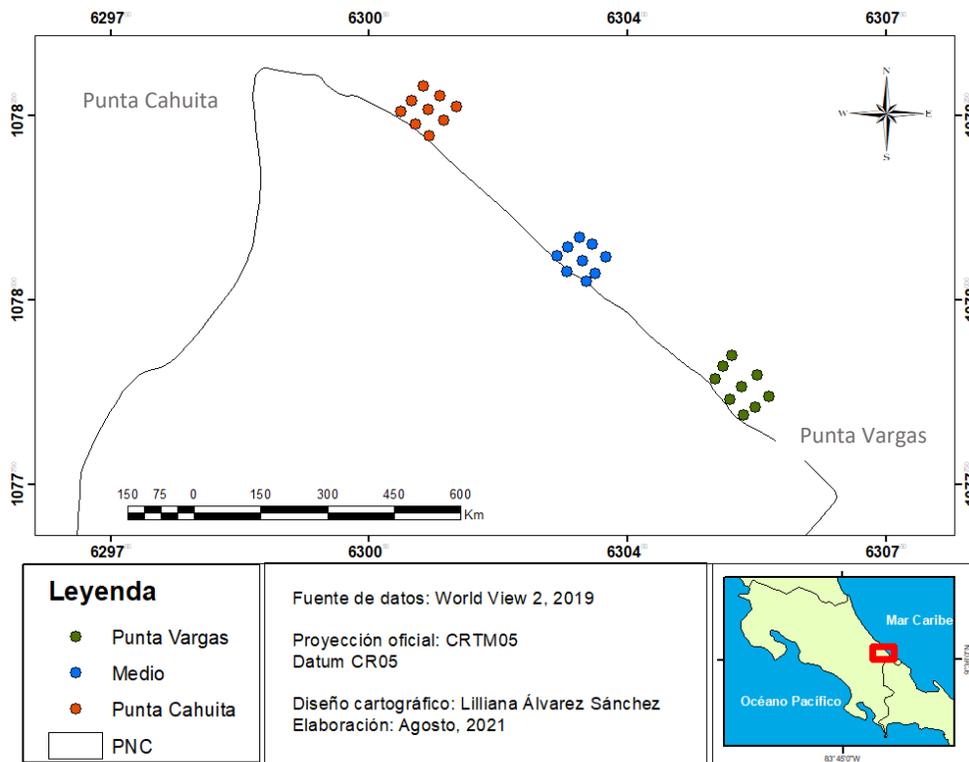
#### **3.3.2 Profundidad de los sitios de muestreo**

La profundidad varió en los tres sitios: en Punta Vargas tuvo un promedio de un metro en las tres parcelas cuando la marea estaba en pleamar en el 2020, en el 2021 el promedio de la profundidad en los tres transectos fue de 0,58 cm, con la marea subiendo; en el sitio medio la profundidad promedio fue de un metro en el 2020, la marea se encontraba bajando (Anexo 1). Por otra parte, en el 2021 el promedio de profundidad en los tres transectos fue de 0,83 cm, al igual que en el

año anterior la marea estaba bajando y en Punta Cahuita el promedio fue de 0,5 cm en el 2020 y de 0,35 en el 2021 (Anexo 1).

### 3.3.3 Cobertura de pastos marinos

Se siguió la metodología de Mckenzie, Campbell y Roder (2003), para los muestreos de cobertura y diversidad, se muestrearon tres lugares de la pradera de pastos marinos, en cada sitio se realizaron tres transectos lineales, separados por una distancia de 25 metros en tres sitios. En cada transecto, se realizaron 11 parcelas separadas entre sí por cinco metros de distancia para un total de 99 parcelas muestreadas (Figura 2).



**Figura 2. Distribución de los sitios de muestreo en la pradera de pastos marinos en el PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia.**

Para estimar el porcentaje de cobertura de los pastos marinos y de macroalgas, en una escala de 0-100 %, se emplearon las guías fotográficas elaboradas por

Mckenzie (2003), las que se llevaron a campo para estimar la cobertura *in situ*. Además, se tomaron videos y fotografías con una cámara sumergible Go-Pro Hero 4 Silver para su posterior corroboración.

### **3.3.4 Distribución de las praderas de pastos marinos**

Se obtuvo la imagen satelital Wordview-2 del 01-08-2019 en tres bandas RGB del espectro electromagnético visible, del área del PNC. Esta fue donada por la empresa Geolnn Geospatial Innovations, cuya resolución espacial era de 1,85 metros/pixeles. Esta imagen se procesó con el fin de eliminar la nubosidad o las partículas de sal que se podían estar interponiéndose para realizar la observación de la frecuencia del espectro electromagnético según la metodología descrita por Padwich, Deskevich, Pacifici y Smallwood (2010), con el propósito de clasificar la cobertura y densidad de los pastos marinos.

La cobertura se determinó utilizando la metodología empleada por Roelfsema et al. (2013). Por otra parte, la fotointerpretación se realizó siguiendo la metodología de Aguilar, Mora, y Vargas (2014) y se utilizó la información adquirida en campo empleando el receptor GPS, que fueron los datos de las 99 parcelas y los datos que se tomaron desde Punta Vargas hasta Punta Cahuita. Estos puntos se superpusieron a la imagen satelital para corroborar la ubicación más exacta de los parches de pastos marinos.

Se realizaron tres categorías de clasificación con respecto a la densidad de los pastos marinos en el PNC, siguiendo la metodología de Roelfsema, Phinn, Udy y Maxwell (2009). Definida de la siguiente manera: alta, los sitios donde se observó gran cantidad de cobertura; media, los sitios donde se observó menor cobertura y baja en los sitios donde apenas se pudo distinguir cobertura y que se traslapó con los datos tomados en campo.

Se realizó una distribución de categorías, donde el color rojo es una alta cobertura de pastos marinos, el color amarillo pálido es una cobertura baja y el color verde es una cobertura media. La mayor cobertura se observó en Punta Cahuita, seguido del

sitio medio, por último, en Punta Vargas, se encontraron coberturas media y baja. Las coberturas más bajas se encontraron en los extremos de Punta Cahuita, además de la parte más profunda de los tres sitios. Por último, en el extremo de Punta Vargas, se observó una cobertura media, cerca de los primeros transectos realizados (Figura 3).

### **3.3.5 Diversidad de especies asociadas**

Las especies asociadas de flora o fauna que se encontraron en las parcelas se identificaron *in situ*, empleando guías taxonómicas especializadas. Se identificaron *ex situ*, aquellas que se colectaron debido a que se debe revisar algunas de sus características o estructuras en microscopio y/o estereoscopio y también por medio de vídeos y/o fotografías.

Se recolectó, al menos, un espécimen por transecto, los individuos que se recolectaron fueron cangrejos ermitaños, moluscos, camarones, esponjas y anémonas. Estos se colocaron en un recipiente de plástico con una mezcla de alcohol al 70 % y glicerina en una proporción 1:1.

Para las macroalgas y los pastos marinos, se recolectó un ejemplar en cada transecto y se colocaron en bolsa con cierre, manteniéndose en agua marina y se conservaron en hielo para evitar que se dañaran hasta para su identificación. Además, se les tomó fotografías y/o videos con la cámara sumergible para evitar que se perdieran algunas de sus características, como el color, al momento de preservarlo.

En el caso de las macroalgas asociadas con la pradera de pastos marinos, se realizaron diferentes tipos de cortes con la finalidad de identificar las especies. Para las algas rojas del género *Galaxaura*, se les colocó en ácido clorhídrico al 5 % para descalcificarlas y luego, se les hicieron los cortes para observar sus estructuras características y se identificaron al taxón más bajo.

La literatura utilizada para la identificación de las algas pardas, verdes y rojas, fue: Littler, Littler y Hanisak (2008); Barata y Toyota (2006); Ríos, Tejada, Morales,

Miranda y Cerrud (2019); Galicia-García, Robinson y Okolodkov (2013); Mendoza, Pedroche y Mateo-Cid (2009); Barros-Barreto, Mclvor, Maggs, y Ferreira (2006); Mateo-Cid y Mendoza-González (2009); Díaz-Martínez, Zuccarello, Salazar, Pedroche y Ávila-Ortiz (2016); Wynne y De Clerck (1999) y por último, para la actualización taxonómica se emplearon las bases de datos electrónicas AlgaeBase (Guiry y Guiry, 2021).

Los peces se identificaron *in situ*. Se revisaron los videos para corroborar la identificación empleando la base de datos electrónica fishbase.org (Froese y Pauly, 2021) y se actualizaron los nombres científicos. Los equinodermos y poliquetos se colectaron (un individuo) y se identificó empleando el libro de Arrecifes Coralinos del Caribe de Costa Rica (Cortés y León, 2002).

Las esponjas fueron identificadas *in situ*, por medio de la guía taxonómica de Collin et al. (2005) y se corroboró mediante la base de datos electrónica de www.spongeguide.org (Zea, Henkel y Pawlik, 2014). Además, los moluscos se identificaron con las guías de Fischer et al. (1995), se revisaron las características diagnósticas para las familias y el género. Los gasterópodos se identificaron hasta el taxón más bajo posible con la clave de García-Cubas y Reguero (2004).

Los cangrejos ermitaños fueron extraídos de la concha, con cuidado de no dañar las estructuras del cuerpo, debido a que son importantes para la identificación, los especímenes fueron colocados en un portaobjetos para observarlos en el estereoscopio y microscopio según correspondía. Con la ayuda de la aguja de disección y de agujas entomológicas, se revisaron las estructuras distintivas de cada individuo siguiendo las claves taxonómicas de Martínez-Campos (2010) y McLaughlin (2003) para identificar hasta el taxón más bajo posible.

Las familias de los crustáceos se determinaron por medio de la clave taxonómica modificada de Bassedas (1947) y las guías de la Fischer et al. (1995). Mientras que los copépodos, se identificaron hasta el taxón más bajo con las claves taxonómicas de Ramírez y Derisio (2017) y Morales y Vargas (1995) y los gammáridos, se identificaron con la guía de Laurens (1971).

Las cianobacterias se identificaron empleando la clave para la identificación de cianobacterias bentónicas marinas en el Caribe de Costa Rica de Muñoz (2012).

### **3.3.6 Diversidad de epibiontes**

Se recolectó, en cada parcela, una hoja de la especie de pastos marinos presente. Las más largas del vástago fueron las seleccionadas, debido a que tienen más tiempo de encontrarse expuestas y; por ende, las que tienen más cantidad de epibiontes (Prado, Alcoverro y Romero 2008) a estas se les empleo la metodología de Irola-Sansores et al. (2018) con modificaciones para angiospermas marinas. Estas muestras se almacenaron en bolsas con cierre con agua marina del sitio de la colecta debidamente rotuladas con número de parcela, transecto, fecha y hora. Se les midió la longitud, se revisó la presencia de epífitos a simple vista y muestras de pastoreo. Las bolsas se mantuvieron en una hielera a 4 grados, se llevaron al Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre (LARNAVISI) y se ubicaron en refrigeración. Posteriormente, se realizó un raspado superficial en el haz y envés, con un bisturí o una hoja para afeitar, para separar los epibiontes de las angiospermas, evitando romper la muestra (Prado, 2008; Marco, 2015).

Los raspados se colocaron en portaobjetos con una gota de agua marina, se cubrieron con un cubreobjetos y se revisaron en el microscopio Olímpic CX31. Los epífitos se observaron a simple vista, o al estereoscopio Fisher Scientific Stereomaster, según corresponda. Se realizaron cortes transversales y se colocaron en un portaobjetos y cubreobjetos, para revisarlos en el microscopio.

A las muestras, se les tomaron fotografías con una cámara Nikon Nikkor 42X Wide optical, para identificarlas empleando guías especializadas. Además, se contó con la ayuda de especialistas para corroborarlo. Por otro lado, los hidrozooos se encontraron en las hojas de pastos marinos, se identificaron con la clave taxonómica creada por Kelmo y Vargas (2002).

### **3.3.7 Microorganismos epibiontes en las especies de pastos marinos**

Las muestras de pastos se envasaron con agua marina y se batieron fuertemente, alrededor de un minuto, luego se tomó una alícuota de 2 ml del agua marina para trasvasarla a viales que estaban previamente rotulados con el número de la parcela, sitio y transecto. Por último, se fijó cada muestra con dos gotas de Lugol al 1 %, estos fueron trasladados al LARNAVISI para conocer las especies asociadas.

La abundancia de los microorganismos se estimó realizando conteos con la cámara Sedgewick-Rafter y el microscopio Olimpic CX31 con un aumento de 10X. Se contó zooplancton, fitoplancton, radiolarios y cianobacterias.

#### **3.3.7.1 Método de limpieza para la identificación de diatomeas (Digestión de diatomeas)**

Para la identificación de las diatomeas y los dinoflagelados, se realizó la digestión de la materia orgánica. Se utilizaron dos diferentes metodologías, con la finalidad de conocer cual se podría adaptar más a las diatomeas del Caribe:

En primera instancia, una alícuota de 2 ml de la suspensión algal se transfirió a viales rotulados, donde se fijaron con solución de Lugol al 1 %. Los conteos de diatomeas se llevaron a cabo en una cámara Sedgewich-Rafter. Seguidamente, se tomó una submuestra de diatomeas para someterlas a tratamiento con peróxido de hidrogeno siguiendo la metodología de Sournia, 1978 y fueron procesadas según Hasle y Fryxell (1970) (citada por Ferrario, Sar y Salas, 1995). Las frústulas fueron montadas en resina y analizadas en un microscopio de luz Nikon Eclipse Ni, para la identificación hasta el nivel taxonómico más bajo posible.

Para la identificación, se revisaron las guías de Cupp (1943); Dodge y Hart-Jones, (1982); Tomas (1993); Moreno, Licea y Santoyo (1996); Tomas (1997); Siqueiros, Martínez y Aldana-Moreno (2019); Fukuyo, Takano, Chihara y Matsuoka (1990); Hernández-Almeida, Herrera-Silveira y Merino-Virgilio, (2013); López-Fuerte, Siqueiros-Beltones y Yabur, (2015); Al- Handal, Compère y Riaux-Gobin, (2016); Louvrou y Economou-Amilli, (2016); Siqueiros, Martínez y Aldana-Moreno, (2019); López-Fuerte, Siqueiros-Beltones y Altamirano-Cerecedo, (2020).

### **3.3.8 Percepción de actores clave**

#### **3.3.8.1 Encuestas**

Para la validación de los ítems de las encuestas, por motivos de salud pública por la pandemia y los cierres que se dictaron por el Ministerio de Salud en el año 2020 se aplicaron virtualmente, mediante un enlace generado por el programa SurveyMonkey que se envió por medio de correo electrónico o el teléfono celular, con la aplicación de WhatsApp, se eligieron al azar a 25 habitantes del cantón Central de Limón, con el fin de asegurar la confiabilidad de la investigación, además de saber si las preguntas fueron planteadas de forma correcta para el entendimiento de las personas encuestadas. Después de esto, se le aplicaron estas mismas a los actores clave de Cahuita (Anexo 2).

Se tomaron en cuenta a los habitantes de la localidad de Cahuita que pueden ser a pescadores, los tour-operadores, amas de casa, entre otras y a los funcionarios del SINAC, específicamente los del PNC del sector de Puerto Vargas y los funcionarios del co-manejo del sector de Playa Blanca. Estos últimos representan el componente estatal y son los que implementan las decisiones para el manejo de las áreas marino costera.

Se aplicaron 75 encuestas con doce preguntas del tipo cerradas, dirigida a establecer la percepción que tienen estos sobre temas de ecología y servicios ecosistémicos que ofrecen los pastos marinos (Anexo 2). Se utilizaron encuestas cerradas, porque es la herramienta más útil para obtener información puntual que se necesita para cumplir con los objetivos del trabajo y su análisis es sencillo comparada con las preguntas abiertas.

#### **3.3.8.2 Taller**

Se realizó un taller en la comunidad de Cahuita con el fin de dar a conocer los resultados obtenidos e intercambiar información con los usuarios del recurso para crear pautas para el manejo de los pastos marinos, asistieron representantes de miembros de la comunidad, tour-operadores, asociación de desarrollo y funcionario del PNC del sector de Puerto Vargas. En este, se compartieron los resultados

biológicos y sociales más importantes provenientes de este documento. Se tomó lista de asistencia como verificador de la actividad (Anexo 3). Además, se socializaron cuatro preguntas entre los participantes, para propiciar la discusión y conocer la perspectiva temas ambientales, económicos y manejo de los pastos marinos (Anexo 4).

### **3.4 Técnica de análisis de datos**

Los datos de cobertura de pastos marinos y de algas a los de diversidad de especies y los parámetros físicos-químicos se analizaron con la normalidad (Shapiro-Wilk) y de homocedasticidad (Levence). Los datos no presentaron normalidad, por lo que se trabajó con estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis (Kruskal y Wallis, 1952).

Los datos de cobertura de pastos marinos y algas se analizaron mediante comparaciones múltiples entre la cobertura de los sitios muestreados y la prueba de Mann-Whitney para establecer las relaciones entre la cobertura y los periodos. Asimismo, se realizaron gráficos de barras para la salinidad, la temperatura y el oxígeno disuelto. Además, se realizó el análisis de Kruskal-Wallis para conocer si hay relación entre ambos años y entre los tres sitios de muestreos con el complemento XRealStats para Excel 2016. Con el programa Arc Map 10,8 (ESRI, 2016), las coordenadas tomadas con el GPS en el campo y el valor medio para el porcentaje de cobertura de las algas, *T. testudinum* y *S. filiforme*, se elaboraron mapas temáticos con gráficos circulares para evidenciar la distribución y densidad de los pastos marinos.

Para la diversidad de especies asociadas en los sitios de muestreo y profundidades, se estimaron los índices de diversidad: Equidad de Pielou ( $J'$ ), Diversidad numérica de Shanon-Weiner ( $H'$ ) y de Dominancia de Simpson (Krebs, 1989) con el programa PAST 2.0<sup>®</sup> (Hammer, Harper, y Ryan 2001), estos se calcularon para los filos de crustáceos, peces y las macroalgas debido a que estos aparecieron en todas las profundidades en los tres sitios de muestreo, en los demás filos no se pudieron calcular los índices debido a que no aparecen en todas las

profundidades. Las diferencias entre estaciones respecto a la biodiversidad de diatomeas y de algas, se evaluaron mediante el análisis de variancia de una vía utilizando la extensión XLSTAT 2021 para MS Excel.

Además, la dominancia de especies para los taxones de cnidaria, moluscos, crustáceos, peces, diatomeas y dinoflagelados fueron jerarquizada mediante el diagrama de Olmstead y Turkey (Sokal y Rohlf, 1981) siguiendo los lineamientos establecidos por Varona-Cordero y Gutiérrez-Mendieta (2003).

Los datos de abundancia de diatomeas por sitio se transformaron a la cuarta raíz. Se aplicó el análisis de similitud (ANOSIM) utilizando el *software* Primer-e versión 6. Cuando se presentaron diferencias, se aplicó, a posteriori, el análisis de porcentajes de similitud (SIMPER) para determinar las especies que contribuyeron con tales diferencias (Clarke 1993).

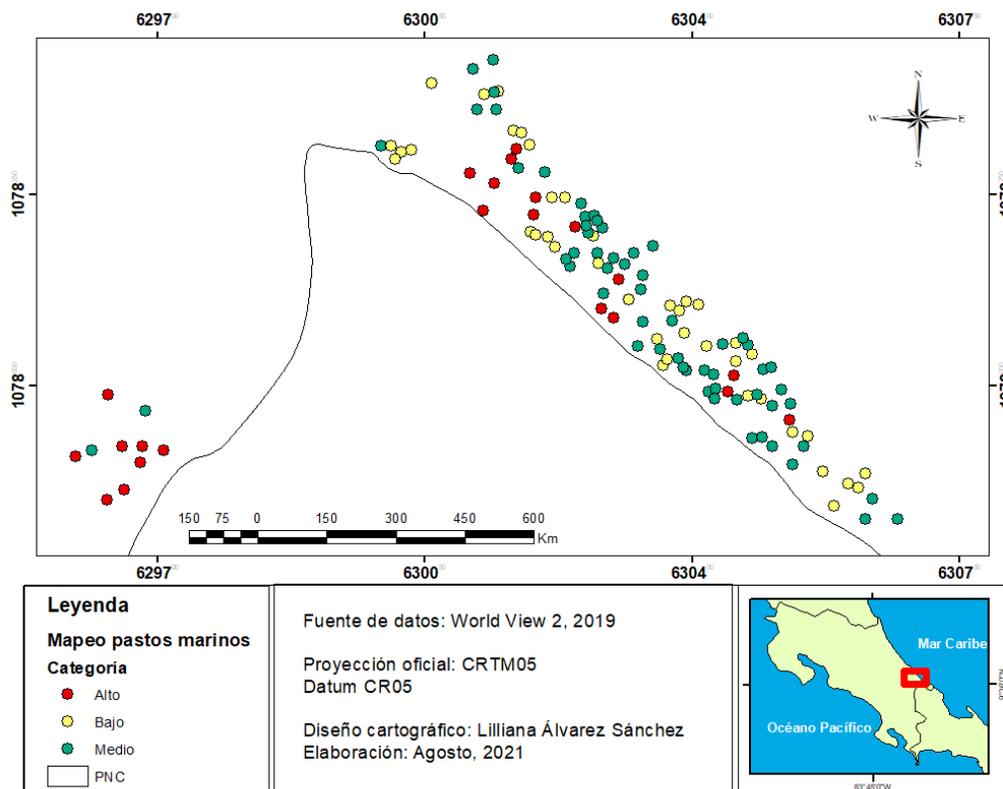
A los resultados de las encuestas, se les aplicó la prueba de independencia de Chi cuadrado ( $\chi^2$ ), para determinar la asociación entre las variables de edad, lugar de nacimiento, escolaridad, ubicación de los pastos marinos y la función ecológica. Además, se realizó estadística descriptiva como los histogramas para evidenciar el conocimiento sobre aspectos económicos de los actores claves en relación con este bioma.

La información recopilada en el taller que se realizó en la comunidad de Cahuita, los actores clave dieron su punto de vista sobre los aspectos sociales, ambientales y económicos de la pradera de pastos marinos. Con esta información, se desarrolló una propuesta de manejo para dicho ecosistema del PNC.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Distribución y cobertura de pastos marinos

Se determinó, que la pradera de pastos marinos tiene una extensión de aproximadamente 1,1 km, desde Punta Vargas hasta Punta Cahuita. Se establecieron tres sitios para muestrear, cada uno con tres profundidades para la evaluación de la cobertura, los factores abióticos que influyen en est y la diversidad de los organismos asociados.



**Figura 3. Distribución de categorías basada en la cobertura de la pradera de pastos marinos que abarcan desde Punta Vargas hasta Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.**

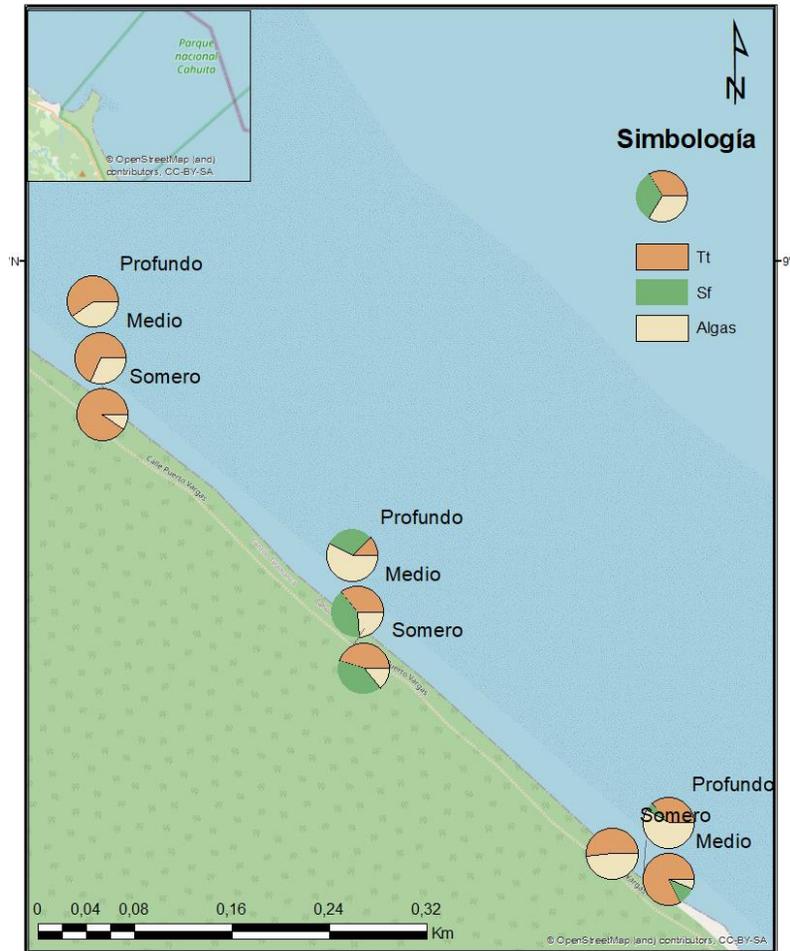
Los resultados de esta sección fueron expuestos en el III Congreso Latino de Investigación en Cambio Climático realizado en la UNA, Costa Rica, del 18 al 22 de octubre del 2021 en modalidad virtual.

Se encontraron las dos especies de pastos marinos que habían sido reportados por diversos autores para esta zona, los cuales fueron *S. filiforme* y *T. testudinum*. Esta última, se encontró desde Punta Vargas hasta Punta Cahuita, en todas las profundidades y en los dos años, mientras que *S. filiforme*, se identificó en ambos periodos. Excepto en Punta Vargas, donde no se observó.

En el 2020, *T. testudinum* presentó la mayor cobertura promedio en Punta Vargas (40,06 %  $\pm$  26,73) y Punta Cahuita (40,69 %  $\pm$  12,83). En el sitio medio, no se observó dominancia de esta especie, excepto en el transecto somero (25,0 %  $\pm$  30,33). En el transecto medio, la mayor cobertura la presentó *S. filiforme* (25,9 %  $\pm$  15,47) y en el profundo fueron las algas (18,36 %  $\pm$  17,23) (Figura 4).

En cuanto al porcentaje de cobertura de *T. testudinum* por transecto, Punta Vargas se desarrolló de la siguiente manera; en el sitio somero fue de 37,27 %, en el sitio medio de 63,36 % y en el profundo de 19,54 %. En el sitio medio fue de la siguiente manera: en el sitio somero fue de 25 %, en el sitio medio de 23 % y en el profundo de 3,09 %. En Punta Cahuita los valores en el transecto somero fueron de 50,72 %, en el medio de 33,63 % y en el profundo de 37,72 %.

A su vez, los valores de cobertura de *S. filiforme*, en Punta Vargas fueron: de 8,63 % en el sitio medio, de 2,72 % en el sitio profundo y en el sitio somero no se encontró la especie. En el sitio medio, fue de la siguiente manera: en el sitio somero fue de 22,72 %, en el sitio medio de 22,09 % y en el profundo de 9,81 %. En Punta Cahuita, no se encontró.



**Figura 4. Cobertura promedio (%) de las especies de *T. testudinum* (Tt), *S. filiforme* (Sf) y las macroalgas asociadas con la pradera de pastos marinos en el año 2020, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.**

Para el año 2021, *T. testudinum* mostró la mayor cobertura promedio en Punta Vargas (30,66 %  $\pm$  1 6,70), en Punta Cahuita fueron los valores medios (36,0 %  $\pm$  17,35) y en el sitio medio hubo diferentes valores de cobertura según la profundidad: en el transecto somero (21,54 %  $\pm$  26,02) y medio (20,45 %  $\pm$  21,82), mientras que, en el transecto profundo, la mayor cobertura la presentaron las algas (14,81 %  $\pm$  22,25) (Figura 5).

Por lo que se refiere al porcentaje de cobertura de *T. testudinum* por transectos, el comportamiento de Punta Vargas fue: en el sitio somero fue de 22,63 %, en el sitio medio de 56,18 % y en el profundo de 13,18 %. En el sitio medio fue de la

siguiente manera: en el sitio somero fue de 21,54 %, en el sitio medio de 20,45 % y en el profundo de 7,36 %. En Punta Cahuita los valores en el transecto somero fueron de 40,09 %, en el medio de 32,27 % y en el profundo de 35,63 %.

Se debe agregar que los valores de cobertura de *S. filiforme* de los tres transectos en Punta Vargas fueron: en el sitio somero fue de 5,45 %, en el sitio medio de 5,90 % y en el profundo de 1,45 %. En el sitio medio fue de la siguiente manera: en el sitio somero fue de 8,00 %, en el sitio medio de 14,72 % y en el profundo de 4,90 %. En Punta Cahuita, no se encontró esta especie.

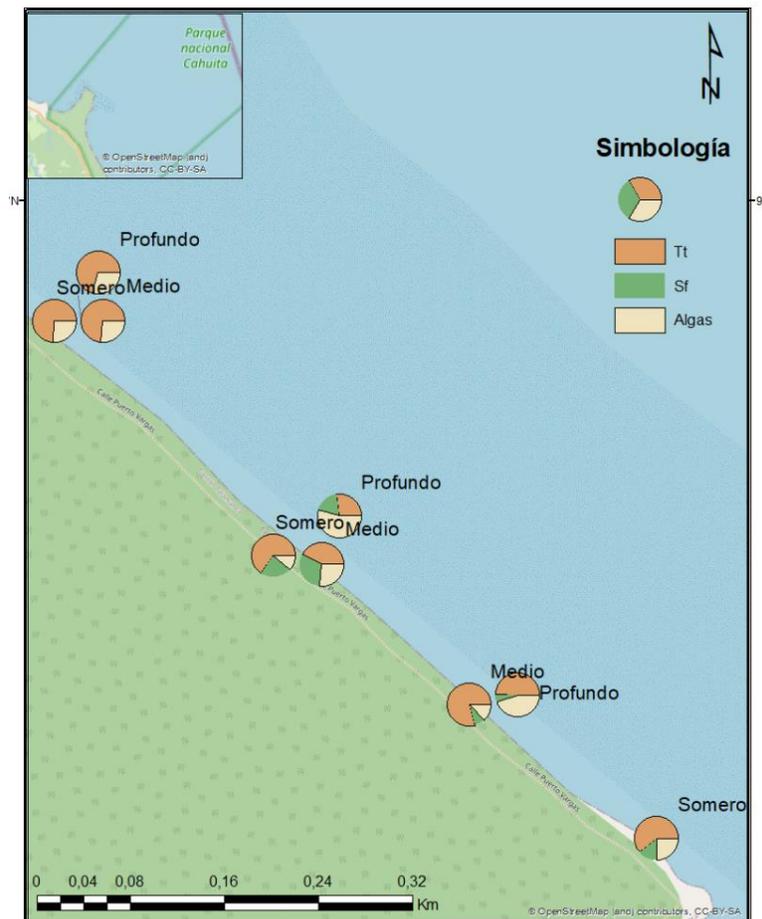


Figura 5. Cobertura promedio (%) de las especies de *T. testudinum* (Tt), *S. filiforme* (Sf) y las macroalgas asociadas con la pradera de pastos marinos 2021, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.

Se observaron diferencias significativas entre la cobertura de *T. testudinum* (F:16,812; p-valor<0,000) y *S. filiforme* (F:21,226; p-valor<0,000) en los sitios muestreados. Sin embargo, entre sitios y cobertura de macroalgas no se obtuvieron diferencias significativas (F:1,226; p-valor>0,295). Asimismo, *T. testudinum* mostró el valor más alto en el sitio de Punta Cahuita y en el sitio medio, la mayor cobertura fue de *S. filiforme*. Por lo contrario, las macroalgas no mostraron diferencia significativa entre los tres sitios (p-valor>0.05). Las coberturas de las fanerógamas y las macroalgas entre los dos periodos de muestreo no presentaron diferencias significativas en la cobertura de *T. testudinum* (p-valor:0,214), *S. filiforme* (p-valor:0,140) y las algas (p-valor:0,08).

#### **4.2 Sustrato**

El sustrato presentó cambios según el sitio, las diferentes profundidades y las épocas de muestreo (Cuadro 1 y Cuadro 2). Se observó que en los fondos donde dominó el escombros de coral, no se encontró cobertura de coral, sino que se encontró al menos una hoja de cualquiera de las dos especies, pero no se encontraron de forma simpátrica.

**Cuadro 1. Sustrato presente en la pradera de pastos marinos, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica, 2020.**

Donde AF: arena fina, AG: arena gruesa, EC: escombros de coral, P: piedra, C: concha, A: arena. Fuente: Elaboración propia.

<i>Sitio</i>	Profundidad	AF	AG	EC	P	C	A
<i>Punta Vargas</i>	Somero	*					
	Medio				*	*	*
	Profundo				*	*	*
<i>Medio</i>	Somero	*			*		
	Medio	*		*	*		
	Profundo		*	*	*	*	
<i>Punta Cahuita</i>	Somero		*	*	*	*	
	Medio	*				*	
	Profundo		*	*	*	*	

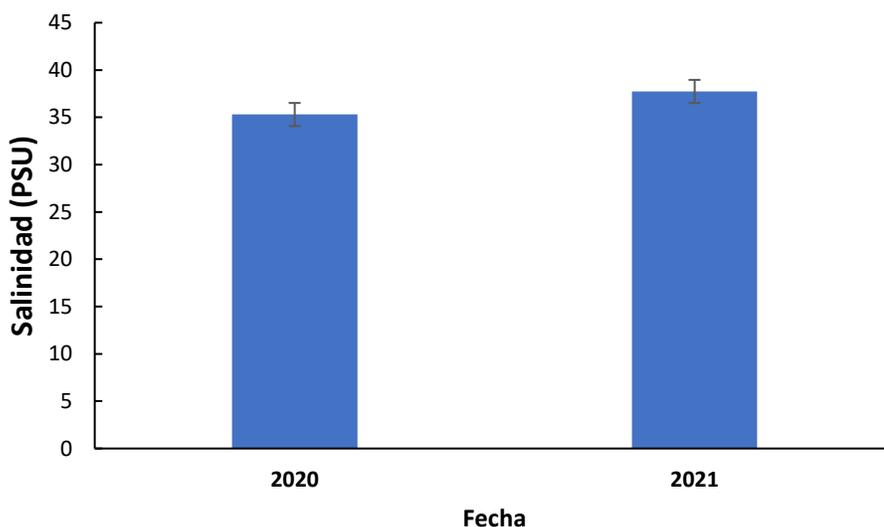
**Cuadro 2. Sustrato presente en la pradera de pastos marinos, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica, 2021.**

Donde AF: arena fina, AG: arena gruesa, EC: escombros de coral, P: piedra, C: concha, A: arena. Fuente: Elaboración propia

<i>Sitio</i>	Profundidad	AF	AG	EC	P	C	A
<i>Punta Vargas</i>	Somero		*		*	*	
	Medio		*	*	*	*	
	Profundo		*		*	*	
<i>Medio</i>	Somero		*	*	*	*	
	Medio		*	*	*	*	
	Profundo		*	*	*	*	
<i>Punta Cahuita</i>	Somero		*	*	*	*	
	Medio		*	*	*	*	
	Profundo	*		*		*	

### 4.3 Parámetros físicos-químicos

Los valores de salinidad fueron mayores en el 2021. Además, se realizó el análisis de Kruskal-Wallis, con la finalidad de comparar los valores de salinidad entre los períodos de muestreo y entre los sitios, no se encontraron diferencias significativas para los promedios de salinidad, para los dos años (Prueba Kruskal-Wallis, p-valor: $5,23 \times 10^{-07}$ ) (Figura 6). No se encontró diferencia significativa entre los tres sitios de muestreos (Prueba Kruskal-Wallis p-valor: $0,0635^2$ ) con un intervalo de confianza de 95 %.

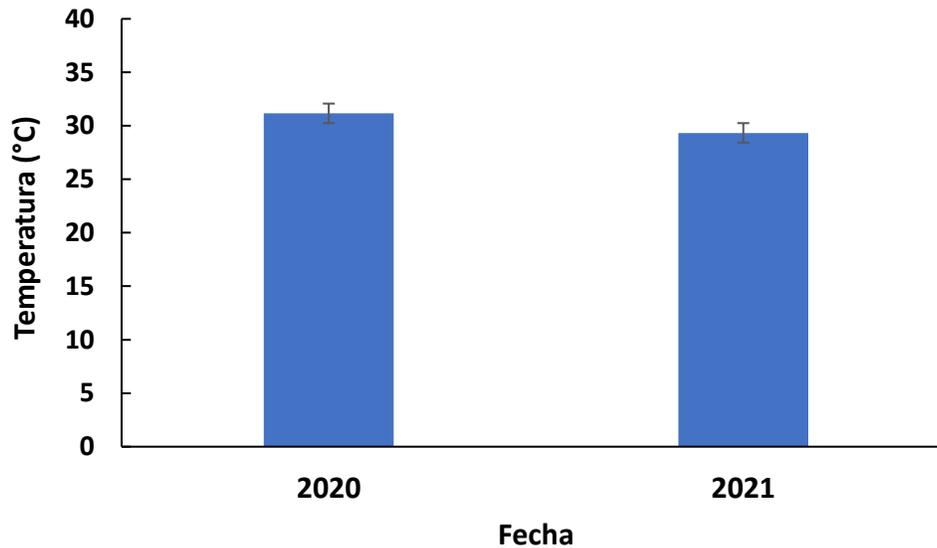


**Figura 6. Salinidad promedio y varianza (PSU) en dos periodos 2020-2021 desde Punta Vargas, hasta Punta Cahuita, en el PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.**

**El 2020 comprende los meses de agosto y septiembre y el 2021 el mes de abril.**

Por otra parte, el mayor valor de la temperatura del agua fue en el 2020 con  $31,15\text{ }^{\circ}\text{C}$  y el menor en abril, de  $29,32\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mostrando una diferencia significativa entre ambos periodos de muestreos (Prueba Kruskal-Wallis, p-valor: $0,25$ ), y entre sitios, siendo más altos los que se encontraron en Punta Vargas. Además, el análisis

de Kruskal-Wallis no se mostró diferencias significativas (Prueba Kruskal-Wallis, p-valor:0,0647) entre años (Figura 7).

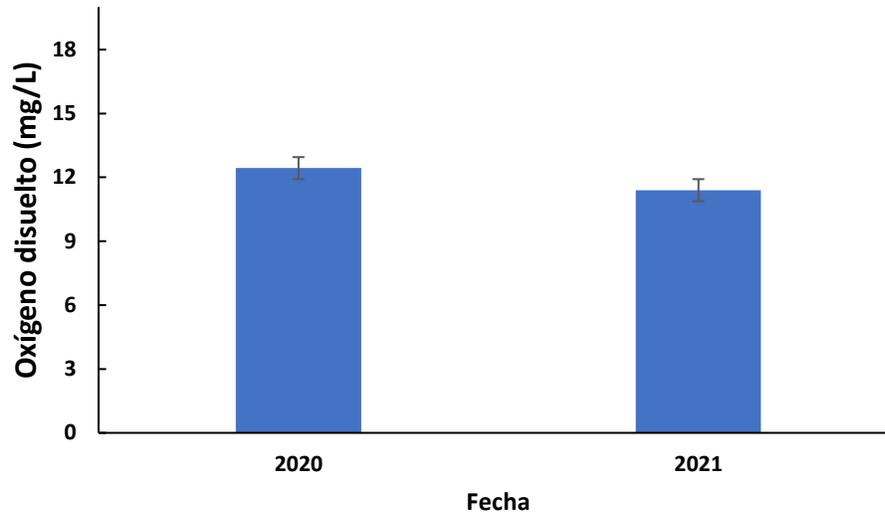


**Figura 7. Temperatura del agua promedio y la varianza (°C) en dos periodos 2020-2021 desde Punta Vargas hasta Punta Cahuita, en el PNC, Limón, Costa Rica.**

**El 2020 comprende los meses de agosto y septiembre y el 2021 el mes de abril.**

El promedio de oxígeno disuelto en los tres sitios en septiembre 2020 fue de 12,43 mg/L y en abril fue de 11,40 mg/L. Se encontró diferencia significativa entre ambos periodos de muestreos (Prueba Kruskal-Wallis, p-valor:0,09) (Figura 8).

Entre sitios, se presentaron los valores más altos en Punta Cahuita (15,18 mg/L), y los más bajos en Punta Vargas (6,25 mg/L). Además, no se observaron diferencias significativas (p-valor:0,0647) entre los años y los sitios de muestreos.



**Figura 8. Oxígeno disuelto promedio y varianza (mg/L) en dos periodos 2020-2021 desde Punta Vargas hasta Punta Cahuita, en el PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.**

**El 2020 comprende los meses de agosto y septiembre y el 2021 el mes de abril.**

Debido a la baja profundidad de la pradera de pastos marinos, no se pudo medir la penetración de la luz con el disco de secchi; sin embargo, de manera empírica, se pudo constatar que la cantidad de sólidos en suspensión era alta en abril del 2021 debido a la baja visibilidad (~0.15 m), durante la pleamar. Caso contrario, en septiembre, que no se percibieron sólidos suspendidos en marea alta ni en marea baja.

Además, los datos de precipitación proporcionados por el IMN para los periodos comprendidos entre junio a septiembre del 2020 y febrero a abril de 2021, evidenciaron que las precipitaciones promedio fueron de 3,73 mm  $\pm$ 6,65 en agosto 2020 y de 3,07 mm  $\pm$ 6,28 en septiembre 2020. Para marzo 2021, fue de 17,90 mm  $\pm$ 39,44 y abril 2021 de 15,83 mm  $\pm$ 34,88.

#### 4.4 Diversidad de especies animales asociadas con las praderas de pastos marinos

Se encontraron nueve grupos taxonómicos asociados con la pradera de pastos marinos, entre los que destacan poríferos, cnidarios, crustáceos, moluscos, poliquetos, equinodermos, peces, condriictios y macro y microalgas (Anexo 5 y 6). El taxón Porifera presentó solo dos especies: la más abundante, *Cliona varians* y *Haliclona caerulea* que solo se encontró en una parcela.

Los cnidarios fueron representados por seis especies, pertenecientes a dos clases diferentes tales como Hidrozoa y Anthozoa. *Siderastrea radians* fue la que dominó la pradera de pastos marinos. *Thyroscyphus ramosus* se observó ocasionalmente, mientras que *Palythoa carribbaeorum*, *Kirchenpauria halecioides*, *Stichodactyla* sp. y una anémona que no pudo ser identificada, fueron consideradas como raras (Figura 9).

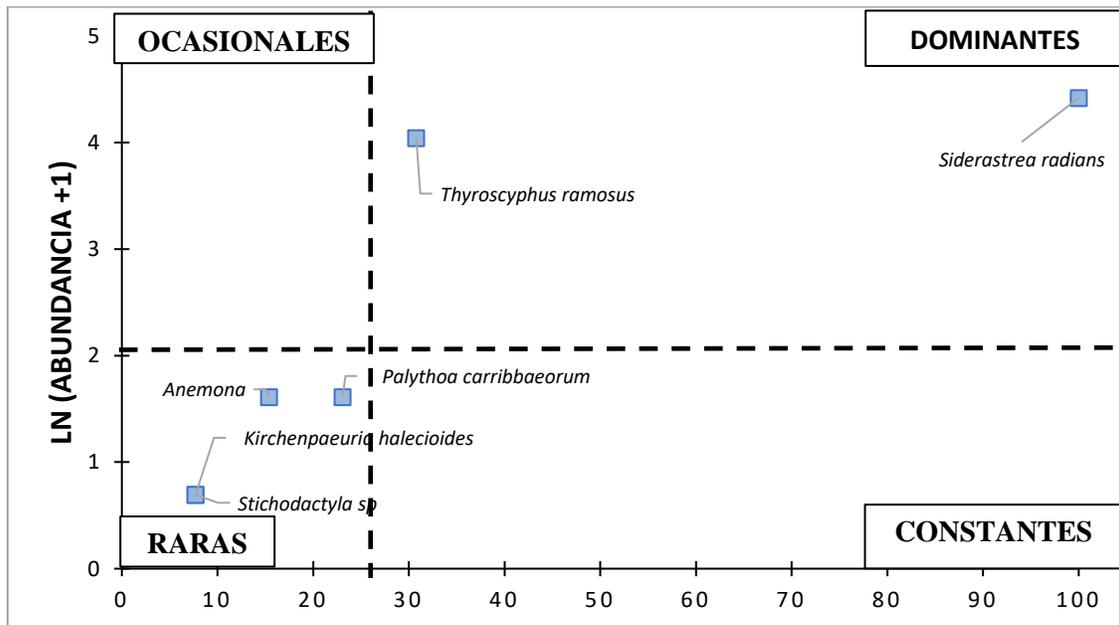


Figura 9. Clasificación de las especies de cnidarios presentes en los pastos marinos según el diagrama de Olmstead-Tukey, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia.

En ambos periodos de muestreo, los crustáceos fueron representados principalmente por cangrejos ermitaños, con seis especies, siendo los géneros

dominantes *Tomapaguropsis sp* y *Propagurus sp*. Además, se encontraron camarones en etapa juvenil del género *Peneus sp.*, considerada rara, debido a que apareció en dos parcelas, al igual que ermitaños de los géneros *Munidopagurus sp.*, *Chanopagurus sp.*, *Chanopaguropsis sp.* y *Lithopagurus sp.* que se observaron de forma ocasional (Figura 10).

Respecto a los microcrustáceos presentes en las muestras de agua, las especies dominantes fueron los copépodos *Euterpina acutifrons* y *Oithona nana* y el grammarido *Eriopisa laakona*. Entre los organismos considerados raros, se encontraron los copépodos *Microsetella norvegica*, *Oithona helgolandica* y *Neocalanus tonsus* que estuvieron presentes únicamente durante septiembre 2020 (Figura 10).

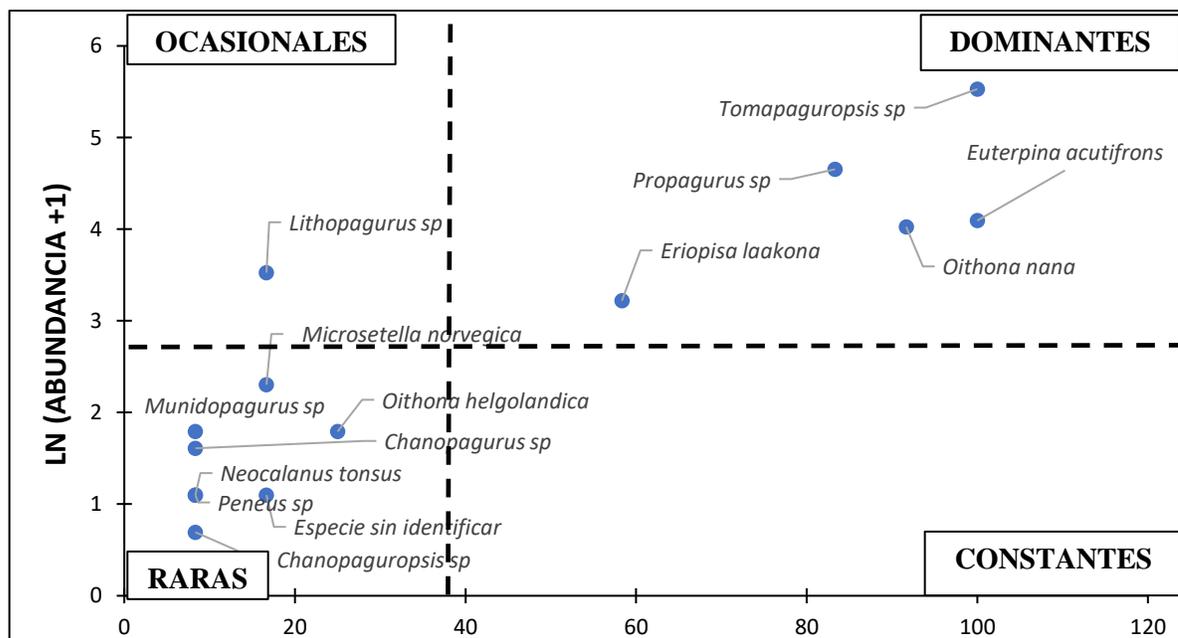


Figura 10. Clasificación de las especies de crustáceos presentes en los pastos marinos según el diagrama de Olmstead-Tukey, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los índices de diversidad de crustáceos, el índice de dominancia de Simpson presentó los mayores valores en Punta Cahuita y en el sitio medio para el

año 2020, pero en Punta Vargas para el año 2021 hubo una mayor dominancia, representada principalmente *Tomapaguropsis* sp., *Propagurus* sp., *E. acutifrons*, *O. nana* y *E. laakona* (Cuadro 3).

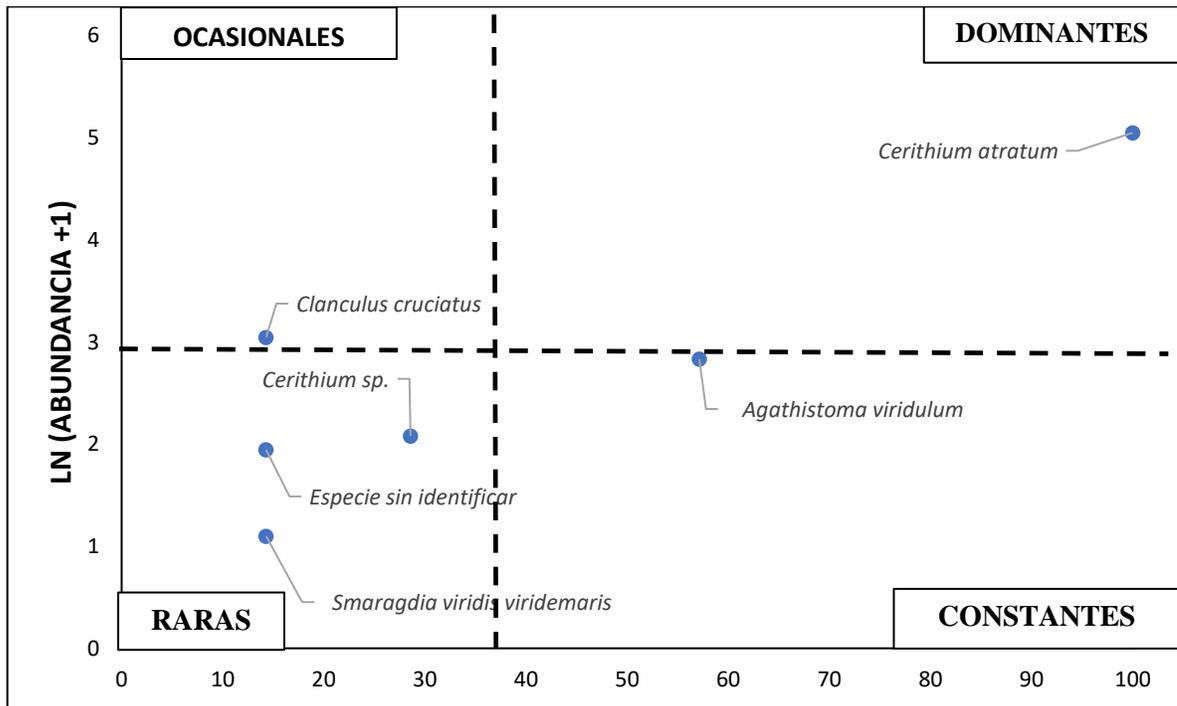
El índice de diversidad de Shannon-Wiener presentó los mayores valores en Punta Cahuita en el año 2020. En el año 2021, en los sitios de Punta Vargas y en el medio se presentó mayor diversidad de crustáceos (Cuadro 3). El índice de equitatividad presentó los mayores valores en el sitio medio y en Punta Cahuita para ambos años (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Índices de dominancia de Simpson, diversidad de Shannon-Weiner y equitatividad de Pielou para el filo crustácea en los tres sitios de muestreo y en ambos periodos de tiempo, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.**

Índice	Localidad	2020	2021
<b>Dominancia de Simpson (Bits/cél)</b>	Punta Vargas	0,61	0,71
	Medio	0,63	0,60
	Punta Cahuita	0,82	0,68
<b>Diversidad de Shannon-Weiner (Bits/cél)</b>	Punta Vargas	1,35	1,44
	Medio	1,26	1,71
	Punta Cahuita	1,87	1,51
<b>Equitatividad de Pielou (Bits/cél)</b>	Punta Vargas	0,70	0,65
	Medio	0,80	0,81
	Punta Cahuita	0,78	0,69

Los moluscos presentaron cinco especies, a saber: *Agathistoma viridulum*, *Trochus cruciatus*, *Cerithium* sp, *C. atratum* y un gasterópodo no identificado, presentes en ambos periodos de muestreo. Se encontró, además, *Aliger gigas* en la pradera de pastos marinos, pero no dentro de las parcelas. *A. viridulum* fue dominante, *T. cruciatus* apareció de manera constante, mientras que *Cerithium* sp.

y el gasterópodo sin identificar con condición de especies raras. Por último, *C. atratum* se presentó de forma ocasional (Figura 11).



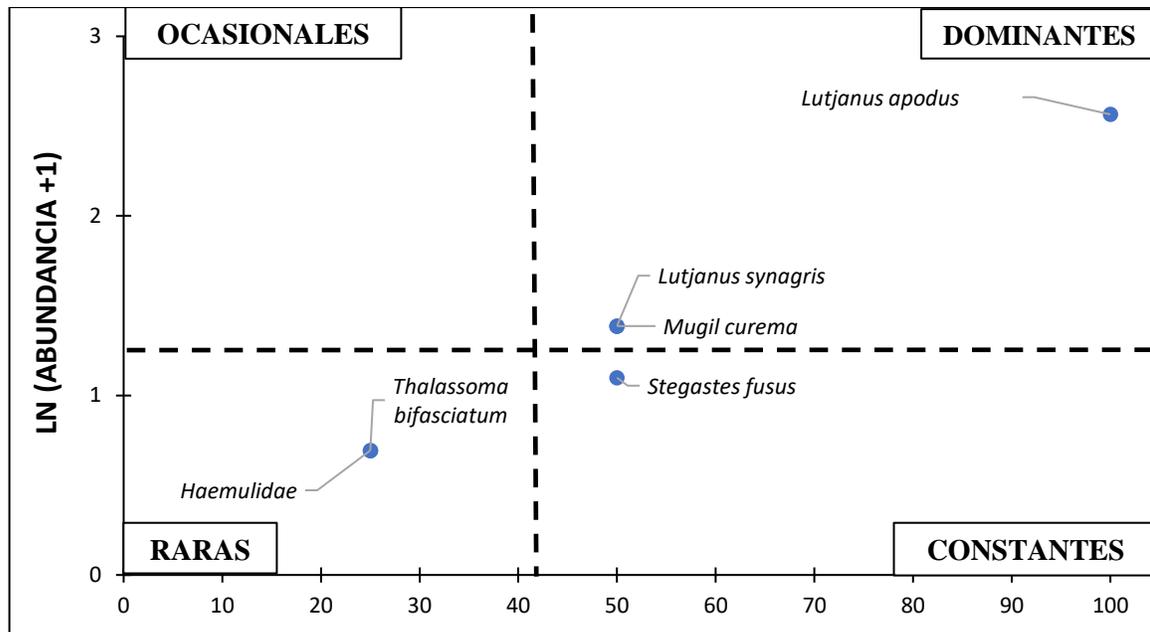
**Figura 11. Clasificación de las especies de moluscos presentes en los pastos marinos según el diagrama de Olmstead-Tukey, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia.**

Tres poliquetos fueron obtenidos en las muestras: *Sabellaster sp.* y *Hermodice carunculata* que se presentaron en los conteos de la macrofauna asociada a los pastos marinos y *Platynereis sp.* observado en las muestras de agua. Esta última especie fue dominante respecto a las otras, debido a su mayor frecuencia de aparición en los transectos.

Dentro del filo Echinodermata, se hallaron *Diadema antillarum* y *Holothura mexicana*, siendo la primera dominante respecto de pepino de mar. Los locales y/o guías turísticos señalaron que la estrella frágil de la familia Ophiuroidea puede observarse en este bioma de forma temporal.

Los peces tuvieron representatividad únicamente durante septiembre del 2020, con seis especies, como lo fueron *Thalassoma bifasciatum* (Bloch, 1791), *Stegastes*

*fuscus* (Cuvier, 1830), *Lutjanus apodus* (Walbaum, 1792), *L. sinagris* (Linnaeus, 1758), *Mugil curema* (Valenciennes, 1836). Por otra parte, *T. bifasciatum*, *S. fuscus* y *L. apodus* fueron dominantes, se presentaron en los sitios de muestreo, mientras que, el pargo *L. sinagris* y el gerrido fueron raros y *M. curema* apareció constantemente en la pradera de pastos marinos. (Figura 12).



**Figura 12. Clasificación de las especies de peces presentes en los pastos marinos según el diagrama de Olmstead-Tukey, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica, 2020. Fuente: Elaboración propia.**

En cuanto a los índices biológicos que incluyen a los peces óseos, la mayor dominancia de Simpson se dio en el sitio de Punta Vargas y luego en el sitio medio. En el índice de diversidad de Shannon-Wiener, los valores más altos fueron en el sector de Punta Vargas seguido del sitio medio y con respecto al índice de equitabilidad los mayores valores fueron en Punta Vargas y en el sitio medio. Los valores más bajos, de los tres índices, fueron los de Punta Cahuita (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Índices de dominancia de Simpson, diversidad de Shannon-Wiener y equitabilidad del muestreo de peces del 2020, en los tres sitios de muestreados, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.**

	<b>Dominancia de Simpson</b>	<b>Diversidad de Shannon-Weiner</b>	<b>Equitabilidad de Pielou</b>
<b>Punta Vargas (Bits/cél)</b>	0,72	1,33	0,96
<b>Medio (Bits/cél)</b>	0,71	1,32	0,95
<b>Punta Cahuita (Bits/cél)</b>	0,54	1,03	0,74

Con respecto a los peces cartilaginosos, en ambos periodos, se observó el tiburón *Ginglymostoma cirratum* y la mantarraya *Hypanus americanus* en la pradera de pastos marinos. Esta última, se observó cerca de las parcelas, pero en ninguna ocasión coincidió en esta para incluirla en el conteo. Esto mismo sucedió con la tortuga marina *Chelonia mydas*, la cual se pudo observar cerca o incluso dentro de las parcelas muestreadas, esto se pudo afirmar por el rastro del pastoreo en las hojas de los pastos marinos

Asimismo, los peces óseos y cartilaginosos se pudieron observar en las cercanías o sobre las parcelas, pero, al ser organismos con alta movilidad, no es posible evaluar, certeramente, su presencia dentro de los mismos.

Con respecto a las macroalgas, se hallaron 22 géneros en septiembre 2020, y 21 géneros en abril 2021. Entre las divisiones que se encontraron están las Chlorophytas, Rhodophytas y Ochrophytas, siendo las dos primeras las observadas con mayor frecuencia. Los géneros que se encontraron fueron *Ceramium*, con tres especies que fueron: *C. brevizonatum*, *C. flaccidum* y *C. cimbricum* y *Dictyota* sp. *D. mertensi* y *D. cervicoides*; *Caulerpa* con dos representantes que fueron *C. sertuloroides* y *C. mexicana*; *Halimeda* con *H. opuntia* y *H. simulans*.

Luego, los géneros que presentaron una sola especie fueron *Sargassum acinarum*; *Penicillus capitatus*; *Anadyomene stellata*; *Galaxaura rugosa* (se observó en estado gametofito y esporofito), *Chaetomorpha linum*; *Hypnea spinella*; *Dictyosphaeria cavernosa*; *Palisada perforata*; *Gelidiella acerosa*, *Champia salicornioides*; y *Padina* sp. También, se encontraron las epífitas *Ulvella lens* y *Pneophyllum fragile*.

Las especies *Dictyota* sp, *S. acinarum*, *Padina* sp, *D. cavernosa*, *C. linum*, *P. capitatus*, *G. rugosa*, *H. spinella* y *Ceramium* sp. fueron dominantes en la pradera de pastos marinos. En lo que se refiere a *C. brevizonatum*, *D. mertensi*, *C. sertuloroides* y *Anadyomene stellata* fueron ocasionales, pero es importante mencionar que no se presentaron de forma constante (Figura 13).

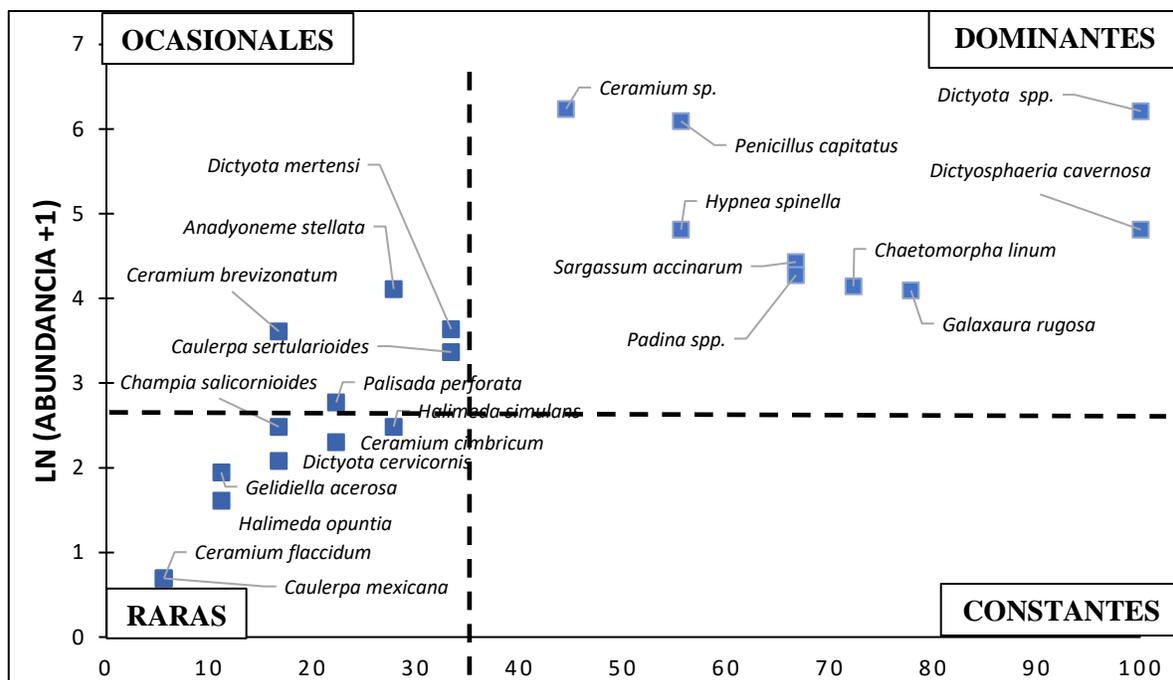


Figura 13. Clasificación de las especies de macroalgas presentes en los pastos marinos según el diagrama de Olmstead-Tukey, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia.

El índice de dominancia de Simpson, para las algas, presentó los valores más altos en el 2021 en los tres diferentes sitios de muestreo, mientras que en el 2020 fueron menores (Cuadro 5).

El índice de diversidad de Shannon-Wiener en el 2020 presentó los valores más altos en los sitios medio y Punta Cahuita, mientras que el valor más alto de diversidad en el 2021 lo presentó el sitio de Punta Vargas. Se evidenció, además, la mayor diversidad algal de Punta Vargas en ambos periodos de tiempo.

Con respecto a la equitabilidad, el valor más alto se encontró en los sitios de Punta Vargas y medio en el año 2021, mientras que, en el 2020, el más alto fue en Punta Cahuita. Lo anterior evidencia que el sitio medio mostró los mayores valores en ambos periodos.

**Cuadro 5. Índice de dominancia de Simpson, diversidad de Shannon-Wiener y equitabilidad de las algas en los tres sitios de muestreo y en ambos periodos de tiempo, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.**

<b>Índice</b>	<b>Localidad</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
<b>Dominancia de Simpson (Bits/cél)</b>	Punta Vargas	0,72	0,80
	Medio	0,71	0,75
	Punta Cahuita	0,67	0,70
<b>Diversidad de Shannon-Weiner (Bits/cél)</b>	Punta Vargas	1,74	1,92
	Medio	1,49	1,21
	Punta Cahuita	1,68	1,61
<b>Equitabilidad de Pielou (Bits/cél)</b>	Punta Vargas	0,64	0,73
	Medio	0,71	0,76
	Punta Cahuita	0,64	0,61

#### **4.5 Diversidad de epibiontes**

En el raspado de las hojas de *T. testudinum* se encontraron un total de 13 especies diferentes para el mes de septiembre 2020, las cuales fueron: *Achananthes yaquensis*, *Campylodiscus decorus*, *C. cimbricum*, *C. salicornioides*, *Cocconeis placentula*, *Dictyota* sp., *Gyrosigma balticum*, *Kirchenpaueria*

*halecioides*, *Nitzchia closterium*, *Pneophyllum fragile*, *Synedra ulna* y *Ulvella lens*. Se contabilizaron ocho especies de epibiontes en la hoja de *S. filiforme* en este mismo período: *C. cimbricum*, *C. salicornioides*, *C. placentula*, *K. halecioides*, *Navicula* sp, *N. closterium*, *S. ulna* y *U. lens*.

Por otra parte, en abril 2021, se encontraron 18 especies de epibiontes en la hoja de *T. testudinum*, los cuales fueron: *A. yaquensis*, *Caloneis elongata*, *C. brevizonatum*, *Ceramium* sp., *C. placentula*, *D. cervicornis*, *D. mertensii*, *Gramatophora marina*, *Guinardia striata*, *Licmophora abbreviata*, *Navicula* sp., *Nitzchia longissima* *P. fragile*, *Prorocentrum lima*, *Platynereis* sp, *S. ulna*, *Tabularia fasciculata* y *U. lens*. En tanto, se observaron en *S. filiforme* en este mismo período: *Achananthes yaquensis*, *C. cimbricum*, *C. moniligera*, *C. placentula* y *P. fragile* (Anexo 6).

El promedio más alto de longitud de las hojas de *T. testudinum* para septiembre del 2020, se encontró en Punta Cahuita, seguido de Punta Vargas y el sitio medio respectivamente. Mientras que para la especie de *S. filiforme* los mayores valores de longitud fueron en el sitio medio seguido de Punta Vargas y en Punta Cahuita no se encontró esta especie (Cuadro 6).

Por lo contrario, en abril del 2021, el valor mayor promedio de longitud de las hojas de *T. testudinum* se presentó en Punta Vargas y el menor en Punta Cahuita. Sin embargo, en *S. filiforme* hubo una disminución en la longitud de sus hojas, en el sitio medio se presentó el más alto y en Punta Vargas el más bajo.

**Cuadro 6. Longitud de las hojas (promedio) de pastos marinos en los tres sitios de muestreo en septiembre del 2020, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.**

<b>Año</b>	<b>Localidad</b>	<b><i>T. testudinum</i> (cm)</b>	<b><i>S. filiforme</i> (cm)</b>
<b>2020</b>	Punta Vargas	5,75±1,62	6,97±4,35
	Medio	5,35±1,97	7,80±3,43
	Punta Cahuita	6,18±1,90	-
<b>2021</b>	Punta Vargas	5,12±2,43	5,12±0,63
	Medio	4,79±1,89	4,79±2,89
	Punta Cahuita	4,90±1,81	-

La prueba de Kruskal-Wallis, demostró, que para el tamaño de las hojas de *T. testudinum*, no hay diferencia significativa con respecto al año (Prueba Kruskal-Wallis, p-valor:0,161; gl: 2,  $\alpha$ : 0,05) ni a los diferentes transectos (Prueba Kruskal-Wallis, p-valor:0,209; gl: 4,  $\alpha$ : 0,05) que se realizaron a lo largo de la pradera de pastos marinos. Sin embargo, existe una diferencia significativa entre el tamaño de las hojas de *T. testudinum* y los sitios de muestreos (Prueba Kruskal-Wallis, p-valor: 0,001; gl: 4,  $\alpha$ : 0,05).

Por otra parte, la prueba de Kruskal-Wallis, para el tamaño de las hojas de *S. filiforme*, no presentó diferencia significativa con respecto al año (Prueba Kruskal-Wallis, p-valor: 0,449; gl: 1,  $\alpha$ : 0,05) y los transectos (Prueba Kruskal-Wallis, p-valor: 0,405; gl: 2;  $\alpha$ : 0,05).

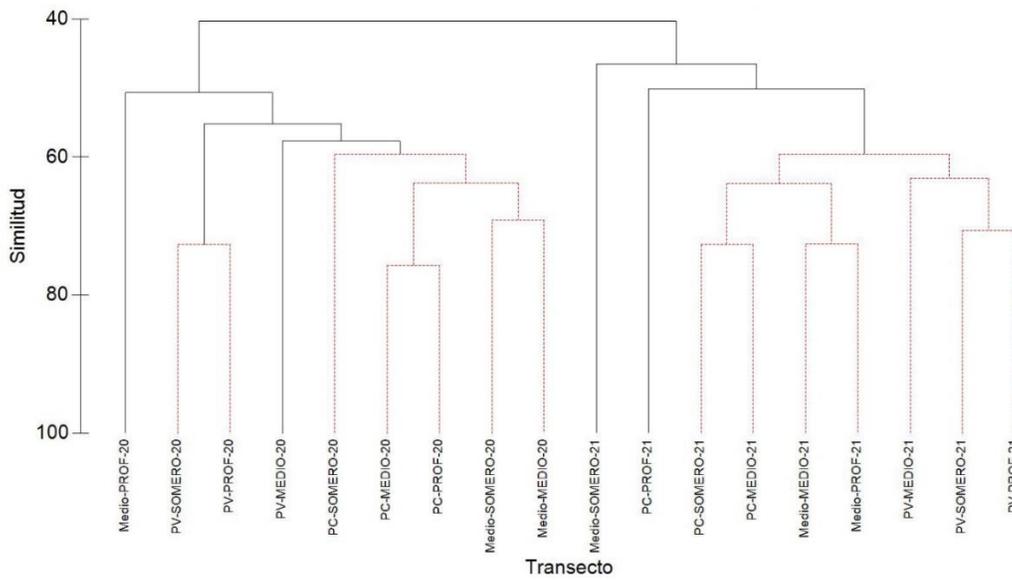
Se debe agregar que existe un efecto entre el tamaño de las hojas de *S. filiforme* y los diferentes sitios de muestreo (Prueba Kruskal-Wallis, p-valor: 0,0001; gl: 2;  $\alpha$ : 0,05). En este estudio se encontraron ocho taxones entre los que se hallaron crustáceos, poliquetos, diatomeas, dinoflagelados, cianobacterias, radiolarios, nematodo y hasta larvas de dípteros.

Los resultados de esta sección fueron expuestos en el V Encuentro Bienal Centroamericano y del Caribe de Investigación y posgrado, realizado en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, del 24 al 26 de noviembre del 2021 en modalidad virtual.

Se encontró un total de 126 especies de diatomeas de dos grupos morfológicos: céntricas con 11 y las pennadas con 115. En septiembre 2020, se encontraron 97 mientras que, en abril 2021, fueron 87.

Se observó una separación en dos clústeres entre el 2020 y el 2021. En el primer año, los transectos somero y profundo de Punta Vargas mostraron similitud de 73 %, aproximadamente. Los transectos medio y profundo del de Punta Cahuita con 72 %, los transectos somero y medio del sitio medio con 70 %. Mientras que entre los sitios medio y Punta Cahuita, en los transectos somero y medio y medio y profundo respectivamente mostraron similitud del 65 % (Figura 14).

En tanto que el 2021 mostró que, en los transectos somero y medio de Punta Cahuita, la similitud fue de 75 %, al igual que lo reportado en los transectos medio y profundo del sitio medio. En los transectos somero y profundo en Punta Vargas, se obtuvo un valor de 72 %. Para los demás transectos, se redujo el valor de similitud como en el transecto profundo en Punta Cahuita con menos de 50 % de similitud (Figura 14).



**Figura 14. Análisis de similitud entre los transectos del PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. PV: Punta Varga y PC: Punta Cahuita. Fuente: Elaboración propia.**

En cuanto a las diatomeas, el índice de dominancia de Simpson mostró en el 2020 los mayores valores en los tres sitios de muestreo y en el 2021, se hallaron los valores menores; sin embargo, Punta Vargas presentó la mayor dominancia en ambos periodos de tiempo (Cuadro 7).

Para el índice de diversidad de Shannon-Wiener, en el 2020, se presentaron los valores más altos en los tres sitios de muestreo y en el 2021 los más bajos. El sitio medio fue el que presentó el más bajo en ambos años y Punta Vargas se presentó el más alto en los dos años.

El índice de equitatividad, en el 2020, se presentaron los valores más altos en los tres sitios de muestreo; en el 2021, los más bajos; demostrando que Punta Vargas fue el sitio con mayor equitatividad en septiembre del 2020 y Punta Cahuita en abril del 2021.

**Cuadro 7. Índice de dominancia de Simpson, diversidad de Shannon-Wiener y equitatibilidad para las diatomeas en los tres sitios de muestreo y en ambos periodos de tiempo, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.**

Índice	Localidad	2020	2021
<b>Dominancia de Simpson (Bits/cél)</b>	Punta Vargas	0,92	0,85
	Medio	0,88	0,65
	Punta Cahuita	0,84	0,80
<b>Diversidad de Shannon-Weiner (Bits/cél)</b>	Punta Vargas	2,72	2,51
	Medio	2,28	1,72
	Punta Cahuita	2,39	2,21
<b>Equitatibilidad de Pielou (Bits/cél)</b>	Punta Vargas	0,71	0,48
	Medio	0,67	0,51
	Punta Cahuita	0,66	0,56

De las especies observadas, 46 fueron dominantes, entre las que destacaron *Nitzscia closterium*, *Cocconeis placentula* y *Licmophora abbreviata*. En tanto que 11 mostraron un comportamiento constante, siendo las más importantes *Cocconeis scutellum*, y *Diploneis vacillans*. También, se observaron 31 catalogadas como raras donde destacaron *Nitzschia frustulum*, *Isthmia enervia* y *Mastogloia similis* así como cinco descritas como ocasionales donde destacan *Amphora arenaria* y *Eunotogramma laeve* (Figura 15).

Además, se encontraron cinco especies de dinoflagelados. En septiembre 2020, se encontraron *Prorocentrum lima* y *Alexandrium* sp., mientras que, en abril 2021, fueron cuatro que se listan a continuación *P. lima*, *P. micans*, *Colia* sp. y *Ostreopsis* sp. Según la clasificación de Olmstead-Tukey, *P. lima* y *Colia* sp. fueron dominantes, *Ostreopsis* sp. fue ocasional, mientras que *Alexandrium* sp. y *P. micans* fueron raras (Figura 15). Se evidenciaron diferencias entre la abundancia de diatomeas entre años (R: 0,874; p-valor:0,001), pero no entre transectos (R:0,18 p-valor:0,94) y los sitios de muestreo (R:0,192; p-valor:0,055).

En cuanto a la biodiversidad, no se encontraron diferencias significativas entre los índices de diversidad de los tres puntos de muestreo ( $p$ -valor:0.061,  $\alpha$ :0.005,  $gl$ :6).

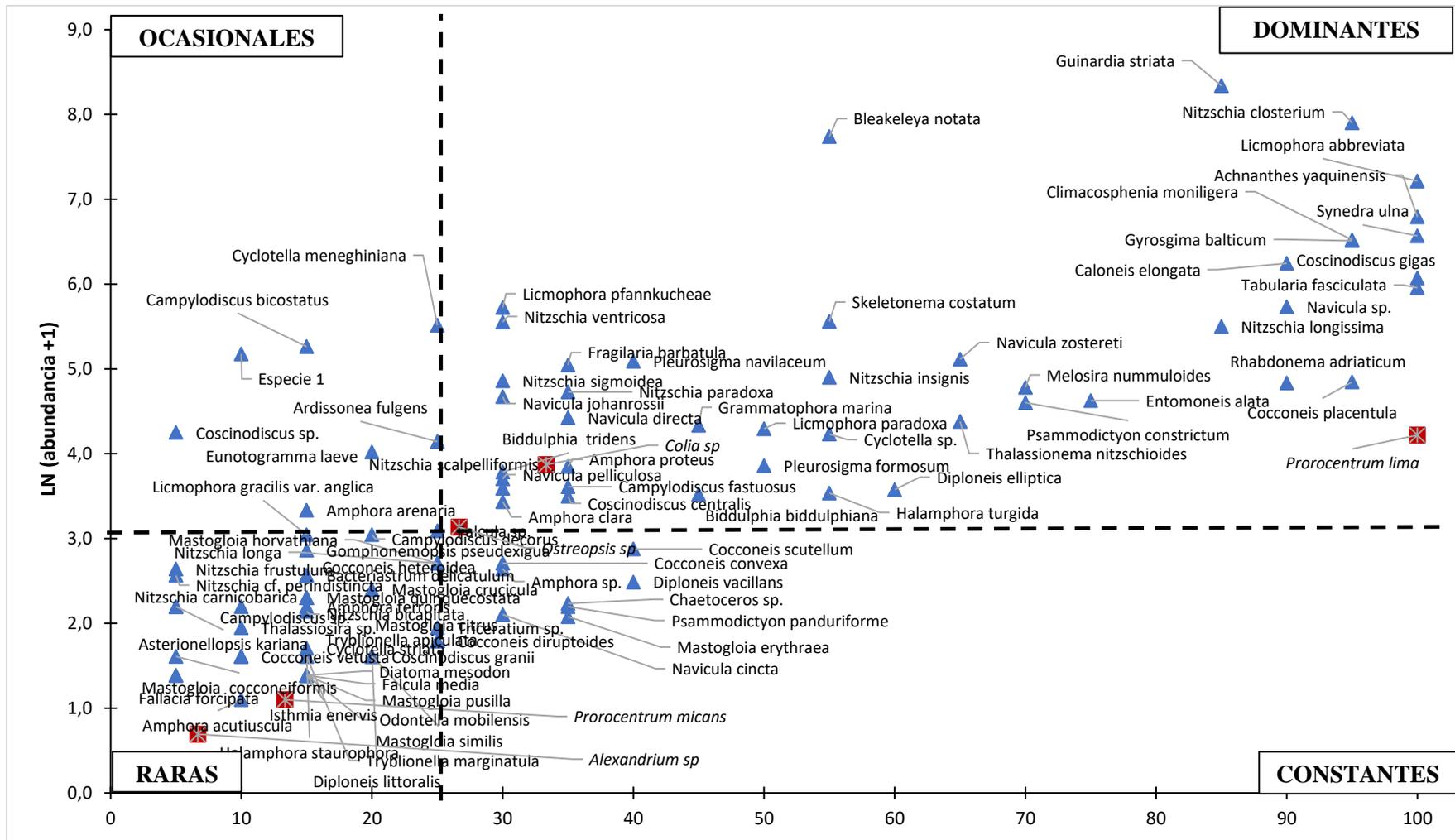


Figura 15. Clasificación de las especies de diatomeas presentes en los pastos marinos según el diagrama de Olmstead-Tukey, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia.

El análisis SIMPER que se presenta en el cuadro 8 demostró que la disimilitud promedio, respecto a la abundancia de diatomeas, entre años, el porcentaje de disimilitud de ambos años de muestreo fue de 81,65 %. Fueron 26 especies de microalgas las que aportaron mayor disimilitud. Las más importantes fueron *Guinardia striata* (23,55 %), *Bleakeleya notata* (13,80 %) y *Nitzschia closterium* (12,55 %).

**Cuadro 8. Similitud-contribución (%) según el análisis de ANOSIM de especies de diatomeas presentes en los pastos marinos, en Punta Vargas, sitio medio y Punta Cahuita, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia.**

Especies	Abundancia promedio 2020	Abundancia promedio 2021	Disimilitud promedio	Desviación estándar disimilitud	% de contribución
<i>Guinardia striata</i>	3,1	426,6	19,2	1,5	23,5
<i>Bleakeleya notata</i>	0,00	362,78	11,27	0,95	13,80
<i>Nitzschia closterium</i>	244,56	34,56	10,25	1,18	12,55
<i>Licmophora abbreviata</i>	36,22	126,56	3,84	1,49	4,71
<i>Achnanthes yaquinensis</i>	63,33	85,22	3,40	1,19	4,16
<i>Gyrosigma balticum</i>	66,00	3,56	2,77	0,79	3,39
<i>Coscinodiscus gigas</i>	51,67	2,67	2,45	1,75	3,00
<i>Synedra ulna</i>	68,56	25,67	2,38	1,10	2,91
<i>Tabularia fasciculata</i>	42,78	33,00	1,99	1,31	2,44
<i>Climacosphenia moniligera</i>	33,11	32,00	1,82	0,99	2,22
<i>Caloneis elongata</i>	37,56	20,67	1,72	1,27	2,10
<i>Navicula sp.</i>	24,67	19,89	1,28	1,25	1,56
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0,11	21,89	1,25	0,37	1,53
<i>Skeletonema costatum</i>	0,00	27,78	1,14	1,44	1,40
<i>Licmophora pfannkucheae</i>	0,00	21,56	1,10	0,61	1,34
Especie no identificada	0,00	9,78	0,99	0,33	1,21
<i>Navicula zostereti</i>	13,56	8,22	0,88	0,79	1,07
<i>Campylodiscus fastuosus</i>	0,67	14,67	0,86	0,54	1,05
<i>Nitzschia longissima</i>	20,44	6,44	0,84	1,28	1,03
<i>Nitzschia ventricosa</i>	17,33	4,33	0,83	0,64	1,02
<i>Campylodiscus bicostatus</i>	14,22	0,00	0,71	0,45	0,87
<i>Pleurosigma navilaceum</i>	13,00	0,11	0,56	0,85	0,68

Continúa cuadro 8...

Especies	Abundancia promedio 2020	Abundancia promedio 2021	Disimilitud promedio	Desviación estándar disimilitud	% de contribución
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	7,11	0,11	0,54	0,31	0,67
<i>Fragilaria barbatula</i>	4,78	8,89	0,54	0,69	0,66
<i>Navicula johanrossii</i>	10,56	1,22	0,51	0,60	0,63
<i>Melosira nummuloides</i>	11,00	1,11	0,50	1,01	0,62

Respecto al zooplancton, se encontraron cinco especies de copépodos, para el mes de septiembre del 2020, se observaron las especies *Oithona nana*, *O. helgolandica*, *Euterpina acutifrons*, *Microsetella norvegica* y *Neocalanus tonsus*. Mientras que, en abril del 2021, solo se encontraron *O. nana* y *E. acutifrons*. Además, *Eriopsia laakona* de la familia Grammatidae, que se observó en ambos periodos de muestreos (Figura 10).

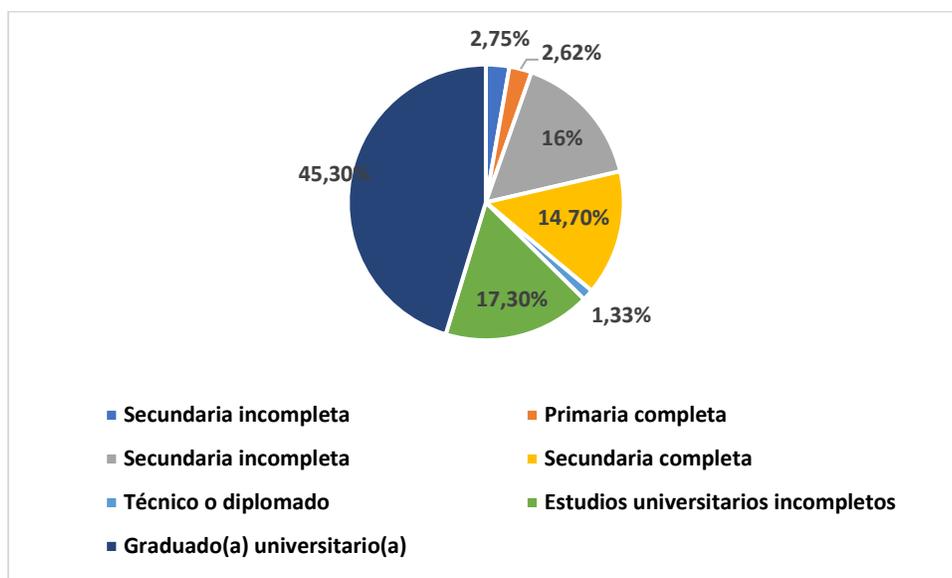
En cuanto a las cianobacterias, se encontraron cuatro especies, *Oscillatoria limosa* fue dominante, debido a que apareció en la mayoría de los transectos y profundidades, con excepción del transecto profundo en el sitio de Puerto Vargas en el 2020 y en el transecto somero del sitio medio en el 2021.

En cuanto a *Merimospedia sp.*, esta solo apareció en el transecto medio en Punta Vargas para el 2020 y en transecto medio del sitio medio en el 2021, además, *Borzia sp.* apareció en el sitio medio en el transecto profundo mientras *Lyngbya confervoides* se encontró en Punta Cahuita en el transecto profundo.

#### 4.6 Percepción de actores clave

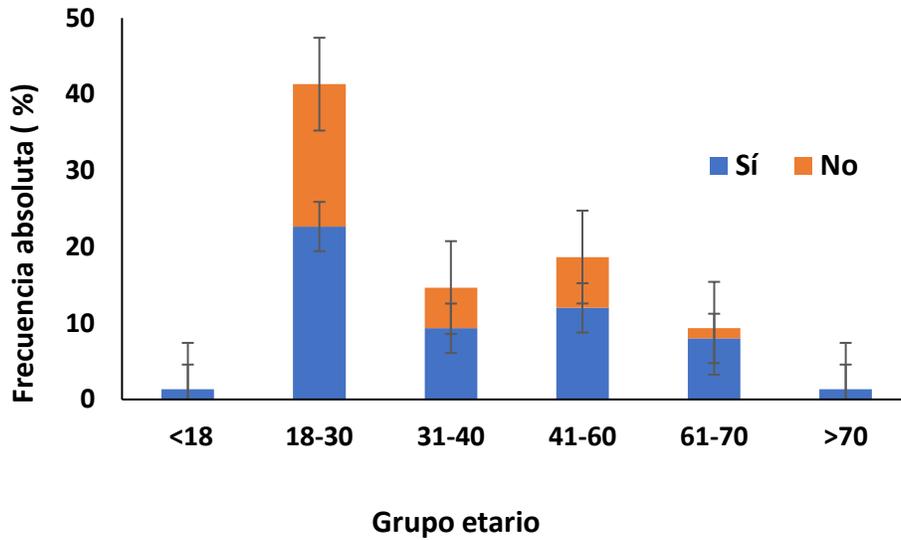
Se encuestó a un total de 75 personas entre ellas: funcionarios del SINAC en Playa Blanca y Puerto Vargas, a los pescadores, los miembros de la comunidad y los tour-operadores sobre la perspectiva de cada uno en cuanto al conocimiento de las praderas de pastos marinos ubicada en el PNC, su función ecológica y económica.

Se encuestaron un total de 42 hombres y 33 mujeres, de los cuales el 40 % presentaron edades entre los 18 a los 30 años. Además, la mayoría indicó ser graduado universitario (45,3 %) y un 70,7 % nacieron en la provincia de Limón. (Figura 16).



**Figura 16. Porcentaje de escolaridad de las personas encuestadas, Limón, Costa Rica 2020-2021. Fuente: Elaboración propia**

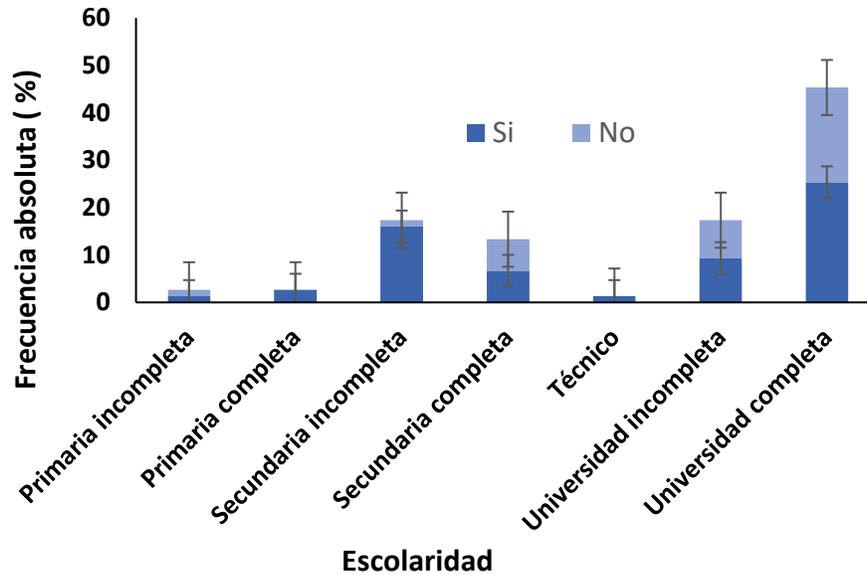
No existe diferencia significativa (p-valor: 0,294;  $\chi^2$ : 6,126) entre las diferentes edades de las personas participantes de las encuestas y el conocimiento que estos afirman tener sobre que existen los pastos marinos (Figura 17).



**Figura 17. Grupo de etario de las personas encuestadas y su conocimiento de la existencia de los pastos marinos PNC, Limón, Costa Rica 2021.**

**Sí: Personas participantes que conocen que existe los pastos marinos; No: Personas participantes que no conocen sobre la existencia del ecosistema. Fuente: Elaboración propia.**

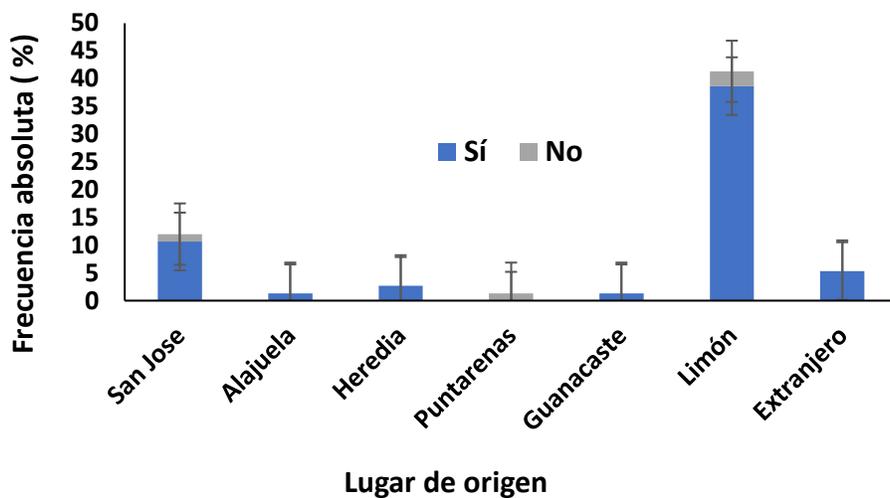
No se encontró diferencia significativa (p-valor: 0,197;  $\chi^2$ : 8,593) entre la escolaridad de las personas encuestadas y el conocimiento que tienen del ecosistema de pastos marinos, es decir que la escolaridad de los limonenses no influye en el conocimiento que estos tienen sobre la existencia de este ecosistema (Figura 18).



**Figura 18. Grado de escolaridad de las personas encuestadas y su conocimiento de la existencia de los pastos marinos, PNC, Limón, Costa Rica 2021**

**Sí: Conocen que existe los pastos marinos; No: Desconocen sobre la existencia del ecosistema. Fuente: Elaboración propia.**

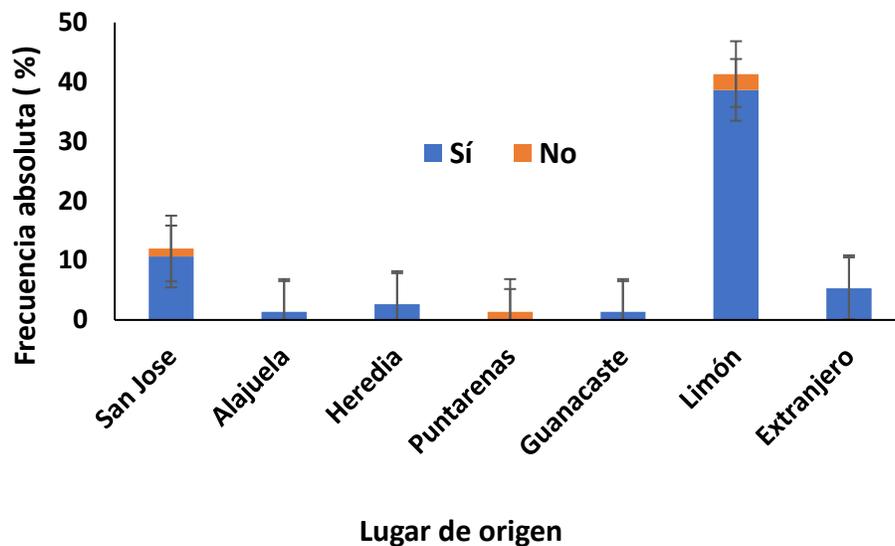
No se encontró diferencia significativa ( $p$ -valor: 0,057;  $\chi^2$ :1 2,186) entre el lugar de nacimiento de las personas encuestadas y el sitio a donde se pueden ubicar los pastos marinos. La mayor cantidad de personas encuestadas conoce a donde se puede encontrar este ecosistema; sin embargo, las personas encuestadas que tienen como origen la provincia de Puntarenas, no saben a dónde se puede encontrar (Figura 19).



**Figura 19. Conocimiento sobre la ubicación de los pastos marinos según el lugar de origen de las personas encuestadas, Limón, Costa Rica 2021**

**Sí: Personas participantes que conocen la existencia de este ecosistema; No: Personas participantes que no conocen sobre su existencia. Fuente: Elaboración propia**

No se encontró diferencia significativa (p-valor: 0,057;  $\chi^2$ : 12,186) entre el lugar de nacimiento de las personas encuestadas y la función ecológica de pastos marinos. La mayoría de las personas encuestadas conoce sobre la función ecológica que cumplen los pastos marinos, con excepción de las personas participantes que viven en Puntarenas (Figura 20).



**Figura 20. Relación sobre la función ecológica de los pastos marinos y el lugar de origen de las personas participantes, Limón, Costa Rica 2021**

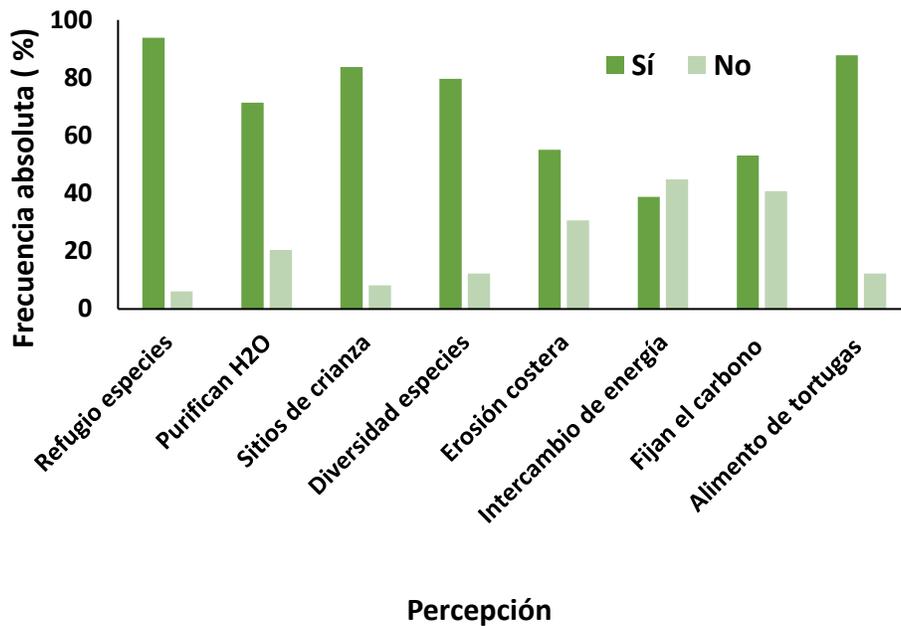
**Sí: Personas participantes que conocen la función ecológica de los pastos marinos; No: Personas participantes que no conocen la función ecológica de los pastos marinos. Fuente: Elaboración propia.**

De las personas encuestadas, el 36 % no sabe que es el pasto marino, mientras que el 64 %, equivalente a 48 personas, sí conocen que existe este hábitat. A estas personas se les preguntó sobre los aspectos ecológicos, aspectos económicos y los organismos que están asociados con las fanerógamas marinas de PNC.

Por una parte, la percepción de las personas participantes sobre los aspectos ecológicos es la siguiente: sirve de refugio para algunos organismos, el 93,8 % de los participantes respondieron afirmativamente, mientras que el 6,12 % contestó negativamente. Además, ante el enunciado: son sitios de crianza y reproducción de especies el 87,67 % estuvo de acuerdo en eso, mientras que el 8,16 % respondió negativamente (Figura 25).

El 87,75 % afirma que son sitios de alimentación de las tortugas marinas. Por lo que se refiere a la disminución de los efectos de la erosión costera, el 55,10 % estuvieron de acuerdo que este es uno de los servicios ecosistémicos que este

ecosistema brinda. El 53,06 % piensa que fijan el carbono y el 44,89 % no está de acuerdo con que los seadales facilita el intercambio de energía (Figura 21).



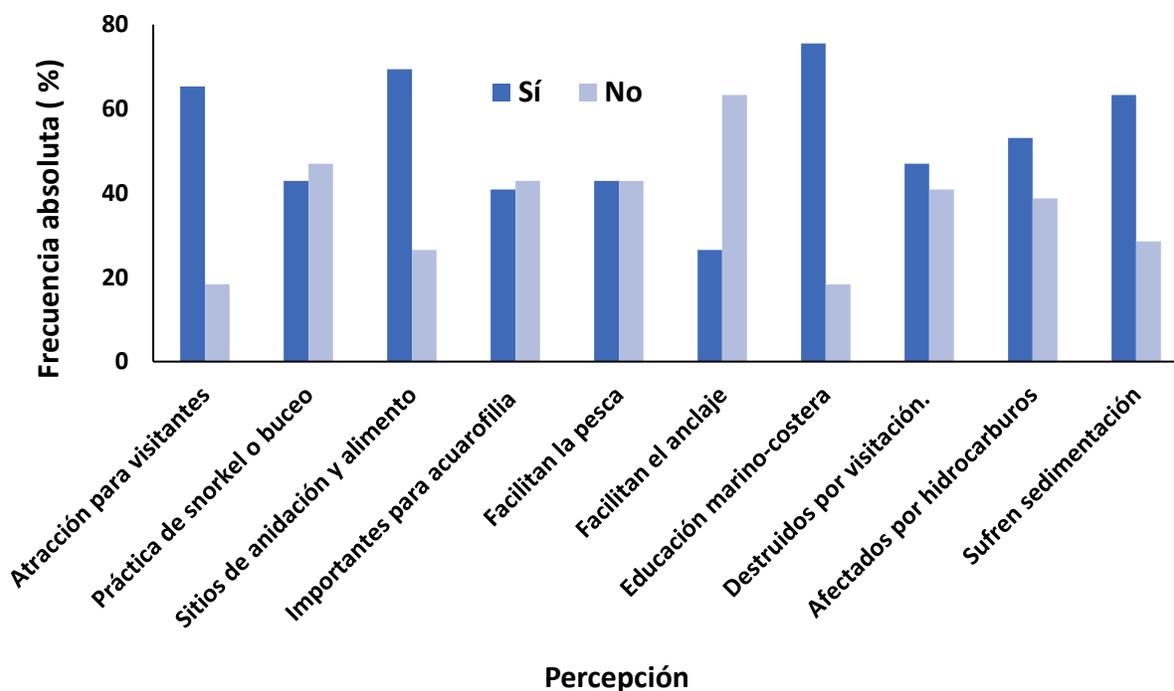
**Figura 21. Percepción de las personas participantes sobre los aspectos ecológicos de los pastos marinos, Limón, Costa Rica 2021**

**Sí:** Personas participantes tienen la percepción que ese enunciado es el correcto; **No:** Personas participantes tienen la percepción que ese enunciado no aplica en el ecosistema.

**Fuente:** Elaboración propia

Por otra parte, la percepción de las personas participantes sobre los aspectos económicos es la siguiente: el 75,51 % de los encuestados están de acuerdo con el enunciado de que los pastos marinos permiten la educación marino-costera. Asimismo, el 69,38 % opinó que son sitios de anidación y alimento de especies comerciales, el 65,30 % de las personas encuestadas afirman que estos seadales generan mayor atracción para los visitantes y el 63,26 % asegura que este ecosistema sufre sedimentación o compactación producto de la erosión (Figura 26). No obstante, el 63,26 % respondió negativamente al enunciado: facilitan el anclaje de los botes para actividades de turismo. A la pregunta, estos ecosistemas son

importantes para la acuariofilia el 42,86 % no están de acuerdo con el enunciado. Al consultar si estos ecosistemas facilitan la pesca o extracción de especies marinas, la mitad de los participantes respondieron afirmativamente y la otra mitad no están de acuerdo (Figura 22).

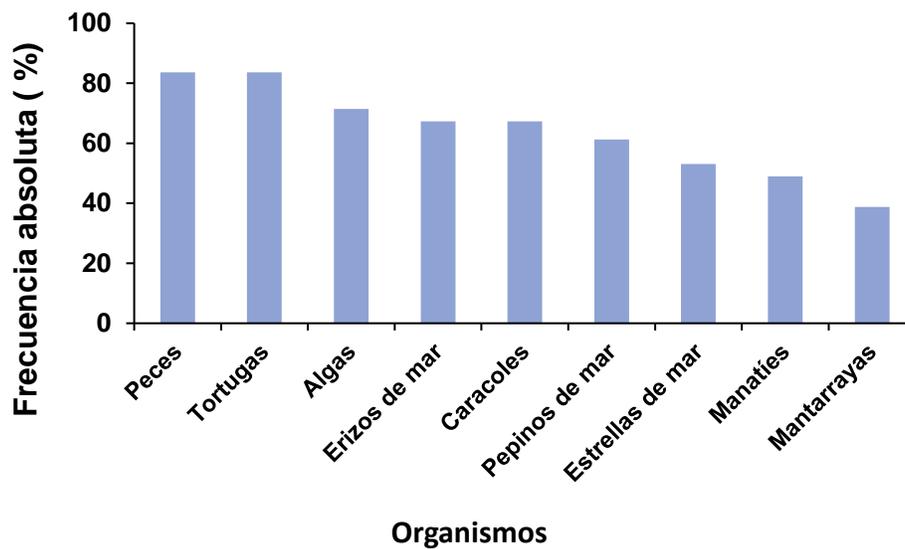


**Figura 22. Percepción de las personas participantes acerca de los aspectos económicos relacionados con los pastos marinos, PNC, Limón, Costa Rica 2021.**

**Sí: Personas participantes tienen la percepción que ese enunciado es el correcto; No: Personas participantes tienen la percepción que ese enunciado no aplica en el ecosistema.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Las personas participantes consideraron que los organismos que más se pueden encontrar en las praderas de pastos marinos, son peces y tortugas (83,67 %), seguido por algas (71,42 %), erizos de mar y caracoles (67,74 %), pepinos de mar (61,22 %), estrellas de mar (53,06 %), manatíes (48,97 %) y mantarrayas (38,77 %) (Figura 23).



**Figura 23. Conocimiento sobre los organismos que pueden encontrarse en los pastos marinos por parte de las personas encuestadas, PNC, Limón, Costa Rica. Fuente: Elaboración propia.**

#### **4.7 Acciones para implementar una propuesta de manejo**

En cuanto a los pastos marinos del PNC, se proponen acciones para la implementación para una futura gestión de manejo, basado en los resultados de cobertura y la diversidad presentes en documento de tesis (Cuadro 9).

**Cuadro 9. Acciones por implementar para una futura gestión de manejo enfocada en la protección de las praderas de pastos marinos en el PNC. Fuente: Elaboración propia**

Acción	Metodología	Periodicidad	Responsables	Socios
Monitoreo de la cobertura de pastos marinos	Muestreos en, al menos, dos de los sitios (Punta Vargas y Punta Cahuita) con un total de 66 parcelas, utilizando cuadrantes de 50x50 cm, para estimar la cobertura de los pastos marinos y las comunidades de algas.	Al menos una vez en cada estación del año (seca y lluviosa)	Investigadores, Universidades, SINAC, ACLAC, Consejo local	ONG, Guardaparques, Guías locales
Monitoreo de las especies asociadas	Muestreos en las mismas parcelas del monitoreo de cobertura, se cuentan e identifican la riqueza	Al menos una vez en cada época del año	Investigadores, Universidades, SINAC, ACLAC, Consejo local	ONG, Guardaparques, Guías locales
Sedimentación	Colocación de tres trampas para sedimentos, en los sitios muestreados Punta Vargas, Medio y Punta Cahuita. Recolección del material, secarlo y pesarlo, según lo descrito por Araya-Vargas (2017).	Cada 6 meses	Investigadores, Universidades y ONG	SINAC, ACLAC, Consejo local

Continúa cuadro 9...

Acción	Metodología	Periodicidad	Responsables	Socios
Parámetros físicos-químicos	Medición de parámetros físicos-químicos como pH, temperatura, salinidad, nitrógeno, fósforo y nutrientes en las parcelas definidas anteriormente para la cobertura y diversidad de pastos marinos, para darle seguimiento a los cambios temporales.	Cada 3 meses	Investigadores Universidades y ONG	SINAC, ACLAC, Consejo local
Educación ambiental	Desarrollar talleres enfocados en las temáticas de: importancia y la diversidad de este ecosistema. Dirigido a los guías locales, tour-operadores, pescadores y consejo local otorgando certificado de aprovechamiento.	Anual	Investigadores, Universidades	SINAC, ACLAC, INA, ICT, MS
	Talleres sobre los pastos marinos cuyo grupo meta son la primaria y secundaria de la comunidad de Cahuita, para sensibilizar para su conservación.	Anual	Investigadores, Universidades, SINAC, ACLAC, Consejo local	INA, ICT, ONG's, MEP, MS

Continúa cuadro 9...

Acción	Metodología	Periodicidad	Responsables	Socios
Educación ambiental	Propiciar un acercamiento con las personas del consejo local y miembros del ACLAC para reconocer la importancia que tiene el ecosistema mediante talleres o charlas especializada con la finalidad de favorecer a la toma de decisiones informadas.	Anual	Investigadores, Universidades	SINAC, ACLAC, INA, ICT
Sendero submarino	Desarrollar un módulo en el INA sobre la conservación, importancia, diversidad u otros, para la formación de guías locales	Anual	INA	Universidades Investigadores
Capacidad de carga	Crear un sendero submarino en el que los visitantes realicen snorkel con un guía local para observar el ecosistema y las especies asociadas. Realizar en el sendero submarino, el análisis de la capacidad de carga, respecto a la visitación en temporada alta como temporada baja.	Anual	SINAC, ACLAC, Consejo local Investigadores, Universidades, SINAC, ACLAC, Consejo local	Investigadores, Universidades Pescadores, guías locales y tour operadores

Continúa cuadro 9...

Acción	Metodología	Periodicidad	Responsables	Socios
Rotulación de las zonas con pastos marinos	Darle seguimiento a la cobertura de los parches de pastos marinos para percibir la evolución y conservación en el que se encuentran.	Anual	Investigadores, Universidades, SINAC, ACLAC, Consejo local	Pescadores, guías locales y tour operadores
	Colocar rotulación de identificación de elementos y/o interpretativa, con el fin de que los visitantes de está ASP puedan encontrar los sitios con pastos marinos y los cuidados que se deben tener para evitar su alteración.	Anual	Investigadores, Universidades	SINAC, ACLAC, Consejo local
	Implementar códigos QR en los rótulos para que los visitantes puedan obtener descripción del ecosistema, la importancia del ecosistema en sí, de las especies tanto de pastos marinos como las que están asociados con ellos y de los servicios ecosistémicos.	Anual	Investigadores, Universidades	SINAC, ACLAC, Consejo local

Continúa cuadro 9...

Acción	Metodología	Periodicidad	Responsables	Socios
Cierre de playas	Restringir el ingreso de turistas y tour-operadores a las playas donde se encuentren pastos marinos, al menos por un mes, cuando estos se encuentren fenológicamente activos, esto ocurre en mayo que aparecen flores y en agosto que aparecen los frutos, en <i>T. testudinum</i> (Nielsen-Muñoz y Cortés, 2008) para que el polen y las semillas pueda distribuirse ampliamente y se de recuperación natural.	2 meses	SINAC, ACLAC, ICT	Universidades, Investigadores, Consejo local Guías locales Tour-operadores
Información entrada del PNC	Colocar folletos informativos en las casetillas de entrada (en Punta Vargas y Punta Cahuita), sobre investigaciones que se realizan en el ecosistema, daños que se pueden causar por mal uso del recurso, daños previstos por cambio climático y proyectos a futuro que se pueden realizar. Además de darse a conocer la importancia de las praderas de pastos marinos, porque deben se protegerse y conservarse. La vida marina que está asociada a este ecosistema y los cuidados de los turistas al ingresar en ellos	Periódico	Investigadores, Universidades SINAC, ACLAC, ICT	ONG Consejo local Asociación de desarrollo Asociación de pescadores

Continúa cuadro 9...

Acción	Metodología	Periodicidad	Responsables	Socios
Restauración	Desarrollar una propuesta experimental para colocar viveros con el fin de cultivar <i>T. testudinum</i> y <i>S. filiforme</i> para realizar la restauración ecológica en las zonas donde se ha documentado la presencia de estas especies y ha disminuido la cobertura o se ha perdido.	Una vez	Investigadores, Universidades	SINAC, ACLAC, ONG Consejo local
Manejo de desechos sólidos	Realizar talleres con los miembros de la comunidad con el fin de sensibilizarlos para reciclar, reutilizar o reducir los desechos que utilizan en su vida cotidiana.	Cada 6 meses	Universidades Municipalidad de Tlamanca	Gestores ambientales
	Colocar en la comunidad de Cahuita y alrededores basureros rotulados para depositar los diferentes desechos sólidos.	Anual	Gestores ambientales	Municipalidad de Tlamanca
	Realizar campañas de recolección de estos desechos para que no sean desechados en los ríos o lleguen al mar	Cada mes	Municipalidad de Tlamanca Consejo local	Gestores ambientales

Continúa cuadro 9...

Acción	Metodología	Periodicidad	Responsables	Socios
Buenas prácticas en el cultivo de Banano	Acercamientos con las personas que tengan a cargo la administración de las fincas o los dueños para que se implementen talleres, charlas o afines que tengan como contenido las buenas prácticas agrícolas (buen manejo de desechos sólidos, uso de pesticidas orgánicos, entre otros) amigables con la naturaleza	Anual	Ministerio de Agricultura y Ganadería	SINAC, INA, Municipalidad de Talamanca
	Estimar el uso de bio-plaguicidas para el manejo de plagas y enfermedades, con la finalidad de que sean amigables con la naturaleza.	Una vez a la semana	Ministerio de Agricultura y Ganadería	MS, SINAC, INTA, SFE SINAC, CHEMTICA
	Valorar el uso de controladores biológicos para el manejo de plagas y enfermedades	Una vez a la semana	Ministerio de Agricultura y Ganadería	MS, INTA, SFE, SINAC, CHEMTICA
	Calibración del equipo para la aplicación de plaguicidas para que se descargue la cantidad de ingrediente activo justo que el profesional a cargo calculó de acuerdo con el área a aplicar	Al menos una vez en cada época del año	Ministerio de Agricultura y Ganadería	SINAC, MS, SFE

Continúa cuadro 9...

Acción	Metodología	Periodicidad	Responsables	Socios
Buenas prácticas en el cultivo de Banano	Implementación de bio-membranas en los costados de los canales principales de drenaje para evitar el arrastre de sedimentos	Anual	Ministerio de Agricultura y Ganadería	SINAC, MS, SFE
	Implementación de coberturas vegetales en los bordes de los canales y en el interior de la plantación, utilizando plantas de la familia Fabácea que a su vez permitan la fijación de nitrógeno atmosférico (García-Girón, 2020)	Anual	Ministerio de Agricultura y Ganadería	SINAC, MS, SFE
	Manejo de densidades de siembra, en la parte terrestre, adecuadas en las plantaciones con la finalidad de no aplicar excesiva cantidad de plaguicidas y fertilizantes	Anual	Ministerio de Agricultura y Ganadería	SINAC, MS, SFE
	Implementación de camas biológicas para manejo de residuos de plaguicidas	Anual	Ministerio de Agricultura y Ganadería	SINAC, MS, SFE
	Monitoreo constante y permanente de las plagas y enfermedades en el cultivo con el fin de determinar la necesidad del manejo de estas	Semanal	Ministerio de Agricultura y Ganadería	SINAC, MS, SFE

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 Distribución y cobertura de pastos marinos

En la Gran Barrera de coral se encontró la distribución de los pastos marinos en una franja longitudinal paralela a la costa y cerca de la laguna arrecifal (Coles, Rasheed, McKenzie, Grech, York, Sheaves, McKenna y Bryant, 2015), mientras que en países como Colombia reportaron una extensión de las praderas de pastos marinos de 100 m<sup>2</sup> con una cobertura mayor al 30 % (Díaz, Gómez-López, Barrios y Montoya, 2003), en este estudio, al igual que en la Gran Barrera de coral, los pastos marinos se encuentran cercanos a la costa y la cobertura de estos no fue constante, presentó variaciones en los diferentes sitios y las profundidades, esto puede deberse al fuerte oleaje en la época lluviosa.

Este fuerte oleaje se intensifica al llegar a la costa, además de que la costa Caribeña tiene una plataforma continental angosta, por lo que la misma está muy cercana al continente (Lizano, 2006), por lo que los sedimentos terrígenos que son arrastrados desde el continente tienen aporte de nutrientes a los pastos marinos (Orth, 2016) que en esta zona del PNC están cercanos a la orilla, aunque estos nutrientes pueden variar en los diferentes sitios por efecto de los movimientos de las corrientes que los llevan en diferentes direcciones (Lizano, 2006).

Además, al ser el Mar Caribe un ambiente oligotrófico, no se encuentran altas cantidades de fitoplancton en la zona fótica; sin embargo, las especies que se encuentran en el fitoplancton pueden competir con las fanerógamas marinas por nutrientes y por la disponibilidad de la luz para realizar los procesos de fotosíntesis (Aguirre y Salmerón, 2015), esto puede explicar que no se encontraran coberturas de más del 90 %.

Las dos especies observadas, *T. testudinum* y *S. filiforme*, fueron reportadas por diversos autores (Martínez-Daranas 2007, van Tussenbroek et al. 2014 y Castillo-Torres 2002) para el Gran Caribe y específicamente, se han reportado para el PNC por Fonseca et al. (2006), Nielsen y Cortés (2008), Cortés y Wehrtmann (2009), y Samper-Villarreal et al. (2018).

*S. filiforme* domina las praderas que han sufrido perturbaciones naturales o antrópicas, debido a que es pionera oportunista, tolerando condiciones de sedimento menos favorable para otras especies. Esta condición puede estar presentándose en Punta Cahuita. Por el contrario, *T. testudinum* se instala en sucesiones tardías, pero ambas pueden coexistir en praderas en estado clímax (Bricker, Waycott, Calladine, y Zieman, 2011). Por lo que esta condición puede presentarse en Punta Vargas y en sitio medio.

Por otra parte, *S. filiforme* es un importante productor primario con tasas de renovación mayores que *T. testudinum*, por lo que puede dispersarse con mayor rapidez siendo un estratega *r* (Bijak, van Dijk y Waycott, 2018). Sin embargo, muestra alta tasa de mortalidad, debido que requiere más nutrientes debido a que no posee un sistema de almacenamiento y reciclaje (Gallegos, Merino, Rodríguez, Marba y Duarte, 1994).

Con respecto a lo mencionado con la mortalidad, coincide con lo observado en este estudio, al presentarse condiciones ambientales poco favorables como fue el aumento en la turbidez del agua, se da una menor penetración de luz; por ende, menor la tasa fotosintética, lo que evita el crecimiento de la especie de *S. filiforme*, además estas condiciones limitan la fijación de CO<sub>2</sub>, que contribuiría a mitigar el cambio climático.

Según Duarte, Marbá, Krause-Jensen y Sánchez-Camacho (2007) la batimetría es uno de los factores que puede explicar la baja cobertura de los pastos marinos, los brotes que se encuentran en aguas poco profundas o están muy cercanos a la costa (entre los 0 y 2 m), debido a que se encuentran con condiciones ambientales estresantes que influyen en la cobertura. Esto se observó en las fanerógamas marinas del PNC, no se observó en ninguno de los sitios una cobertura total.

Como ejemplo de lo citado, las condiciones ambientales no favorables por efecto de la batimetría en este ecosistema son la alta exposición del oleaje por un alto periodo de tiempo, alta irradiancia por la exposición directa a los rayos solares por largos periodos de tiempo entre las mareas, los veranos muy cálidos y eventos

naturales extremos. Como se pudo observar en abril, cuando las condiciones del tiempo pudieron haber presentado un alto oleaje.

Además, March et al. (2013) determinaron que las velocidades orbitales cercanas al fondo del lecho marino influyen en la distribución de los pastos marinos. Por otra parte, estudios realizados por Bekkby et al. (2008) en la costa este de Noruega, demostraron la disminución de la cobertura de la especie *Z. marina*, al haber fuertes oleajes; sin embargo, se encontró que el mecanismo de esta especie es crecer en áreas protegidas contra este fuerte oleaje, en este estudio se observó crecimiento en los alrededores de las rocas en el sitio medio.

También la hidrodinámica influye en la cobertura de los pastos marinos, de acuerdo con Krause-Jensen, Foldager y Jensen (2003) se da una disminución en la cobertura, brotes y/o la biomasa cuando son expuestos a fuertes oleajes que son estimulados por los fuertes vientos y estos son provocados por condiciones climáticas adversas o extremas como las tormentas o los huracanes, esto puede asociarse con la disminución en la cobertura de *S. filiforme* en el 2021.

Estos fuertes vientos pueden causar el deterioro de este ecosistema, debido a la limitada interacción entre el fondo marino, y las olas superficiales provocan resuspensión de la arena, moviéndose de las dunas sub-acuáticas y; por ende, puede darse la muerte al quedar estos brotes enterrados al descender estos sedimentos (Marba y Duarte, 1995; Vacchi, Montefalcone, Bianchi, Morri y Ferrari, 2012).

Fonseca, Whitfield, Kelly y Bell (2002) y Vacchi et al. (2010) reportaron que el fuerte oleaje asociado con un evento extremo, en sitios con profundidad baja, ocasiona daño en parches o praderas completas. Sin embargo, esta mortalidad tiene su efecto positivo al renovar estos parches, por lo que estos se encuentran en constante recolonización.

Esta variable no fue considerada en este trabajo. Sin embargo, en abril, se observó que las hojas de *T. testudinum* flotaban en la columna de agua en mayor

cantidad en el transecto medio. Este periodo corresponde a la época lluviosa, las condiciones del clima fueron diferentes a las del mes de septiembre que fue un periodo seco, por lo que el oleaje fue más fuerte, el viento fue mayor y hubo mayores niveles de precipitación en el Caribe Sur, según lo reportado por el IMN (2021).

Otro factor es la incidencia de la luz y la profundidad, que de acuerdo con Krause-Jensen et al. (2003), las profundidades intermedias muestran mayor cobertura, porque los niveles de luz son moderados. Los autores proponen que, cuando ocurre un aumento en los niveles de luz, se presenta una disminución en la cobertura por efecto de la fotoinhibición o por la radiación ultravioleta o una amalgama de factores como la exposición de las olas o la desecación de las hojas cuando quedan expuestas durante la marea baja.

Algo semejante ocurre con este estudio, en la zona de Punta Vargas, en la profundidad media, donde se presentó mayor cobertura de *T. testudinum* en ambos años de muestreo. De igual modo, *S. filiforme* presentó en los sitios de Punta Vargas y Medio, el comportamiento descrito por Krause-Jensen et al. (2003), donde se encontró la mayor cobertura de esta especie en el sitio intermedio (transecto medio).

A diferencia con lo anterior, *T. testudinum* presentó la mayor cobertura en el transecto somero, esto puede deberse a que la profundidad de los sebadales del PNC no presenta grandes cambios en la columna de agua en los diferentes transectos. Asimismo, los cambios de las oscilaciones en las mareas no son tan amplios como en el Pacífico (Lizano, 2006), es decir, en marea baja no se da un gran cambio en la profundidad, por lo que no dejan tan expuestos los brotes en la parte más somera.

En relación con el sedimento, las fanerógamas marinas requieren cierta profundidad para poder desarrollar sus raíces y poder anclarse para que los movimientos del agua no los desentierren y así absorber del medio los nutrientes que necesitan para su buen desarrollo, por ejemplo, *T. testudinum* puede encontrarse en sitios que presenten capas delgadas de sedimentos (Gómez-López,

Díaz y Barrios, 2003), mientras que *S. filiforme* presenta una preferencia por los granos gruesos (Castillo-Torres, 2002).

Greve y Krause-Jensen (2005) reportaron que en zonas poco profundas y con altos niveles de turbidez se dan altas concentraciones de nutrientes, favoreciendo las floraciones algales, que a su vez pueden afectar el ecosistema. Por lo que, al haber baja penetración de luz en la columna de agua, debido a las floraciones algales se pueden alcanzar altos niveles de toxinas o hipoxia al haber consumido todo el oxígeno disponible. Condiciones que pueden afectar a los pastos marinos al haber competencia con el fitoplancton ya que tiene los mismos requerimientos de longitud de onda.

Además de los factores mencionados, el pastoreo de aves acuáticas, los peces e invertebrados marinos, la bioturbación, las interacciones de los epífitos, las macroalgas flotantes y veranos cálidos tienden a influir en la cobertura, densidad, tamaño de los brotes y biomasa de estas plantas (Krause-Jensen et al., 2003), algunos de estos factores se observaron en este estudio, como la turbidez, el pastoreo, interacciones de los epífitos y las macroalgas flotantes.

Se debe agregar que existen algunos requerimientos en las condiciones ambientales como la temperatura, salinidad, disponibilidad de oxígeno, disposición de nutrientes que influye en la distribución, biomasa y en la tasa de crecimiento y la distribución espacio temporal (Van Tussenbroek et al., 2014).

Uno de los factores más importantes son las fluctuaciones en la salinidad, esto pueden ocurrir por sequías o la concentración de las precipitaciones en algunas zonas, mientras que en otras no, tal es el caso del Caribe Sur que las precipitaciones fueron mayores en el mes de abril, mientras que en septiembre fue lo opuesto (IMN, 2021). También, por el escaso intercambio entre los ríos o lagunas cercanas al mar, como consecuencia del represamiento de los ríos cercanos o la construcción de los viaductos que influyen directamente sobre el lecho marino (Björk, Short, McLeod y Beer, 2008).

Tal es el caso de las bahías de Perros en Cuba, donde los valores de la salinidad rondaban los 80-85 PSU, lo que provocó la reducción casi por completo de pastos marinos y las algas. Para mitigar este impacto, se realizaron obras de mitigación propiciado la reaparición de algunos parches de esta vegetación, lo que contribuyó, además, a aumentar la abundancia de los peces aptos para la pesca de menor escala (Martínez-Daranas et al., 2007).

Contrariamente, la descarga de agua dulce tiene efectos negativos debido a que ocurre la dilución en la concentración de la salinidad, causando estrés osmótico (Björk et al., 2008). En algunos estudios, se ha observado que *T. hemprichii* presenta una disminución en el crecimiento de las hojas y la reducción en el número de brotes. Mientras que en *T. testudinum* ocurren mortalidades por estos cambios (Jiang, Huang y Zhang, 2013). Del mismo modo, ocurrió en el mes de abril del 2020, cuando hubo mayor influencia de agua dulce por las lluvias, los parches de pastos marinos en el PNC se vieron afectados, reduciendo la cobertura. Sin embargo, esta especie puede adaptarse a sobrevivir en salinidades de hasta 3,58 PSU. Entre estas adaptaciones están el mayor número y grosor de hojas, raíces y rizomas desarrollados y carnosos (Arellano-Méndez, 2004). En este estudio, hubo diferencia en la salinidad lo que pudo contribuir en el cambio de la cobertura entre los dos años.

Asimismo, la abundancia de *T. testudinum* se evaluó en el 2008 en el PNC, estando correlacionada con la temperatura mínima del agua, debido a que el aumento de la temperatura puede provocar estrés térmico en las hojas. También, estuvo inversamente correlacionada con el brillo solar, la temperatura atmosférica, la precipitación y las mareas (Nielsen-Muñoz y Cortés, 2008).

Nielsen-Muñoz y Cortés (2008) encontraron que la temperatura del agua fue superior a la encontrada en los años 2020 y 2021, mientras la salinidad que reportaron fue menor que en dichos periodos. En septiembre 2020, se obtuvo mayor cobertura y más frecuencia de aparición de *S. filiforme*, mientras que, en abril, cuando hubo mayores precipitaciones, se presentó mayor salinidad, mayor

humedad, pero una menor temperatura en el agua y atmosférica. También, presentó descenso en la cobertura de esa especie y un menor porcentaje de cobertura de las fanerógamas marinas y algas.

A su vez, el aporte de agua dulce subterránea o por escorrentía superficial se encuentra relacionado con mayor desarrollo de biomasa, densidad e índice de área foliar. Por tanto, las precipitaciones y el aporte de nutrientes ofrecen las condiciones propicias para el desarrollo de los pastos marinos (Arellano-Méndez et al., 2016). Lo anterior puede explicar el aumento en la cobertura de microalgas, durante 2021, caso contrario a este aumento se dio un descenso en la cobertura de *S. filiforme*, probablemente porque esta especie es más sensible a los cambios que se dan en el entorno.

Durante 2021, aumentó la salinidad, pero la temperatura del agua disminuyó, probablemente asociado con las descargas de agua dulce debido a las precipitaciones y el aporte de los ríos cercanos. En contraste con las condiciones que se dieron en el 2020, durante la época seca, donde se reduce el aporte de agua dulce.

En el 2021, la cobertura disminuyó respecto al muestreo del 2020, con el predominio de *T. testudinum* en ambos periodos (2020-2021). El cambio, en la cobertura podría explicarse por estrés osmótico sufrido por cambio en salinidad (Björk et al., 2008) (2,44 PSU) y de la temperatura (1,9 °C) en un periodo de seis meses.

En el PNC, Samper-Villarreal et al. (2021) compararon los valores de salinidad y de temperatura de estudios que se realizaron previamente en esta misma zona por diferentes autores y en diferentes años (Loría-Naranjo, Samper-Villarreal, Sandoval-Siles y Cortés 2018). Con respecto a la temperatura, en los años 1993 y 2018, estos fueron similares a los obtenidos en este estudio, pero la salinidad presentó variaciones con respecto a lo encontrado en este estudio en dos periodos de tiempo, los cuales fueron el 2001 y en el 2018, donde los valores estuvieron por debajo de los 27 PSU.

Además, Samper-Villarreal et al. (2021) reportaron valores del oxígeno disuelto (6,9 mg/L); sin embargo, esta no se puede comparar con años anteriores, como se realizó con las variables de salinidad y temperatura, debido a que esta variable que no fue tomada en cuenta en estudios anteriores, aunque, para en el presente estudio, los valores fueron mayores que los tomados en el 2018.

Por otra parte, las praderas de pastos marinos contribuyen con la mitigación de los procesos erosivos en la playa producidos por los oleajes generados por eventos hidrometeorológicos. Las altas densidades y/o coberturas, contribuyen a que los niveles del transporte transversal de arena sean bajos y queden retenidos en la orilla (Rodríguez, Córdoba, Franco y Rueda, 2009). En este estudio se pudo observar los granos de arena suspendidos por medio del oleaje, eran retenidos entre las hojas de los pastos marinos.

Además, el aumento en el nivel del mar, el aumento en la temperatura del aire y el derretimiento de los casquetes polares pueden ser los causantes del acrecentamiento de la erosión de las playas, por lo que, para contrarrestar este fenómeno el perfil de playa intenta adaptarse a los cambios buscando un equilibrio, pero esto requiere una cantidad extra de sedimentos (Bruun, 1988). En el PNC, la reducción de la cobertura de pastos puede estar contribuyendo a los procesos erosivos.

## **5.2 Diversidad de especies asociadas con las praderas de pastos marinos**

La diversidad de los organismos asociados con los pastos marinos depende de factores como la cercanía con otros ecosistemas heterogéneos como es el caso el arrecife de coral o una playa rocosa (Torres-Castillo, 2002). La pradera de fanerógamas marinas del PNC se caracteriza porque tiene influencia de ambos ecosistemas, en el sitio medio se encontró playa rocosa donde se pudieron observar cangrejos, quitones y gran variedad de moluscos aumentando la riqueza del sitio, aunque este sebadal comparte espacio con playa rocosa y arrecife de coral, no en todas las parcelas se encontraron especies asociadas específicamente a estos

hábitats como lo han reportado algunos autores como Torres-Castillo (2002); Ospina-Hoyos et al. (2014) y Gómez-López et al. (2003).

A su vez, se debe tomar en cuenta la fuerza del oleaje, esta dificulta que diferentes organismos o microorganismos se asienten en las hojas de las plantas o en el sedimento, como lo afirmaron Ospina-Hoyos et al. (2014) y Prieto, Sant y Lodeiros (2003), al obtener una menor diversidad por el fuerte oleaje y que también se pudo observar en este trabajo en la época lluviosa, donde hubo una menor cantidad de taxones. Así, por ejemplo, no se observaron peces óseos ni poliquetos.

Por el contrario, se debe tomar en cuenta la influencia del tamaño de las hojas de los pastos marinos, estas al tener mayor longitud reducen la energía que se da por la fricción de la hoja con la columna de agua influenciado por las corrientes, lo que favorecen a cambiar la estructura de las comunidades que crecen en ese ecosistema, generando refugio y un menor ataque de los depredadores, lo que aumenta la riqueza y abundancia de especies (González-Gándara, Trinidad-Martínez y Chávez-Morales, 2006).

Además, se deben agregar las diferencias en la meiofauna, en cuanto a la riqueza y la abundancia, por los cambios ambientales que pueden ocurrir estacionalmente y la variación dependiente de escala como lo son los eventos naturales extremos o las descargas de ríos. Asimismo, la distribución es dependiente de la escala espacial como las estaciones (decenas de metros) o entre las localidades (decenas de kilómetros) y las corrientes que influyen en la heterogeneidad de las comunidades (Armenteros et al., 2008).

Más aun, este ecosistema presenta una gran complejidad de hábitats para especies bentónicas como el sedimento, las hojas en descomposición y un dosel bajo, características que no ofrecen otros ecosistemas. Otro rasgo es la calidad de los detritos, al tener un buen valor nutricional y que estén disponibles para ser ingeridos favorece la presencia de meiofauna y esta, a su vez, es importante en la cadena trófica aumentando la biomasa de macrofauna presente (Armenteros et al., 2007).

En relación con el grupo taxonómico Porifera, su abundancia asociada a praderas de fanerógamas es muy baja, por ejemplo, Gómez-López et al. (2003) reportaron dos especies, mientras Otero y Romani (2009) encontraron ocho en periodo lluvioso, adheridos en los tallos de *T. testudinum*. Para esta investigación, se encontraron dos, esto puede deberse a cambios en los parámetros fisicoquímicos, a las corrientes que se pueden llevar para otros sitios las espículas o no se encuentran los sitios adecuados para el asentamiento de otras especies.

Con respecto al grupo taxonómico de los cnidarios, en Colombia Barrios, Gómez-López y Montoya (2003) concuerdan con el presente trabajo al ser el coral *S. radians* la especie con mayor frecuencia de ocurrencia, describiéndola como un habitante típico y dominante del sebadal. Algo semejante sucedió con lo reportado por Bustamante, Hernández-Fernández y Pina-Amargós, (2015) en la provincia de Ciego de Ávila, Cuba, donde fue muy abundante en el único sitio de muestreo en el que apareció.

Por otra parte, Gómez-López et al. (2003) recopilaron para la región de Colombia, la presencia del coral *Mancina areolata* (Linnaeus, 1758). En esta tesis se pudo observar en diferentes sitios; sin embargo, se encontró muerto. Según Bustamante et al. (2015), esta especie requiere de sustrato firme en su etapa inicial y utiliza los pastos marinos para fijarse. Además, estos mismos autores reportaron cuatro especies de corales pétreos (*P. porites*, *P. furcata*, *P. divaricata*, *P. asteroides*), además de los dos mencionados, como, por ejemplo, *P. porites* (Pallas, 1766), que se encontró entre el escombros de coral.

Por otra parte, en el Caribe colombiano, autores como Ospina-Hoyos et al. (2014) reportaron once especies diferentes del subfilo crustácea, entre estos se encontraron diferentes ordenes como los Isópodos, Grammaridae y Decápoda, de este último orden, los más frecuentes fueron los camarones de la familia Penneidae, en este estudio también se encontraron estos ordenes con excepción de los isópodos. Además, Otero y Romani (2009) en Morrosquillo, reportaron que el subfilo crustácea fue el grupo taxonómico más numeroso, y los órdenes más frecuentes

fueron anfípodos y decápodos en específico los camarones, que fueron más abundantes en época lluviosa, debido a que son organismos eurihalinos y su metabolismo aumenta cuando la salinidad es baja. Mientras que Gómez-López et al. (2003) mencionaron el orden Decápoda, con dos especies, langostas y camarones.

Asimismo, Armenteros, Williams, Creagh y Capetillo (2008) reportaron la presencia, en el Golfo Batabanó, Cuba, los órdenes Ostrácoda, Tanaidacea y Copépoda. Además, Franke (2003) reportó órdenes como Tanaidacea, Isópoda, Anomuros, Decápoda y Anfípoda. Por otra parte, Parker, Duffy y Orth (2001) en la Bahía de Chesapeake reportaron la presencia de isópodos y anfípodos como los grupos más abundantes.

Mientras que, para esta tesis, hay una coincidencia con lo reportado en los trabajos mencionados, se tiene alta diversidad de organismos debido a que las hojas de los pastos marinos funcionan como refugio para estos. Los cangrejos ermitaños mostraron la mayor frecuencia de aparición y fueron los más diversos, ya que se encontraron seis especies en la pradera de fanerógamas marinas, coincidiendo con lo reportado por Otero y Rumani (2009) en los sitios que se encuentran muchas conchas vacías de gasterópodos, se pueden encontrar más cangrejos ermitaños, debido a que estos pueden encontrar conchas disponibles como las del género *Cerithium*.

Por otro lado, los moluscos son el grupo taxonómico más encontrado en diferentes estudios, Ospina-Hoyos et al. (2014); Díaz, Barrios y Gómez, (2003); Gómez-López et al. (2003); Prieto et al. (2003); Otero y Romani (2009) reportaron la especie *Cerithium* como la más abundante de los gasterópodos; además, en los diferentes estudios se reportaron más de 30 especies, siendo los bivalvos los que se encontraron en menor cantidad. Hay que mencionar, además, la especie *Modulus modulus* fue la más frecuente en los pastos marinos, la mayoría de los individuos encontrados fue de los 0 a 6 metros de profundidad en la pradera de *T. testudinum*.

Asimismo, en este estudio se encontraron cinco especies diferentes de gasterópodos, siendo *C. atratum*, la especie con mayor frecuencia de aparición, además en Colombia y Venezuela coincide con lo encontrado en este estudio (Ospina et al., 2014; Castillo-Torres, 2002; Díaz et al., 2003; Prieto et al., 2003).

Conviene subrayar que, en esta investigación, no se encontraron bivalvos asociados con estas fanerógamas marinas, pero si se encontraron las conchas abiertas o quebradas en la mayoría de las parcelas, que podría deberse a conchas que fueron arrastradas por las corrientes de sitios colindantes hacia la pradera de pastos marinos.

Además, se pudo observar algunos individuos de *Aliger gigas* en etapa juvenil, reforzando lo indicado por autores como Herrera y Teutli (2017), quienes indican que este ecosistema es importante por el refugio que ofrece a los juveniles y también se encontró *Smaragdia viridris*, al igual que lo reportado por Ospina-Hoyos et al. (2014) que es un organismo epífito de *T. testudinum* y es importante para la diversidad de especies asociados con los sebadales.

Los poliquetos son el grupo con mayor dominancia en los ambientes bentónicos, Otero y Romani (2009) reportaron once familias con una alta cantidad de individuos (102); sin embargo, este grupo fue el menos abundante en otras investigaciones, por ejemplo, la de Hospina-Hoyos et al. (2014), donde solo se reportaron tres especies, mientras que Armenteros et al. (2008) y Barrios et al. (2003) reportaron solo dos, entre la que se encontró fue *Hermodice carunculata* acorde con esta tesis y, además, se encontró en las muestras de agua, la especie *Platynereis*.

Por otra parte, el equinodermos, *D. antillarum* no fue reportada en el PNC en investigaciones previas a este estudio, sin embargo Bolaños, Bourg, Gómez y Alvarado (2005) reportaron las especies *Tripneustes ventricosus* y *Lytechinus variegatus*, en el PNC los cuales se alimentan de las hojas de *T. testudinum* y se cubre de la radiación solar con las mismas hojas, pero en el 2003 se reportó una alta mortalidad de *L. variegatus* probablemente por elevadas temperaturas del agua,

por lo que debería tomarse en cuenta en futuros estudios ya que esta alta mortalidad podría afectar a otras especies.

Además, Otero y Romani (2009) observaron tres especies de equinodermos, explicando que su diversidad pudo ser baja en temporada lluviosa debido a los cambios en la salinidad. Gómez-López et al. (2003) también reportaron tres, entre los cuales se encontró *H. mexicana* coincidiendo con lo encontrado en esta tesis, pero no fue encontrada en estudios anteriores en el PNC, como el de Bolaños et al. (2005).

En relación con los osteichthyies, Ospina-Hoyos et al. (2014) en Colombia y Gómez-López et al. (2003) en Colombia, reportaron dos especies asociadas con las praderas de *T. testudinum*. En cambio, Rodríguez-Ramírez (2003) reportó en Islas Grande y Rosario, en la región de Cartagena de Indias en Colombia, un total de 34 especies de peces en etapa juvenil. Mientras que en este se encontraron seis especies, todas en estado juvenil.

Por su parte, en Venezuela, Ariza, Núñez, Ruiz y Méndez (2011) encontraron 83 especies, la mayoría fueron en etapa juvenil, de las cuales el 20 % son de importancia para las pesquerías y el 61 % es utilizado para pesca de subsistencia, además la especie *Sparisoma radians* tiene gran potencial para la explotación comercial en pesquerías.

González-Gándara et al. (2006) en México reportaron cuatro especies principales como las más importantes en cuanto el aporte en biomasa, siendo el loro *S. radians*, el que apareció con mayor frecuencia y ha sido reportado por distintos autores en diferentes países, relacionado con praderas de pastos marinos.

Por otra parte, Gudiel (2016) en Guatemala encontró seis especies de importancia comercial, mientras que Bustamante et al. (2015) reportaron 20, en ambos estudios y en esta tesis se encontró *L. apodus* y *Eucinostomus* sp. coincidiendo con el estudio citado anteriormente.

Por otra parte, las especies de pargo que fueron las más abundantes: *L. apodus* y *L. synagris* tienen hábitos alimenticios carnívoros, alimentándose de peces pequeños, camarones, cangrejos, gusanos, gasterópodos y cefalópodos, mientras que el lábrido el cual fue una especie rara *T. bifasciatum* se alimenta de zooplancton y pequeños animales bentónicos, por lo que estas especies se pueden encontrar asociados con los pastos marinos donde se pueden alimentar por la diversidad de este ecosistema (Froese y Pauly, 2021).

Además, *S. fusus* que es un individuo de la familia Pomacentridae y esta fue una especie constante en las fanerógamas marinas del PNC se alimenta de algas bentónicas, poliquetos, copépodos y esponjas por último de la familia mugilidae, el *M. curema* se alimenta preferiblemente de algas microscópicas y filamentosas y juveniles de organismos planctónicos, siendo los pastos marinos un ecosistema donde se pueden encontrar todas estas especies, es común encontrar estos peces en pastos marinos, arrecifes de coral o manglares (Froese y Pauly, 2021).

En otros estudios, diferentes autores reportaron la presencia de otros grupos taxonómicos como los platelmintos, sipuncúlidos y nemermitos (Otero y Romani, 2009), nemátodos y acari (Armentos et al., 2008), ascideas y manatíes en praderas de fanerógamas (Gómez-López, 2003); sin embargo, en este trabajo estos grupos no se encontraron.

Además, en esta investigación se pudieron observar especies como el tiburón nodriza *Ginglymostoma cirratum* que en etapa juvenil tienen preferencia por seadales poco profundos de pasto tortuga (*T. testudinum*) o arrecifes de coral (Compagno, Dando y Fowler, 2005) y la especie de raya látigo *Hypanus americanus* la cual se puede encontrar en aguas poco profundas en bancos de arena y arrecifes rocosos (Freitas, Aguiar, Frietas, Lima y Valentin, 2019), además de pastos marinos como se observó en la época lluviosa y seca.

Con respecto a la presencia de las macroalgas, estas pueden ser la respuesta a la competencia por espacio y nutrientes con los pastos marinos. En praderas, la cobertura de algas aumenta cuando baja la cobertura de fanerógamas marinas

(Sidik, Bandeira, y Milchakova, 2001). Además, se observó que en los fondos donde dominó el escombros de coral, fueron dominados macroalgas de los géneros *Chaetomorpha* y *Sargassum*, debido a que es difícil de colonizar las estructuras de coral por parte de las fanerógamas marinas.

Se debe agregar que el tipo de sustrato influye en la riqueza de especies de las algas, ya que en fondos rocosos o duros tienen mayor diversidad, a diferencia de fondos lodosos de lagunas costeras donde hay menor diversidad. Las Chlorophytas del orden Bryopsidales son las algas que dominan en zonas donde se encuentran pastos marinos (Suárez y Martínez-Daranas, 2015). Por ejemplo, *P. capitatus*, género que se observó en este estudio, fue reportada con mayor complejidad morfológica, crecimiento lento y alta resistencia a la herbívora como estrategia para sobrevivir (Gómez y Martínez-Daranas, 2016).

Los géneros de algas *Padina*, *Sargassum*, *Anadyomene* encontrados en este estudio concuerdan con reportes anteriores en el Caribe de Colombia por Castillo-Torres (2002). Hay que mencionar que, en este estudio, se encontraron *Galaxaura*, *Chaetomorpha*, *Hypnea*, *Dictyosphaeria*, *Palisada* y *Champia*, la cual se encontró solamente en septiembre y la misma fue reportada por primera vez en Costa Rica por Samper-Villarreal, Bernecker y Whertmann (2008).

En cuanto a lo que se puede encontrar en el Gran Caribe, con respecto a las macroalgas asociadas con las fanerógamas marinas, se reportan con mayor frecuencia de aparición algas de las divisiones Chlorophyta, Rhodophyta y en menor frecuencia Ochrophyta, esto debido a que algunas Chlorophytas necesitan de sustrato para poder anclarse además de que se encuentran en sitios con predominio de arenas. Hay que mencionar que las Chlorophytas del orden de los Bryopsales y las Rodhophytas del orden Ceramiales fueron las más abundantes (Bustamante et al., 2015; Reyes y Martínez-Daranas, 2015; Gómez y Martínez-Daranas, 2016), coincidiendo con lo encontrado en este trabajo.

En cuanto a lo reportado por Bernecker y Wehrtmann (2009) en el PNC, las especies *Cladophora albida* (Nees) Kützinger; *Boodlea composita* (Harvey) F. Brand;

*Acetabularia myriospora* A.B. Joly y Cordeiro-Marina; *Bryopsis pennata* J.V. Lamouroux; *Avrainvillea longicaulis f. laxa* D.S. Littler y Littler; *Dictyota menstrualis* (Hoyt) Schnetter, Hörning y Weber-Peukert; *Neogoniolithon fosliei* (Heydrich) Setchell y L.R.; *Seirospora occidentalis* Børgesen Mason; *Thuretia borneyi* Vickers; *Chondrophycus poiteaui* (J.V. Lamouroux) K.W. Nam y *Dipterosiphonia rigens* (Shousboe ex C. Agardh) Falkenberg, se encontraron entre los meses de octubre a noviembre del 2001 al 2008, en Punta Cahuita, a profundidades de 0,5 a 1,5 m donde se da penetración de luz, sin embargo ninguna de estas coincide con lo encontrado en este trabajo debido a que no se realizaron muestreos en esos meses que las reportan, estas especies aportan diversidad al ecosistema por lo cual tienen su importancia ecológica.

Por otra parte, lo reportado por Bernecker y Wehrtmann (2009) en los sectores de Punta Vargas y Punta Cahuita, entre los años del 2001 al 2008 a profundidades de 0,5 a 1,5 m, fueron: *Derbesia fastigiata* W.R. Taylor y *D. turbinata* M. Howe et Hoyt y *Avrainvillea mazei* G. Murray y Boodl y *Amphiroa rigida* J.V. Lamouroux asociados con los pastos marinos, pero ninguna de estas especies se encontró para esta tesis, que pudo ser por la época del año en la que se realizaron los muestreos, debido a que estos muestrearon en Mayo, Junio u Octubre.

### **5.3 Diversidad de epibiontes**

La abundancia y la diversidad de los epifitos esta relacionada con la superficie de la hoja, los animales que se asocian a estas plantas buscan hábitats complejos y está asociada a la presencia de algas en las praderas de las fanerógamas marinas (Parker et al., 2001). En esta investigación, al coleccionar individuos del alga *G. rugosa* se pudieron observar varios individuos de una especie de molusco, al igual que los juveniles de camarón.

Por otra parte, el hidrozoo *K. halecioides* tuvo más frecuencia de aparición en las hojas de *T. testudinum* y no en las de *S. filiforme*, esto se podría explicar por la forma de la hoja de *T. testudinum*, que es más ancha y le ofrece más área para su desarrollo, además, puede proporcionarle un efecto de sombra a esta especie.

La longitud de las hojas de los pastos marinos tiene una relación positiva con la riqueza y la abundancia íctica (Aliaume, Lasserre y Louis, 1990), corroborado por González-Gándara et al. (2006) en los lugares donde las hojas presentaron las mayores longitudes se observaron las mayores densidades en número y biomasa, aunque también la estructura del sustrato y el oleaje pueden tener relación con la abundancia y riqueza del lugar. Esto coincide con lo encontrado en el presente trabajo, pues se halló más diversidad cuando hubo una mayor longitud de las hojas *T. testudinum* y *S. filiforme*.

En el Atlántico mexicano, durante la época seca, observaron que la mayor cantidad de especies epífitas, tanto en pastos marinos como en macroalgas, fueron algas de la división Rhodophyta las que tuvieron más frecuencia de aparición, además, reportaron que las algas filamentosas se encontraron en el 90 % de la superficie de la hoja de *T. testudinum* (Nava-Olvera, Mateo-Cid, Mendoza-González y García-López, 2017). La frecuencia de aparición de las Rhodophytas concordó con estudios realizados anteriormente en esa misma área y en el presente estudio.

En relación con las algas coralinas microscópicas como lo son las del género *Hydrolithon* y *Pneophyllum* fueron encontradas por diversos autores (Borowitzka Lavery y Keulen, 2006; Mateo-Cid et al. 2017; Nava-Olvera et al. 2017; Bustamante et al., 2015) en las hojas de *T. testudinum* sin diferenciar si la hoja del vástago es joven o vieja. Es en esto que reside el éxito reproductivo de las algas coralinas, las células de estas se pueden observar en las hojas, además por ser especies incrustantes son resistentes a los cambios del ambiente.

Por lo que se refiere a las algas mencionadas, estas se pudieron observar en esta investigación, donde la especie *P. fragile* apareció en todos los sitios muestreados, no solo en las hojas de *T. testudinum* sino que también apareció en *S. filiforme*. Aunado a esto, la especie *U. lens* fue otra epífita que se encontró frecuentemente en ambos periodos, estas especies son comunes en zonas de fanerógamas marinas debido a que son epífitas de estos y de macroalgas (Littler y Littler, 2000).

En Colombia, en la región de Cartagena y en la Guajira, se encontraron algas costrosas adheridas a las diferentes especies de pastos marinos tanto en las áreas necrosadas, las distales o en toda la superficie de la hoja. Pero se encontraron *Jania adherens*, *Amphiroa fragilissima* creciendo alrededor de los vástagos. Además, se pudieron observar animales epibiontes como los de familia Serpulidae, *Smaragdia viridris viridris*, *Crepidula convexa*, quitones, hidroideos y tunicados que se encontraron alrededor de los vástagos (Bustamante et al., 2015).

En cuanto a lo reportado en el PNC, por Bernecker y Wehrtmann (2009), se encontraron algas epífitas sobre los pastos marinos de Punta Cahuita como *Cladophora laetevirens* (Dillwyn) Kützing *Derbesia fastigiata* W.R. Taylor *C. salicornioides* Harvey, *C. brevizonatum var. caraibicum* H. E. Petersen y Børgesen. Las últimas dos especies también fueron encontradas en este estudio como epífitas de pastos marinos en los tres sitios muestreados.

Mientras que Samper- Villareal et al. (2008) reportaron 16 especies epífitas en *T. testudinum*, de las que coincidieron con esta investigación fueron: *D. mertensi*, *C. brevizonatum*, *C. salicornioides*, *H. spinella* y *P. fragile*, además se encontró *Ulvellia lens* que no había sido reportada anteriormente. Ahora bien, en esta investigación se encontraron las siguientes epífitas sobre *S. filiforme*, a saber, *C. salicornioides*, *H. spinella*, *P. fragile* y *C. cimbricum*.

Autores como Worm y Sommer (2000) encontraron la relación en el crecimiento de las epífitas con el aumento en los niveles de nutrientes, las primeras que proliferan son las macroalgas oportunistas (foliosa y filamentosas) y las microalgas y luego demás macroalgas (que no sean foliosas y filamentosas). Esta interrelación lleva a la competencia con los sebadales por esos nutrientes y por luz, provocando la disminución de la cobertura de las fanerógamas marinas por sombreado, la anoxia e incluso, pueden morir (Bustamante et al., 2015, Gómez y Martínez-Daranas, 2016).

El área foliar de estas plantas vasculares está relacionada con la turbidez del agua. Cuando está cristalina, las hojas pueden captar más luz, por lo que no

requieren gastar energía en el crecimiento de las hojas, por lo cual se pueden encontrar hojas más pequeñas. Por el contrario, lugares donde hay turbidez por la re-suspensión de los sedimentos finos se pueden encontrar hojas con mayor área foliar como lo mencionaron diversos autores como Erftemeijer y Koch, 2001; Torres-Castillo, 2002.

Por otra parte, al presentarse un incremento en los nutrientes, como nitrógeno y fósforo arrastrados por escorrentía desde los terrenos agrícolas da como resultado, el incremento del fitoplancton que tiene como consecuencia la reducción en la penetración de luz y del oxígeno disponible (Martínez-Daranas, 2007).

Además, las comunidades de diatomeas, en cuanto a su abundancia, pueden tener una variación espacial y temporal por la disponibilidad de nutrientes, como lo determinaron Wear, Sullivan, Moore y Millie (1999). Así como se pudo determinar en este trabajo con respecto al cambio que se dio en las diferentes temporadas, cuando hubo cambio de la temporada seca a la lluviosa se dio una disminución de las especies. Otro factor que influye es la salinidad, en la Florida, observaron cambios en la composición de las comunidades microalgales en diferentes meses, donde los valores de salinidad variaron (Frankovich, Armitage, Wachnicka, Gaiser y Fourqurean, 2009).

En cuanto al análisis de SIMPER y el diagrama de Olmstead-Tukey ambos coinciden con las especies dominantes de diatomeas y las que presentaron el mayor porcentaje de contribución. Pero no coincidieron con lo reportado por López (2016) en el Caribe de México donde la especie *Mastogloia* es una de las diatomeas epífitas con mayor riqueza en *T. testudinum*.

Por otra parte, Sequeiros-Beltrones, Argumedo-Hernández, López-Fuerte (2017) en México reportaron alta riqueza de las especies de diatomeas, siendo las diatomeas céntricas las que más aparecieron, mientras que para este estudio estas fueron las que tuvieron la menor.

Con respecto a la similitud de las diatomeas, en los diferentes transectos, presentaron cambios en los dos periodos de muestreo, que se podrían explicar por los cambios en los parámetros físicos-químicos y ambientales que se dieron. Además, el cambio en el tamaño de las hojas de los pastos marinos y por ende en el área foliar, puede ser un efecto de la disminución en la diversidad de los epibiontes (Wear et al., 1999).

De acuerdo con Cheng (2016), en Panamá, se encontró que a mayor longitud de la hoja de *T. testudinum* y al haber menor turbidez en la columna de agua, hay mayor diversidad, riqueza, composición y uniformidad de las especies de epífitas, además se encontraron con mayor abundancia los géneros *Ctenophora* sp. y *Mastogloia* sp. Al mismo tiempo, en los sitios donde las hojas eran más pequeñas y más turbidez se encontraron pocos géneros, siendo *Synedra* sp. y *Cocconeis* sp. los más abundantes.

Lo anterior coincide con lo encontrado en este trabajo, en septiembre cuando hubo menor turbidez se encontró mayor diversidad de especies epífitas, además concordó con la época donde la longitud de las hojas de las fanerógamas marinas fue mayor. Esto puede deberse porque al haber menor turbidez hay mayor penetración de luz y las diatomeas pueden realizar fotosíntesis.

En estudios realizados en la bahía de Florida, en 1974 y en 2009, reportaron las especies de *C. placentula* y algunas del género *Nitzschia* como indicadoras de verano, en este estudio tuvieron una alta frecuencia de aparición en septiembre, donde las condiciones atmosféricas son menos lluviosas. La especie que tuvo más representatividad fue *N. closterium* (Frankovich et al. 2009).

La diferencia en los valores de diversidad entre ambos periodos podría deberse a un oleaje más fuerte en el sitio medio por estar más expuesto en la estación lluviosa, además puede afectar el aumento en el nivel del mar, esto mismo lo reportaron Fonseca y Cahalan (1992) encontrando afectación en la distribución de las diatomeas que se encontraron en las hojas de los pastos marinos.

Además, Biggs (1996) reportó la disminución o la pérdida de las comunidades de epífitas que estaban adaptadas a permanecer en condiciones tranquilas; al aumentar el flujo de agua, las especies de alto arrastre se vuelven dominantes, esto sucede cuando las condiciones naturales cambian por fenómenos naturales como lo son los huracanes, las tormentas, entre otros. Esto pudo haber pasado en este estudio, al cambiar las condiciones en la columna de agua por las precipitaciones del periodo lluvioso.

Otro factor que puede explicar la disminución de las epífitas es el efecto de los organismos pastoreadores. Estos se alimentan de las diatomeas que viven en las hojas de los pastos marinos, como ocurre con los equinodermos y algunos peces (Borowitzka et al., 2006).

Además, la disminución de estas, en este estudio, puede deberse a un sesgo aleatorio cuando se realizaron ambos muestreos o a la variación de las comunidades microalgales, al cambiar las condiciones en la columna de agua.

Las variaciones en las corrientes, la escorrentía y el cambio en los períodos climáticos pueden explicar la diversidad de las diatomeas, donde se pueden encontrar especies como, por ejemplo: *Thalassia nitzschioides* y *Skeletonema costatum* que dominan ambientes con aguas mezcladas y con alta carga de nutrientes (Muñoz et al. 2020). Por lo que se refiere a los géneros *Nitzschia sp.*, *Achnanthes sp.* y *Fragilaria sp.* se encontraron principalmente en los sitios donde no hay aguas mezcladas y alta carga de nutrientes, además, estas podrían predecir cambios climáticos locales y globales, como el fósforo total, la conductividad y el balance hídrico (Pajunen et al., 2016).

Por otra parte, las variaciones en los parámetros físicos químicos y ambientales determinan el comportamiento de la comunidad. Por tanto, el cambio de estos parámetros como consecuencia del cambio climático puede ser determinante para el establecimiento de estas comunidades, que podrían tener una tendencia a la simplificación (Orth et al., 2006).

En cuanto a los dinoflagelados bentónicos y/o epibentónicos, se encuentran asociados con fanerógamas marinas, macroalgas, sedimentos, entre otros. Estos pueden presentar diferentes tipos de toxinas y son responsables de intoxicaciones humanas al consumir pescado o mariscos, como es el caso de la ciguatera. Esta enfermedad está asociada a los géneros *Coolia*, *Ostrepsis*, *Amphidinium* y *Prorocentrum* o de la toxina diarreica por consumo de moluscos (DSP) producida por *Prorocentrum* y *Dinophysis* (Arbelaez, Mancera y Reguera, 2017; Yasumoto, Seino, Murakami y Murata, 1987). En el presente estudio, se encontraron la mayoría de estos géneros, por lo que se debe realizar monitoreos sobre microorganismos bentónicos.

Con respecto a las cianobacterias, Bernecker y Wehrtmann (2009) reportaron *L. confervoides* C. Agardh ex Gomont, en Punta Cahuita donde había alta exposición a las olas, en este estudio se encontró esta especie en la misma localidad, pero con baja frecuencia de aparición. Hay que mencionar, además de que se encontraron *Borzia* sp. y *Merismospedia* sp. y *O. limosa*, estas se encontraron en época seca, así como lo reportó Muñoz-Simón (2012), debido a que estas son afectadas por las corrientes y olas, por lo que la densidad de estas disminuye.

#### **5.4 Percepción de los actores clave**

Las personas entrevistadas tanto las provenientes de zonas alejadas del Caribe como las que son originarias del lugar y que están relacionadas con el PNC de alguna forma poseen conocimientos generales sobre los ecosistemas de las fanerógamas marinas, esto puede ser por medio de la sistematización que han realizado en el pasado para llevar el proceso de co-manejo donde se compartieron experiencias para conservar la diversidad del lugar; por ende, se tuvo que llevar a cabo talleres que involucraron a la comunidad con el fin de compartir los saberes ancestrales sobre todos los ecosistemas que les toca conservar (SINAC, ACLAC, 2017).

Más aun, el lugar de origen no fue un factor determinante para que las personas encuestadas tuvieran el conocimiento de la función ecológica que cumplen los

pastos marinos en las costas, esto puede ser porque han tenido alguna cercanía con el ecosistema y han venido observando los cambios que se han dado debido al cambio climático, como, por ejemplo, la erosión costera que ha afectado tanto a los pastos marinos como a los arrecifes de coral y el aumento de los asentamientos humanos cercanos a las costas que aceleran los procesos en las tasas de recambio de agua que no permite que las especies se puedan adaptar (Orth et al., 2006).

También, se pudo observar que las personas participantes tienen conocimiento sobre los aspectos económicos y ecológicos que están ligados a las fanerógamas marinas, por lo que estos saben que al conservarlos pueden obtener beneficios económicos al ser un hábitat donde se pueden realizar actividades turísticas de observación de especies (PROARCA, 2004).

Por último, las personas participantes deberían recibir talleres o capacitaciones enfocados a presentarles la diversidad de los organismos que se pueden encontrar en el ecosistema, ya que, aunque ellos tienen conocimiento de las macro especies que hay en el sitio, desconocen de las micro que ahí se encuentran y la importancia que estas tienen en la diversidad, valor comercial y hasta en posibles afectaciones en la salud humana, al ser ejemplares que tienen toxinas como lo es el caso de los dinoflagelados que se encontraron en este sitio (Ruíz, 2016).

En estudios anteriores en el Caribe Sur se han realizado talleres sobre diversos temas, enfocados a los usuarios de los recursos para que estos sean los que puedan velar por la conservación de los diferentes recursos. Tal es el caso de Araya-Vargas (2017), que realizó talleres y capacitaciones para los actores claves (tour operadores, pobladores locales, estudiantes y funcionarios de SINAC) para que estos conocieran las especies, función, conservación y uso sostenible de las esponjas marinas.

Por otra parte, Arrieta (2013) realizó dos talleres enfocados en las comunidades de Puerto Viejo y Punta Mona, con el fin de dar a conocer la propuesta de la investigación conjunto con las presiones y amenazas en el área marina y el otro fue para dar a conocer los resultados a los tomadores de decisiones, con el

propósito de conservar y proteger los recursos marinos que se encuentran en estas zonas, por eso es importante compartir con la comunidad en general estos conocimientos que se generan con las investigaciones.

## 6. CONCLUSIONES

La comunidad de fanerógamas marinas ha cambiado temporalmente en cuanto a la cobertura por especie, probablemente en respuesta a las variaciones que se dieron entre las épocas muestreadas.

Se encontró una gran diversidad de taxones (algas, esponjas, moluscos, crustáceos, peces, diatomeas y dinoflagelados) asociados con las dos especies de pastos marinos, pero no existen estudios sobre esto en otros ecosistemas del Caribe Sur.

Se encontraron 14 especies de crustáceos, entre macro y microorganismos, la mayoría de estos organismos tuvieron la condición de raros, en cuanto a la aparición de estos en el ecosistema.

Se hallaron cinco especies de moluscos, tres de ellos fueron especies raras, una fue dominante, la otra constante y la otra fue ocasional.

El grupo de los peces óseos solo aparecieron en la época seca, además, se observaron organismos juveniles de seis especies diferentes caracterizados en condición de organismos dominantes, constantes y raros.

Se encontraron 22 diferentes géneros de algas rojas, pardas y verdes, nueve de ellas se encontraron en condición de raras y nueve dominantes.

El grupo taxonómico que presentó la mayor cantidad de especies fueron las microalgas.

Los actores clave de la comunidad de Cahuita presentaron conocimiento sobre la importancia que tienen las fanerógamas marinas en cuanto a la economía de la comunidad y la importancia ambiental, por lo que les es de suma importancia tomar medidas para su conservación.

Pese a que existen diversos estudios de los pastos marinos en el PNC, todavía hay vacíos de información, además de un plan de manejo enfocado en este ecosistema y en las posibles medidas de mitigación enfocadas en el cambio climático.

## 7. RECOMENDACIONES

Las acciones de manejo deberían ser implementadas por los funcionarios del SINAC en cooperación con los miembros del Co-manejo del sector de Playa Blanca, tour-operadores e involucrar a la sociedad civil para que con la participación de los usuarios del recurso se puede llevar a cabo estas acciones.

A la luz de los objetivos planteados en este trabajo y los resultados que se obtuvieron, tanto de los muestreos biológicos como de las encuestas y el taller se proponen las siguientes recomendaciones:

Realización de muestreos periódicos de cobertura de los pastos marinos y la abundancia de las diferentes especies de algas.

Deberán muestrear otros parámetros físicos-químicos como el pH, fosfatos y nitratos y los posibles cambios en el sebadal.

Se deberán recolectar muestras de los sedimentos y la relación de la abundancia de las especies asociadas con los pastos marinos.

Se tienen que realizar estudios de los organismos microscópicos enfocados en las floraciones algales para garantizar la salud del ecosistema y de los organismos filtradores, como los moluscos.

Habrá que realizar monitoreos más exhaustivos de microalgas epífitas en diferentes temporadas para conocer el comportamiento de su abundancia y diversidad, según las categorías de uso o impacto de las actividades humanas, como el aumento de los nutrientes.

Llevarán a cabo talleres dirigidos a la comunidad en general, con el fin de mantenerlos actualizados sobre los cambios que puede sufrir el ecosistema y cómo tomar medidas de mitigación.

Deberán realizar capacitaciones a los tour-operadores sobre las especies asociadas con este ecosistema, con la finalidad de que se puedan llevar a los turistas.

## 8. LITERATURA CITADA

- Aguilar, H., Mora, R. y Vargas, C. (2014). Metodología para la corrección atmosférica de la imagen Aster, Rapideye, Spot, y Landsat 8 con el módulo Flaash del Software ENVI. *Revista Geográfica de América Central*, 53, 39-59.
- Aguirre, R. y Salmerón, O. (2015). Caracterización de las aguas del Mar Caribe occidental mediante clorofila por fluorescencia in vivo. *Rev. Mar. Cost.*, 7, 9-26.
- Al-Handal, A. Y., Compère, P. y Riaux-Gobin, C. (2016). Marine benthic diatoms in the coral reefs of Reunion and Rodrigues Islands, West Indian Ocean. *Micronesica*. 1-77
- Aliaume, C., Lasserre, G. y Louis, M. (1990). Organisation spatiale des peuplements ichtyologiques des herbiers á Thalassia du Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 23, 3, 231-250.
- Allen, T., Jiménez, M. y Villafranca, S. (2006). Estructura y categorías tróficas de peces asociados con las praderas de *Thalassia testudinum* (Hydrocaritales, Hydrocharytaceae) en el Golfo de Cariaco, Estad de Sucre, Venezuela. *Invest. Mar., Valparaíso*, 34, 2, 125-136.
- Araya-Vargas, A. (2017). *Pautas para la conservación y el uso de las comunidades de esponjas en los parches arrecifales del Caribe Sur de Costa Rica*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13901.54247>).
- Arbelaez, N., Mancera, J. E. y Reguera, B. (2017). Dinoflagelados epífitos de *Thalassia testudinum* en dos sistemas costeros del Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 46, 2, 9-40.
- Armenteros, M., Williams, J. P., Hidalgo, G. y González-Sansón, G. (2007). Community structure of meio and macrofauna in seagrass meadows and mangrove from NW Shelf of Cuba (Gulf of México), *Rev. Invest. Mar.*, 28, 2, 139-150.

- Armenteros, M., Williams, J. P., Creagh, B. y Capetillo, N. (2008). Spatial and temporal variations of meiofaunal communities from the western sector of the Gulf Batabanó, Cuba: II. Seagrass systems. *Rev. Biol. Trop.*, 56,1, 55-63.
- Arellano-Méndez, L. U. (2004). *Análisis espacio-temporal de las variables hidrológicas: detección de heterogeneidad a gran escala temporal*. Mérida-Yucatán, México.
- Arellano-Méndez, L. U., Bello-Pineda, J., Aké-Castillo, J. A., Pérez-España, H. y Martínez-Cardenas, L. (2016). Distribución espacial y estructura morfométrica de las praderas de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) en dos arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Rev. Biol. Trop.*, 64, 2, 427-448.
- Ariza, L. A., Núñez, J., Ruíz L. y Méndez, E. (2011). Diversidad íctica de las praderas de pasto marino de la costa noroeste del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 60, 2, 635-648.
- Arrieta, U. (2013). *Estructura de la comunidad de peces de la zona arrecifal de Puerto Viejo-Punta Mona, Limón, Costa Rica*. Tesis de Maestría no publicada, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Barquero, J. E. (2018). *Caracterizaciones y recomendaciones para el manejo de una pradera de pastos marinos en Playa Colibrí, Golfo Dulce, Costa Rica*. Tesis de maestría no publicada, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Barros-Barreto, M. B., McIvor, L., Maggs, C. A. y Ferreira, P. C. (2006). Molecular systematics of Ceramium and Centroceras (Ceramiaceae, Rhodophyta) from Brazil. *Journal of Phycology*, 42, 905–921. DOI: 10.1111/j.1529-8817.2006.00237.x
- Barrios, L. M., Gómez-López, D. y Montoya, P. (2003). *Estructura de la comunidad biológica asociada a las praderas de Colombia*. 18-101. En Díaz, J.M., L. M. Barrios y D. I. Gómez-López (Eds). 2003. Las praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 10, Santa Marta.

- Bassedas, M. (1947). *Clave para la identificación de las familias de crustáceos. Modificación de la clasificación de los crustáceos. Serie taxonómica III.* Departamento de Zoología y Antropología Física, Universidad de Murcia, Barcelona, España.
- Bekkby, T., Rinde, E., Erikstad, L., Bakkestuen, V., Longva, O., Christensen, O., Isaeus M. y Isachsen, P. E. (2008). Spatial probability modelling of eelgrass (*Zostera marina*) distribution on the west coast of Narway. *ICES Journal of Marine Science*, 65, 7, 1093-1101. DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn095>
- Bernecker, A. y Wehrtmann, I. (2009). New records of benthic marine algae and Cyanobacteria for Costa Rica, and a comparison with other Central American countries. *Helgo, Mar. Res.*, 63, 219-229.
- Biggs, B. J. F. (1996). Hydraulic habitat of plants in streams," *Regulated Rivers: Research and Management*, 12(2-3), 131–144.
- Bijak, A. L., van Dijk K. y Waycott, M. (2018). Population structure and gene flow of the tropical seagrass, *Syringodium filiforme*, in the Florida Keys and subtropical Atlantic region. *PLOS ONE*, 13, 9, 1-18. DOI: [org/10.1371/journal.pone.0203644](http://doi.org/10.1371/journal.pone.0203644).
- Björk, M., Short, F., Mcleod, E. y Beer, S. (2008). *Managing Seagrasses for Resilience to Climate Change*. IUCN Resilience Science Group Working Paper. 56 p.
- Bricker, E., Waycott, M., Calliadine, A., y Zieman, J. (2011). High connectivity across environmental gradients and implications for phenotypic plasticity in a marine plant. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 423,57-67. <https://doi.org/10.3354/meps08962>
- Borowitzka, M., Lavery, P. y Keulen, M, (2006). Epiphytes of Seagrasses. In *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation* (pp. 441-461). Springer, Dordrecht
- Bolaños, N., Bourg, A., Gómez, J. y Alvarado, J. J. (2005). Diversidad y abundancia de equinodermos en la laguna arrecifal del Parque Nacional Cahuita, Caribe de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 53, 3, 285-290.

- Bustamante, C., Hernández-Fernández, L. y Pina-Amargós, F. (2015). Caracterización de los pastos marinos de Paredón Grande, Norte de la Provincia de Ciego de Ávila, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*,35, 2, 74-90.
- Bustamante, C., Hernández-Fernández, L., González, R., Dulce, L. y Pina, F. (2018). Pastos marinos de Pasa Caballones, Parque Nacional Jardines de la Reina en Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 38, 2, 28-44.
- Cabello-Pasini, A., Muñiz-Salazar R. y Ward, D. (2004). Caracterización bioquímica del pasto marino *Zostera marina* en el límite sur de su distribución en el Pacífico Norte. *Ciencias Marinas*, 30, 1, 21-34.
- Calva-Benítez, L. G. y Torres-Alvarado, R. (2011). Carbono orgánico y características textuales de sedimentos en áreas del pasto marino *Thalassia testudinum* en ecosistemas costeros del sureste del Golfo de México. *Uniciencia*, 27, 2, 133-144.
- Castillo-Torres, P. (2002). *Caracterización estructural y evaluación del estado ambiental de las praderas de pastos marinos, del Caribe Colombiano*. Tesis no publicada, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, Colombia.
- Cheng, A. (2016). Benthic algae and diatom communities in seagrass meadows under three different human impact regimes in Bocas del Toro, Panamá. *SIT Digital Collections*
- Clarke, K. R. (1993). "Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure". *Austral Ecology*. 18, 1,117–143. [doi:10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x](https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x). [ISSN 1442-9985](https://doi.org/10.1111/j.1442-9993)
- Coles, R. G., Rasheed, M. A., McKenzie, L. J., Grech, A., York, P. H., Sheaves, M., Mckenna, S. y Bryant, C. (2015). The Great Barrier Reef World Heritage Area seagrasses: managing this iconic Australian ecosystem resource for the future. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 153, A1-A12.
- Collin, R. M., Díaz, C., Norenburg, J., Rocha, R. M., Sánchez, J. A., Schulze, A., Schwartz, M. y Valdés, A. (2005). Photographic Identification Guide to Some

- Common Marine Invertebrates of Bocas del Toro, Panama. *Caribb. J. Sci.*, 3, 638-707.
- Compagno, L., Dando, M. y Fowler, S. (2005). *Sharks of the world*. Princeton University Press. Estados Unidos.
- Cortés, J. y León, A. (2002). *Arrecifes coralinos del Caribe de Costa Rica*. Editorial INBio, Santo Domingo, Heredia, Costa Rica.
- Cortés, J. y Wehrtmann, I. (2009). Diversity of Marine Habitats of the Caribbean and Pacific of Costa Rica. *Springer*, 1-45.
- Cortés, J., Fonseca, A. C., Nivia-Ruiz J. y Nielsen-Muñoz, V. (2010). Monitoring coral reefs, seagrasses and mangroves in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 58, 3, 1-22.
- Cruz, C. (2018). *Estado actual de pastos marinos en dos playas de la cayería norte, Ciego de Ávila, Cuba*. Tesis doctoral no publicada, Universidad Central Marta Abreu de la Villas, Santa Clara, Cuba.
- Cupp, E. (1943). *Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America*. University of California Press, Berkeley, California.
- Díaz, J. (2003). *Diversidad de moluscos en una pradera de Thalassia testudinum en el Parque Nacional Tayrona*. 111-114. En Díaz, J. M., L. M. Barrios y D. I. Gómez-López (Eds). 2003. Las praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 10, Santa Marta.
- Díaz, J., Barrios, L. y Gómez, D. (2003). *Las praderas de pastos marinos en Colombia: estructura y distribución de un ecosistema estratégico*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andreis" Invemar, Santa Marta. 159 pp.
- Díaz, J., Gómez-López, D., Barrios, L. y Montoya, P. (2003). *Composición y distribución de las praderas de pastos marinos en Colombia*. En Díaz, J. M., L. M. Barrios y D. I. Gómez-López (Eds). 2003. Las praderas de pastos marinos

en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 10, Santa Marta.

Díaz-Martínez, S., Zuccarello, G. C., Salazar, G. A., Pedroche, F. F. y Ávila-Ortiz, A. G. (2016). Species of *Padina* (Dictyotales, Phaeophyceae) in tropical Mexican waters based on molecular-assisted taxonomy. *Phycologia*, 55, 6, 673-687. DOI: 10.2216/16-15.1

Dodge, J. y Hart-Jones, B. (1982). *Marine Dinoflagellates of the British Isles*. London: H. M. S. O.

Duarte, C. M., Marbà, N., Krause-Jensen, D. y Sánchez-Camacho, M. (2007). Testing the predictive power of seagrass depth limit models. *Estuaries and Coasts*, 30, 4, 652-656.

Erftemeijer, P. y Koch, E. (2001). Sediment geology methods for seagrass habitat. En: Short, F y Coles, R. Global seagrasses research methods. *Elsevier*, 345-367.

Ferrario, M. E., Sar, E. A. y Sala, S. (1995). *Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia en diatomeas*. Manual de métodos ficológicos, La Plata, Argentina.

Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E. y Niem, V. H. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental. Volumen I. Plantas e invertebrados*. Roma, Italia 646 p.

Fonseca, A. C., Nielsen, V. y Cortés, J. (2006). Monitoreo de pastos marinos en Perezoso, Cahuita, Costa Rica (sitio CARICOMP). *Rev. Biol. Trop.*, 55, 1, 55-66.

Fonseca, M., Whitfield, P., Kelly N. y Bell, S. (2002). Modeling seagrasses landscape pattern and associate ecological attributes. *Ecological Applications*, 12, 1, 218-237.

Freitas, R. H. A., Aguiar, A., Frietas, A. K. C. H. A., Lima, S. M.Q. y Valentin, J. L. (2019). *Unravelling the foraging behavior of the southern stingray, *Hypanus**

*americanus* (Myliobatiformes: Dasyatidae) in a Southwestern Atlantic MPA. *Neotropical Ichthyology*, 17, 2, 1-14. DOI: 10.1590/1982-0224-20180131

Frankovich, T. A., Armitage, A. R., Wachnicka, A. H., Gaiser, E. E., y Fourqurean, J. W. (2009). Nutrient effects on seagrass epiphyte community structure in Florida Bay. *Journal of Phycology*, 45,5, 1010-1020.

Froese, R. y Pauly, D. Editors. (2021). *FishBase*. World Wide Web electronic publication. Obtenido el 21 de septiembre de 2020 en [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)

Fukuyo, Y., Takano, H., Chihara, M. y Matsuoka, K. (1990). *Red Tide Organism in Japan- An Illustrated Taxonomic Guide*. Tokyo: Uchida Rokakuho

Galicia-García, C., Robinson, N. y Okolodkov, Y. (2013). New record of red algae (Rodophyta) for Cabezo Reef, National Park sistema arrecifal Veracruzano. Gulf of Mexico. *Acta Botánica Mexicana*, 102, 39-76.

Gallegos-Martínez, M. E. (2010). *Efectos del cambio climático sobre las praderas de pastos marinos*, p. 189-210. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (eds.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Semarnatine, unam-icmyl, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.

García-Cubas, A. y Reguero, M. (2004). *Catálogo Ilustrado de Moluscos Gasterópodos del Golfo de México y Mar Caribe*. Universidad Autónoma de México, Distrito Federal, México.

García-Girón, J. D. (2020). *Distribución espacial de la humedad del suelo y su relación con la cobertura vegetal en América Central, discrepancias dentro y fuera del corredor seco centroamericano*. Tesis de maestría no publicada. Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica.

Gómez, E. E., y Martínez-Daranas, B. (2016). Caracterización del macrofitobentos de la Laguna Grande, Santa Fe, La Habana, Cuba. *Rev. Inves. Mar.*, 36, 2, 1-15.

Gómez-López, D. I., Díaz, J. M. y Barrios, L. M. (2003). Las fanerógamas marinas: Plantas que fundamentan un ecosistema. 13-24. En Díaz, J.M., L. M. Barrios

- y D. I. Gómez-López (Eds). 2003. Las praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 10, Santa Marta.
- Gómez-López, D. I., Navarrete- Ramírez, S. M., Navas-Camacho, R., Díaz-Sánchez, C. 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)*. Santa Marta, INVEMAR, 36 p.
- González-Gándara, C., Trinidad-Martínez, S. C. y Chávez-Morales, V. M. (2006). Peces ligados a *Thalassia testudinum* en el arrecife de Lobos, Veracruz, México: diversidad y abundancia. *Rev. Biol. Trop.*, 54, 1, 189-194.
- Greve, T., y Krause-Jensen, D. (2005). Stability of eelgrass (*Zoostera marina* L.) depth limits: influence of habitat type. *Marine Biology*, 146, 5, 849-858.
- Gudiel, V. M. (2016). Diversidad de poslarva de peces de arrecife coralinos y pastos marinos del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, Caribe de Guatemala. Tesis no publicada, Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Guiry, M. D. y Guiry, G. M. (2021). AlgaeBase. World-wide electronic publication. Obtenido el 23 de octubre de 2020 en <http://www.algaebase.org>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., y Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontología Electrónica*, 4, 1, 9pp.
- Hemminga, M. A. y Duarte, C. M. (2000). *Seagrass ecology*. Cambridge University Press, Inglaterra.
- Hernández-Almeida, O. U., Herrera-Silveira, J. A. y Merino-Virgilio, F. (2013). Nueve nuevos registros de diatomeas bentónicas de los géneros *Climaconeis*, *Cocconeis*, *Licmophora*, *Talaroneis*, *Oestripia*, *Petroneis* y *Synedrosphenia* en la costa norte de la Península de Yucatán, México. *Hidrobiológica*, 23, 2, 154-168

- Herrera, J. A y Teutli, C. (2017). Carbono azul, manglares y política pública. *Programa Mexicano del Carbono*, 1, 1, 43-52.
- Herrera-Silveira, J. A., Mendoza-Martínez J. A., Morales-Ojeda, S. M., Camacho-Rico, A., Medina-Gómez, I, Ramírez-Ramírez, J., López-Herrera, M., Pech-Poot, E. Y., Pérez-Martínez. O., Pech-Cárdenas. M., Cota-Lucero, T. y Teutli-Hernández, C. (2018). Base de datos de almacenes de carbono en los pastos marinos de México. *Elementos para las políticas públicas*, 2, 1, 45-52.
- Hossaina, M. S., Bujang, J. S., Zakaria, M. H. y Hashim, M. (2015). The application of remote sensing to seagrass ecosystems: an overview and future research prospects *International Journal of Remote Sensing*, 36, 1, 61–113. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2014.990649>
- Irola-Sansores, E. D., Delgado-Pech, B., García-Mendoza, E., Núñez-Vázquez, E., Olivos-Ortiz, A. y Almazán-Becerril, A. (2018). Population Dynamic of Benthic-Epiphytic Dinoflagellates on Two Macroalgae from Coral Reef Systems of the Northern Mexican Caribbean. *Frontiers in Marine Science*, 5, 1-14. DOI: 10.3389/fmars.2018.00487
- Kelmo, F. y Vargas. R. (2002). Anthoathecatae and Leptothecatae hydroids from Costa Rica (Cnidaria: Hidrozoa). *Rev. Biol. Trop.*, 50, 2, 599-627
- Kendall, M., Batista, T y Hillis-Starr, Z. (2004). Long term expansion of a deep *Syringodium filiforme* meadow in St. Croix, US Virgin Islands: the potential role of hurricanes in the dispersal of seeds. *Aquatic Botany*, 78, 1, 15-25.
- Krause-Jensen, D., Foldager, M. y Jensen, C. (2003). Regulation of Eelgrass (*Zostera marina*) Cover Along Depth Gradients in Danish Coastal Waters. *Estuaries*, 26, 866-877
- Krause-Jensen, D. y Duarte, C. (2014). Expansion of vegetated coastal ecosystems in the future Arctic. *Front. Mar. Sci.*, 1, 1–10. DOI:org/10.3389/fmars.2014.00077
- Lara-Domínguez, A. L. (2005). *Pastos Marinos*. Manejo costero integral: el enfoque municipal, 229-240.

- Laurens, J. (1971). Keys to the Hawaiian Marine Gammaridae, 0-30 meters. *Smithsonian Contribution to Zoology*, 58.
- Littler, M. M. y Littler, D. S. (1999). Blade abandonment proliferation: a novel mechanism for rapid epiphyte control in marine macrophytes. *Ecology*, 80, 1736-1746.
- Littler, D. S., Littler, M. M. y Hanisak, M. D. (2008). *Submersed plants of the Indian River Lagoon*. Washington, D.C.: Offshore Graphics.
- Lizano, O. (2006). Algunas características de las mareas en la costa Pacífica y Caribe de Centroamérica. *Ciencia y Tecnología*, 24, 51-64.
- López, D. (2016). *Caracterización de la taxocenosis de diatomeas epífitas de Thalassia testudinum K. D. Koenig en la costa de Campeche, México*. Tesis no publicada, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México.
- López-Fuerte, F. O., Siqueiros-Beltones, D. A. y Yabur, R. (2015). First record of benthic diatoms (Bacillariophyceae and Fragilariophyceae) from Isla Guadalupe, Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86, 281-292.
- López-Fuerte, F. O., Siqueiros-Beltones, D. A. y Altamirano-Cerecedo, M. C. (2020). Species Composition and New Records of Diatom Taxa on Phyllocladon pulcherrimum (Clorophyceae) from the Gulf of California. *Diversity*, 12, 339, 71-81.
- Loría-Naranjo, M., Samper-Villarreal, J., Sandoval-Siles, M. y Cortés, J. (2018). Intra- and inter- annual variation in a seagrass meadow on the Caribbean coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 66, 3, 1149-1161.
- Louvrou, I. y Economou-Amilli, A. (2016). Taxonomic revision of two rare infraspecific taxa of *Tryblionella (Nitzschia) marginulata* var. *didyma* (Bacillariophyceae). *Nova Hedwigia*, 102, 1-8.
- Marba, N., y Duarte, C. M. (1995). Coupling of seagrasses (*Cymodocea nodosa*) patch dynamics to subaqueous dune migration. *Journal of Ecology*, 83, 381-389.

- Marbà, N. y Duarte C. M. (1998). Rhizome elongation and seagrass clonal growth. *Mar Ecol. Prog. Ser.*, 174, 269-280. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps174269>
- March, D., Alós, J., Cabanellas-Reboredo, M., Infantes, E., Jordi, A. y Palmer, M. (2013). A Bayesian spatial approach for predicting seagrass occurrence. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 131, 206-212
- Marco, C. (2015). *Factor driving herbivores consumption and feeding preferences across different macrophytes ecosystem*. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Alicante, San Vicente del Raspeig, España.
- Martínez-Daranas, B., Cano-Mallo, M., Perdomo, M. E., Clero-Alonso, L., Díaz-Larrea, J., Guimaraes, M., Zúñiga-Ríos, D., Alcolado, P., Duarte-Quesada, C. y Siret, S. (2007). Estado de los pastos marinos. 51-56. En González, S., Cantelar, K., Pina, F. A. B., Alcolado, P. M., Jiménez, A., Espinoza, J. y Hernández, J. L. (Eds). 2007. *Estado de los ecosistemas marinos y costeros, y algunas características ambientales y tendencias*. Ecosistemas Sabana Camagüey: Estado actual, avances y desafíos en la protección y uso sostenible de la biodiversidad. Academia La Habana, Cuba 38-50.
- Martínez-Daranas, B. (2007). *Características y estado de conservación de los pastos marinos en áreas de interés del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba*. Tesis doctoral. Universidad de la Habana, La Habana, Cuba.
- Martínez-Daranas, B, Cano, M. y Clero, L. (2009). Los pastos marinos de Cuba: estado de conservación y manejo. *Serie oceanológica*, 5, 24-44.
- Martínez-Campos, B (2010). *Biología y patrones de distribución de los cangrejos ermitaños (Crustácea: Decápoda: Anomura: Paguridea) en el Mar Caribe Colombiano*. Tesis no publicada, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia.
- Mazarrasa, I., Samper-Villarreal, J., Serrano, O., Lavery, P., Lovelock, C., Marbà, N., Duarte, C. y Cortés, J. (2018). Habitats characteristics provide insights of carbon storage in seagrass meadows. *Marine Pollution Bulletin*, 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.059>

- Mckenzie, L. J., Campbell, S. J. y Roder, C. A. (2003). *Seagrass-Watch: Manual for Mapping and Monitoring Seagrass Resources by Community (citizen volunteers)*. Australia: Marine Plant Ecology Group.
- McLaughlin, P. (2003). Illustrated keys to families and genera of the superfamily Paguroidea (Crustácea: Decápoda: Anomura), with diagnoses of genera Paguridae. *Memoirs of Museum Victoria*, 60, 1, 111-144.
- Mendoza, C., Pedroche, F. F. y Mateo-Cid, L. E. (2009). The genus *Hydrolithon* Foslie (Corallinales, Rhodophyta) along the Atlantic and the Caribbean coasts of Mexico. *Gayana Botanica*, 66. 2, 218-238.
- Morales, A. y Vargas, J. A. (1995). Especies comunes de copépodos (Crustácea: Copépoda) pelágicos del Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 43, 1-3, 207-218.
- Moreno, J. L., Licea, S. y Santoyo, H. (1996). *Diatomeas del Golfo de California*. México: Universidad Autónoma de Baja California Sur
- Muñoz-Simón, N. (2012), Cianobacterias bentónicas marinas en el Caribe Central y Sur de Costa Rica. *Rev. Mar. Cost.*, 4, 13-32.
- Nava-Olvera, R., Mateo-Cid, L. E., Mendoza-González, A. C. y García-López, D. Y. (2017). Macroalgas, microalgas y cianobacterias epífitas del pasto marino *Thalassia testudinum* (Tracheophyta: Alismatales) en Veracruz y Quintana Roo, Atlántico mexicano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52, 3, 429-439. DOI: 10.4067/S0718-19572017000300002
- Nielsen, V. (2006). *Pastos Marinos*. En Nielsen, V. y Quesada M. (editores). *Ambientes Marino Costero, Costa Rica*. Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica.
- Oliviera-Gómez, L. y Mellink, E. (2013). Aquatic macrophytes within a Mesohaline Bay, Sanctuary for manatees (*Trichechus manatus*), on the Caribbean Coast of Mexico. (2013). *The Southwestern Naturalist*, 58, 2, 216-222.

- Orth, R. J., Luckenbach, M. L., Marion, S. R., Moore K. A., y Wilcox, D. J. (2006). Seagrass recovery in the Delmarva Coastal Bay, USA. *Aquatic Botany*, 84-1, 26-36.
- Orth, R. J., Carruthers, T., Dennison, W. C., Duarte, C. M., Fourqurean, J. W., Heck, K. L., Hughes, R., Kendrick, G. A., Kenworthy, J., Olyarnik, S., Short, F. T., Waycott, M., Williams, S. (2016). A Global Crisis for Seagrass Ecosystems, *BioScience*, 56, 12, 987–996, DOI: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[987:AGCFSE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[987:AGCFSE]2.0.CO;2)
- Ospina-Hoyos, J. B., Palacio-Baena, J. A. y Vargas-Ochoa, A. F. (2014). Microepifauna móvil asociada a las praderas de *Thalassia testudinum* en la Bahía de Triganá, Golfo de Urabá, Colombia. *Biota Colombiana*, 15, 1, 47-61.
- Otero, A. y Romani, J. (2009). *Macroinvertebrados asociados con pastos marinos (Thalassia testudinum) en el Golfo de Morrosquillo (zona de Berrugas) Departamento de Sucre*. Tesis no publicada. Universidad de Sucre, Colombia.
- Padwich, C., Deskevich. M., Pacifici, F. y Smallwood, S. (2010). WorldView-2-pan-sharpening. *ASPRS*, 1-14.
- Parker, J. D., Duffy, J. E. y Orth, R. J. (2001). Plant species diversity and composition: experimental effects on marine epifaunal assemblages. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 224, 55-67.
- Paynter, C., Cortés, J. y Engels, M. (2001). Biomass, productivity and density of the seagrass *Thalassia testudinum* at three sites in Cahuita National Park, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 49, 2, 265-272.
- Prado, P., Alcoverro, T. y Romero, J. (2008). Seasonal response *Posidonia oceanica* epiphyte assemblages to nutrient increase. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 359, 89-98.
- Prieto, A., S. Sant, E. Méndez y C. Lodeiros. (2003). Diversidad y abundancia de moluscos en las praderas de *Thalassia testudinum* de la bahía de Mochima, Parque Nacional Mochima, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 51, 413-426.

- PROARCA (Programa Ambiental Regional para Centroamérica, Componente de Áreas Protegidas y Mercadeo Ambiental). (2004). Plan de negocios Parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica. Guatemala, Guatemala, 59 pp.
- Ramírez, F. y Derisio, C. (2017). Clave para la identificación de los estadios de desarrollo (inmaduros IV-V y adultos VI) de copépodos (Crustácea: Copépoda), del sector nerítico Bonaerense y Norpatagónico. *Rev. Invest. Desarr. Pesq.*, 31, 19-40
- Reyes, L. M. y Martínez-Daranas, B. (2015). Lista de macrofitobentos de la Laguna Arrecifal de Santa Lucía, Provincia de Camagüey Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 35, 2, 91-100.
- Ríos, R., Tejada, O., Morales, D., Miranda, E. y Cerrud, A. (2019). Comunidad de algas de manglar de Playa Estrella, isla Colón, Bocas del Toro, Panamá. *Rev. Mar. Cost.*, 11, 2, 9-29.
- Rodríguez, R., Córdoba, E., Franco, J. y Rueda, A. (2009). La erosión en las playas del litoral de Holguin, Cuba. *Ciencias Holguin*, 15, 1-20.
- Rodríguez-Ramírez, A. (2003). *Peces Bentónicos asociados con praderas de Thalassia testudinum en la Isla Grande e Isla Rosario*. 106-110. En Díaz, J.M., L. M. Barrios y D. I. Gómez-López (Eds). 2003. Las praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 10, Santa Marta.
- Roelfsema, C. M., Phinn, S. R., Udy, N. y Maxwell, P. (2009). An integrated field and remote sensing approach for mapping Seagrass Cover, Moreton Bay, Australia. *Journal of Spatial Science*, 54, 1, 46-62. DOI: <https://doi.org/10.1080/14498596.2009.9635166>
- Roelfsema, C. M., Kovacs, E., Saunders, M., Phinn, S. R., Lyons, M., y Maxwell, P. (2013). Challenges of remote sensing for quantifying changes in large complex seagrass environments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 133, 161-171
- Roelfsema, C. M., Lyons, M., Kovacs, E., Maxwell, P., Saunders, M., Samper, J. y Phinn, S. R. (2014). Multi-temporal mapping of seagrass cover, species and

- biomass: A semi-automated object based image analysis approach. *Remote Sensing of Environment*, 150, 172-187.
- Romeu, E. (1996). Pastos marinos, una cuna para la biodiversidad. CONABIO. *Biodiversitas*, 5, 10-14.
- Ruíz, A. (2016). Composición y abundancia de especies de dinoflagelados asociados con praderas de pastos marinos y macroalgas en la isla Barú, durante diferentes periodos climáticos. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia
- Samper-Villarreal, J., Bernecker, A. y Wehrtmann, I. S. (2008). Inventory of macroalgal epiphytes on the seagrass *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) in Parque Nacional Cahuita, Caribbean coast of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 56, 4, 163-174.
- Samper-Villarreal, J., van Tussenbroek, B. y Cortés. J. (2018). Seagrasses of Costa Rica: from the mighty Caribbean to the dynamic meadows of the Eastern Tropical Pacific. *Rev. Biol. Trop.*, 66, 1, 53-65.
- Samper-Villarreal, J., Sagot-Valverde, J. G., Gómez-Ramírez, E. H. y Cortés, J. (2021). Water Quality as a Potential Factor Influencing Seagrass Change Over Time at Cahuita National Park, Costa Rica. *Caribbean Journal of Science*, 51, 72–85.
- Sequeiros-Beltrones, D., Argumedo-Hernández, U. y López-Fuerte, F. (2017), systematics Diversity of benthic diatoms in the Guerrero Negro Lagoon (El Vizcaíno Biosfere Reserve), Baja California Peninsula, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 21-35
- Siqueiros, D., Martínez, Y. y Aldana-Moreno, A. (2019). Exploratory floristic of epiphytic diatoms from Revillagigedo Island (Mexico). *Cymbella*, 5, 1, 98-123.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). (2015). *Plan de Turismo Sostenible del Parque Nacional Cahuita*.
- SINAC, ACLAC. (2017). *Sistematización del proceso de Co-manejo del Parque Nacional Cahuita, Talamanca, Limón, Costa Rica*

- Sidik, B. J., Bandeira, S. O., y Milchakova, N. A. (2001). *Methods to measure macroalgal biomass and abundance in seagrass meadows*. Global seagrass research methods, 223-232.
- Short, F. T., Carruthers, T., Dennison, W. y Waycott, M. (2007). Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 350, 1-2, 3-20.
- Sokal, R. y Rohlf, F. J. (1981). *Biometry*. Freeman. San Francisco, California.
- Sournia, A. (1978), *Monographs on oceanographic methodology*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
- Suárez, A. M., y Martínez-Daranas, B. (2015). *Principales resultados en investigaciones del fitobentos marino cubano desde el CIM-UH (1970-2015)*. *Rev. Invest. Mar.*, 35, 2, 1-23.
- Tomas, C. (1993). *Marine Phytoplankton*. Academic Press, San Diego, California, Estados Unidos
- Tomas, C. (1997). *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press, San Diego, California, Estados Unidos
- Torres-Conde E. y Martínez-Daranas, B. (2017). Los pastos marinos del Golfo de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba. *Rev. Invest. Mar.*, 37, 2, 1-15.
- Vacchi, M., Montefalcone, M., Bianchi, C., Morri, C. y Ferrari, M. (2010). The influence of coastal dynamics on the upper limit of the *Posidonia oceanica* meadow. *Marine Ecology*, 31, 546-554. doi:10.1111/j.1439-0485.2010.00377.x
- Vacchi, M., Montefalcone, M., Bianchi, C., Morri, C. y Ferrari, M. (2012). Hydrodynamic constraints to the seaward development of *Posidonia oceanica* meadows. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 97, 58-65
- van Tussenbroek, B., Cortés, J., Collin, R., Fonseca, A. C., Gayle, P., Guzmán, H., Jácome, G., Juman, R., Koltjes, K., Oxenford, H. A., Rodríguez-Ramírez, A., Samper-Villarreal, J., Smith, S., Tschirky, J. y Weil, E. (2014). Caribbean-Wide, Long-Term Study of Seagrass Beds Reveals Local Variations, Shifts in

- Community Structure and Occasional Collapse. *PLoS ONE*, 9, 3, 1-13.  
DOI:10.1371/journal.pone.0090600
- van Tussenbroek, B., Villamil, N., Márquez-Guzmán, J., Wong, R., Monroy-Velázquez, V. y Solís-Weiss, V. (2016). Experimental evidence of pollination in marine flowers by invertebrate fauna. *Nat. Com.*, 7, 1-6.  
DOI:10.1038/ncomms12980.
- Varona-Cordero, F. y Gutiérrez, M. (2003). Estudio multivariado de la fluctuación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica en dos lagunas costeras del estado de Chiapas. *Hidrobiológica*, 13(3), 177-194
- Wear, D. J., Sullivan, M. J., Moore, A. D., y Millie, D. F. (1999). Effects of water-column enrichment on the production dynamics of three seagrass species and their epiphytic algae. *Marine Ecology Progress Series*, 179, 201-213.
- Wicaksono, P. y Lazuardi, W. (2018). Assessment of PlanetScope images for benthic habitat and seagrass species mapping in a complex optically shallow water environment. *International Journal of remote sensing*, 39, 17, 5739–5765. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1506951>
- Worm, B. y Sommer, U. (2000). Rapid direct and indirect effects of a single nutrient pulse in a seaweed-epiphyte-grazer system. *Marine Ecology Progress Series*, 202, 283-288.
- Wynne, M. J. y De Clerck, O. (1999). First Reports of *Padina antillarum* and *P. glabra* (Phaeophyta-Dictyotaceae) from Florida, with a Key to the Western Atlantic Species of the Genus. *Caribbean Journal of Science*, 35, 3-4, 286-295.
- Yasumoto, T., Seino, N., Murakami, Y. y Murata, M. (1987). Toxins produced by benthic dinoflagellates. *Biol. Bull.* 172, 128-131.
- Zea, S., Henkel, T. P. y Pawlik, J. R. (2014). *The Sponge Guide: a picture guide to Caribbean sponges*. 3rd Edition. Obtenido el 16 de noviembre del 2020 en [www.spongeguide.org](http://www.spongeguide.org)

## 9. ANEXOS

**Anexo 1.** Profundidades por año y sitio de muestreo, PNC, Limón, Costa Rica para los años 2020 y 2021

<b>Sitio</b>	<b>Transecto</b>	<b>Profundidad 2020</b>	<b>Profundidad 2021</b>
<b>Punta Vargas</b>	Somero	1 m	0,5 cm
	Medio	1 m	0,25 cm
	Profundo	1 m	1 m
<b>Medio</b>	Somero	1 m	0,5 cm
	Medio	1 m	1 m
	Profundo	1 m	1 m
<b>Punta Cahuita</b>	Somero	0,5 cm	0,5 cm
	Medio	0,5 cm	0,25 cm
	Profundo	0,5 cm	0,30 cm

**Anexo 2.** Encuesta dirigida a los funcionarios del SINAC, miembros de asociación co-manejo Cahuita, tour-operadores y pobladores Cahuita, Limón, Costa Rica aplicada en el año 2020.

Presentación:

Buenos días/ buenas tardes, mi nombre es Lilliana Álvarez Sánchez estudiante de la Maestría en Ciencias Marinas y Costeras de la Universidad Nacional, estoy realizando una investigación cuyo objetivo es conocer la percepción de los miembros de la comunidad sobre temas como la ecología y los diferentes usos que brindan los pastos marinos en Caribe Sur de Costa Rica, por esto le solicito su colaboración de completar la siguiente encuesta , toda la información será exclusivamente para fines del estudio y por lo tanto será de uso confidencial.

1. Edad del encuestado.

- Menor de 18 años       18-30       31-40        
41-60
- 61-70       mayor a 70

2. Género

- Hombre       Mujer

3. Escolaridad

- Primaria incompleta       Primaria completa
- Secundaria incompleta       Secundaria completa
- Técnico o diplomado incompletos       Estudios universitarios
- Graduado (a) universitario(a)

4. Lugar de origen(nacimiento)

- San José                       Heredia             Alajuela     Cartago  
 Guanacaste             Puntarenas     Limón     Extranjero

5. Conoce usted de los ecosistemas de pastos marinos

- No                                       Sí

6. Sabe usted en cuales lugares podemos encontrar pastos marinos

- Sí                                       No

7. Considera usted que los pastos marinos cumplen alguna función ecológica

- Sí                                       No

8. Con respecto a los siguientes enunciados sobre los pastos marinos, cuál es su percepción según los siguientes aspectos ecológicos

Descriptor	Sí	No
Sirven de refugio para algunas especies		
Purifican el agua		
Son sitios de crianza o reproducción		
Facilita la diversidad de especies en el recurso marino		
Disminuyen los efectos de la erosión costera		
Facilita el intercambio de energía		
Fijan el carbono		
Son sitio de alimentación de las tortugas marinas		

9. De los siguientes enunciados sobre los pastos marinos, según lo que usted crea, cuáles de ellos están relacionados con aspectos económicos

Descriptor	Sí	No

Generan mayor atracción para los visitantes		
Se desarrolla la práctica de snorkel o buceo, causado problemas en los ciclos biológicos como la reproducción de diferentes animales		
Son sitios de anidación y alimentos de especies comerciales		
Son importante para la acuarofilia		
Son ecosistemas que facilitan la pesca o extracción de especies marinas		
Facilitan el anclaje de los botes para actividades de turismo		
Permite la educación marino-costera		
Son sitios destruidos por la alta visitación.		
Son sitios afectados por la contaminación por hidrocarburos		
Sufren sedimentación o compactación producto de la erosión		

10. Cuáles de los siguientes organismos considera usted que se pueden encontrar en los pastos marinos

- Mantarrayas       Peces       Manatíes       Tortugas  
 Estrellas de mar       Erizos de mar       Pepinos de mar  
 Caracoles       Algas

11. Considera usted que los ecosistemas de pastos marinos son protegidos al realizarse estudios que tengan que ver con la belleza que estos poseen.

- Sí       No

12. Le gustaría conocer más sobre los pastos marinos

- Sí       No



**Anexo 4.** Guía para la discusión en el taller sobre importancia económica y biológica del ecosistema de pastos marinos y competencias de pensamiento científico

**Universidad Nacional**  
**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**

**Escuela de Ciencias Biológicas**

**Maestría en Ciencias Marinas**

**Anteproyecto de Maestría**

**Guía para la discusión en el taller sobre ecosistemas de pastos marinos**

**a. Contexto de la investigación**

**Objetivo**

Proponer pautas para la conservación del ecosistema de pastos marinos en el PN Cahuita.

**b. Justificación del grupo de discusión como método**

El uso de un taller dentro de esta investigación es una importante herramienta metodológica para la recuperación de información cualitativa por medio de opiniones particulares y valiosas propuestas por los participantes o actores claves relacionados con los recursos marinos y costeros. Con el taller se pretende documentar la realidad o visión que tienen los actores de interés sobre el manejo y conservación de los pastos marinos.

**Limitaciones y dificultades:**

Es importante considerar posibles escenarios producto de la participación de los informantes, sobre todo para el caso de los que tiene escasos o nulo conocimiento con relación al ecosistema de pastos marinos.

## **Tipo de grupo de discusión**

El presente grupo focal es de carácter síncrono puesto que se desarrollará de manera presencial.

### **c- Protocolo del grupo de discusión**

**1. Perfil de los participantes:** Los participantes serán los funcionarios del SINAC, miembros de comité Co-Manejo, comunidad, consejo local y algunos actores sociales de la comunidad de Cahuita.

**2. Número de participantes:** Se espera la participación de al menos 10 personas.

**3. Duración:** Una sesión de aproximadamente 2 horas.

#### **4. Preguntas**

Presentación de los principales resultados biológicos y sociales.

Se hace una presentación de los principales resultados biológicos obtenidos durante las distintas épocas de muestreos.

Además, se socializan los resultados obtenido producto de la encuesta.

Una vez presentado se genera un espacio de preguntas y aportes con relación a los datos socializados.

Preguntas generadoras: Estas preguntas son una guía para enriquecer y motivar la discusión.

1. ¿Describa tres acciones concretas que ustedes realizarían para sensibilizar a la comunidad sobre la importancia biológica y económica que tienen los pastos marinos?
2. ¿Cómo se podría mejorar el conocimiento y la investigación de los ecosistemas de pastos marinos en el PNC?

3. ¿Cuál sería la institución o grupo responsable de velar por el manejo y la conservación de los ecosistemas de pastos marinos del Caribe Sur?
4. ¿Si ustedes fueran ministro del ambiente cuáles serían las acciones prioritarias de manejo y conservación que implementarían en los ecosistemas de pastos marinos?

#### **5. Mensaje de presentación:**

Muchas gracias por sacar un rato de su valioso tiempo para poder llevar a cabo esta actividad, sé que es un gran esfuerzo el dejar sus actividades para poder participar en esta sesión. La investigación que se está realizando se refiere a aspectos biológicos y económicos de los ecosistemas de pastos marinos en el PNC.

Se han formulado algunas preguntas que son para promover y enriquecer la discusión. El tiempo estimado es de dos horas en esta primera sesión y dos horas la segunda parte. Iniciaremos la actividad.

#### **6. Mensaje de cierre:**

Les agradecemos sus valiosos aportes y colaboración en esta actividad; todas sus ideas, opiniones, perspectivas y experiencias comentadas aquí van a enriquecer de gran manera esta investigación se tomarán en cuenta a la hora de proponer las acciones de manejo de los ecosistemas de pastos marinos el Caribe Sur de Costa Rica.

**Anexo 5.** Lista de las especies de fauna que se encontraron en la pradera de pastos marinos del PNC, Limón, Costa Rica en los años 2020 y 2021

<b>Taxón</b>	<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
<b>Porifera</b>	Demospongiae	Clionidae	<i>Cliona varians</i> (Duchassaing y Michelotti, 1864)
		Chalinidae	<i>Haliclona caerulea</i> (Hechtel, 1965)
<b>Cnidarios</b>	Hidrozoa	Kirchenpaueriidae	<i>Kirchenpaueria halecioides</i> (Alder, 1859)
		Thyroscyphidae	<i>Thyroscyphus ramosus</i> Allman, 1877
	Anthozoa	Rhizangiidae	<i>Siderastrea radians</i> (Pallas, 1766)
		Sphenopidae	<i>Palythoa carribbaeorum</i> Duchassaing y Michelotti, 1860
			Anémona sin identificar
<b>Mollusca</b>	Gastropoda	Neritidae	<i>Smaragdia viridis viridemaris</i> (Linnaeus, 1758)
		Cerithiidae	<i>Cerithium</i> sp.
		Cerithiidae	<i>Cerithium atratum</i> (Born, 1778)
		Tegulidae	<i>Agathistoma viridulum</i> (Gmelin, 1971)
			<i>Clanculus cruciatus</i> (Linnaeus, 1758)
		Stombidae	<i>Aliger gigas</i> Linnaeus, 1758)
<b>Crustácea</b>	Malacostraca	Penaeidae	<i>Lithopaeneus</i> sp.
		Paguridae	<i>Tomapaguropsis</i> Alcock, 1905
			<i>Propagurus</i> McLaughlin and Saint Laurent, 1998
			<i>Lithopagurus</i> Provenzano, 1968

Continúa Anexo 5

<b>Taxón</b>	<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>	
<b>Crustácea</b>	Malacostraca		<i>Chanopagurus</i> Lemaitre, 2003	
		Paguridae	<i>Xylopagurus</i> A. Milne Edwards, 1880 <i>Munidopagurus</i> A. Milne-Edwards, 1880	
		Eriopisidae	<i>Eriopisa laakona</i> J. L. Barnard, 1970	
	Hexanauplia	Tachidiidae	<i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1847)	
		Oithonidae	<i>Oithona nana</i> Giesbrecht, 1893 <i>Oithona helgolandica</i> (Claus, 1863)	
			Ectinosomatidae	<i>Microsetella norvegica</i> (Boeck, 1865)
		Calanidae	<i>Neocalanus tonsus</i> (Brady, 1883)	
			Especie sin identificar	
	<b>Annelida</b>	Polychaeta	Amphinomidae	<i>Hermodice carunculata</i> (Pallas, 1766)
			Nereididae	<i>Platynereis</i> sp.
Sabellidae			<i>Sabellastarte</i> sp.	
<b>Equinodermata</b>	Echinoidea	Diadematidae	<i>Diadema antillarum</i> (Philippi, 1845)	
	Holoturoidea	Holothuriidae	<i>Holothuria (Halodeima) mexicana</i> Ludwig, 1875	
<b>Chordata</b>	Chondrichthyes	Ginglymostomatidae	<i>Ginglymostoma cirratum</i> (Bonnaterre, 1788)	
	Elasmobranchii	Dasyatidae	<i>Hypanus americanus</i> (Hildebrand y Schroeder, 1928)	

Continúa Anexo 5

<b>Taxón</b>	<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
<b>Chordata</b>	Actinopteri	Lutjanidae	<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Lutjanus apodus</i> (Walbaum, 1792)
		Mugilidae	<i>Mugil curema</i> Valenciennes, 1836
		Pomacentridae	<i>Stegsates fuscus</i> (Cuvier, 1830)
			<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)
		Labridae	<i>Thalassoma bifasciatum</i> (Bloch, 1791)
		Scaridae	<i>Sparisoma viride</i> (Bonnaterre, 1788)
		Carangidae	<i>Caranx latus</i> Agassiz, 1831
	Acanthuridae	<i>Acanthurus bahianus</i> Castelnau, 1855	
Reptilia	Cheloniidae	<i>Chelonia mydas</i> (Linnaeus, 1758)	

**Anexo 6.** Lista de las especies de flora que se encontraron en la pradera de pastos marinos del PNC, Limón, Costa Rica en los años 2020 y 2021. Fuente: Elaboración propia.

<b>Taxón</b>	<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
<b>Cyanobacteria</b>	Cyanophyceae	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria limosa</i> C. Agardh ex Gomont, 1892
<b>Myzoa</b>	Dinophycea	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) F. Stein, 1878
			<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg, 1834
		Ostreopsidaceae	<i>Ostreopsis</i> sp.
			<i>Coolia</i> sp.
			<i>Alexandrium</i> sp.
<b>Bacillariophyta</b>	Bacillariophyceae	Achnantheaceae	<i>Achnanthes yaquinensis</i> McIntire y Reimer 1974
		Catenulaceae	<i>Actinocyclus curvatulus</i> Janish 1878
			<i>Amphora acutiuscula</i> Kützing 1844
			<i>Amphora angusta</i> var. <i>Eulenseinii</i> (Grunow) Cleve 1985
			<i>Amphora arenaria</i> Donkin 1858
			<i>Amphora biggiba</i> Grunow
			<i>Amphora clara</i> A. W. F. Schmidt 1875
			<i>Amphora proteus</i> W Gregory 1857
			<i>Amphora terroris</i> Ehrenberg 1853
		Asterionellopsidaceae	<i>Asterionellopsis kariana</i> (Grunow) Round 1990
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round 1990			

Continúa Anexo 6

<b>Taxón</b>	<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
		Asterionellopsidaceae	<i>Bleakeleya notata</i> (Grunow) Round 1990
		Naviculaceae	<i>Caloneis elongata</i> (Grunow) Boyer 1927
		Surirellaceae	<i>Campylodiscus bicostatus</i> W.Smith ex Roper 1854
			<i>Campylodiscus decorus</i> Brébisson 1854
			<i>Campylodiscus fastuosus</i> Ehrenberg 1845
			<i>Campylodiscus neofastuosus</i> Ruck y Nakov 2016
			<i>Campylodiscus ralfsii</i> W.Smith 1853
			<i>Campylodiscus scalaris</i> (M.F. Giffen) Loban y J.S. Park
<b>Bacillariophyta</b>	Bacillariophyceae	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros</i> sp.
		Climacospheniaceae	<i>Climacosphenia moniligera</i> Ehrenberg 1843
		Cocconeidaceae	<i>Cocconeis convexa</i> M. H. Giffen 1967
			<i>Cocconeis diruptoides</i> Hustedt 1933
			<i>Cocconeis heteroidea</i> Hantzsch 1863
			<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg 1838
			<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838
			<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>parva</i> (Grunow) Cleve 1895
			<i>Cocconeis vetusta</i> A. W. F. Schmidt 1894
		Cyclophoraceae	<i>Cyclophora tenuis</i> Castracane 1878

Continúa Anexo 6

<b>Taxón</b>	<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
<b>Bacillariophyta</b>	Bacillariophyceae	Tabellariaceae	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing
		Diploneidaceae	<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve 1894
			<i>Diploneis littoralis</i> (Donkin) Cleve 1894
			<i>Diploneis vacillans</i> (A. W. F. Schmidt) Cleve 1894
		Ulnariaceae	<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D. M. Williams y Round 1986
		Entomoneidaceae	<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845
		Rhopalodiaceae	<i>Epithemia pacifica</i> (Krammer) Lobban y J.S. Park 2018
		Ulnariaceae	<i>Falcula media</i> Voigt 1960
			<i>Falcula</i> sp.
		Sellaphorineae	<i>Fallacia forcipata</i> (Greville) Stickle y D- G. Mann 1990
		Fragilariaceae	<i>Fragilaria barbatula</i> (Kützing) Lange-Bertalot 1993
		Rhoicospheniaceae	<i>Gomphonemopsis pseudexigua</i> Medlin 1986
		Grammatophoraceae	<i>Gramatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing 1844
Naviculaceae	<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst 1853		
Catenulaceae	<i>Halamphora staurophora</i> (Juhlin-Dannfelt) Álvarez-Blanco y S. Blanco 2014		

Continúa Anexo 6

<b>Taxón</b>	<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
		Catenulaceae	<i>Halamphora turgida</i> (W. Gregory) Levkov 2009
		Ulnariaceae	<i>Hyalosynedra laevigata</i> (Grunow) D. M. Williams y Round 1986
		Licmophoraceae	<i>Licmophora abbreviata</i> C. Agardh 1831
			<i>Licmophora cf. ehrenbergii</i> (Kützing) Grunow
			<i>Licmophora communis</i> (Heiberg) Grunow 1881
			<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow 1867
			<i>Licmophora gracilis var. anglica</i> (Kützing) H. Peragallo y M. Peragallo 1901
			<i>Licmophora paradoxa</i> (Lyngbye) C. Agardh 1828
			<i>Licmophora pfannkucheae</i> M. H. Giffen 1970
		Mastogloiaceae	<i>Mastogloia cocconeiformis</i> Grunow 1860
			<i>Mastogloia ciskeiensis</i> M. H. Giffen 1967
			<i>Mastogloia citrus</i> Cleve 1883
			<i>Mastogloia corsicana</i> (Grunow) H. Peragallo y M. Perapagallo 1897
			<i>Mastogloia crucicula</i> (Grunow) Cleve 1895
			<i>Mastogloia erythraea</i> Grunow 1860
<b>Bacillariophyta</b>	Bacillariophyceae		

Taxón	Clase	Familia	Especies
			<i>Mastogloia grunowii</i> A. W. F. Schmidt 1893
			<i>Mastogloia horvathiana</i> Grunow 1860
		Mastogloiaceae	<i>Mastogloia pusilla</i> Grunow 1878
			<i>Mastogloia quinquecostata</i> Grunow 1860
			<i>Mastogloia similis</i> Hustedt 1933
			<i>Mastogloia</i> sp.
			<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs 1861
			<i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>subsalina</i> Hustedt 1925
			<i>Navicula directa</i> (W. Smith) Brébisson 1854
<b>Bacillariophyta</b>	Bacillariophyceae	Naviculaceae	<i>Navicula johanrossii</i> M. H. Giffen 1967
			<i>Navicula pelliculosa</i> (Kützing) Hilse 1863
			<i>Navicula</i> sp.
			<i>Navicula zostereti</i> Grunow 1860
			<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve 1901
			<i>Nitzschia carnicobarica</i> Desikachary y Prema 1987
		Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> cf. <i>perindistincta</i> Cholnoky
			<i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenberg) W. Smith 1853
			<i>Nitzschia confinis</i> Hustedt 1949

Continúa Anexo 6

<b>Taxón</b>	<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
			<i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>perminuta</i> Grunow 1881
			<i>Nitzschia insignis</i> Gregory
			<i>Nitzschia longa</i> Grunow 1880
			<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861
		Bacillariaceae	<i>Nitzschia paradoxa</i> Grunow 1880
			<i>Nitzschia parvula</i> W. Smith 1853
			<i>Nitzschia scalpelliformis</i> Grunow 1880
			<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith 1853
			<i>Nitzschia ventricosa</i> J. L. Palmer 1873
<b>Bacillariophyta</b>	Bacillariophyceae		<i>Pleurosigma formosum</i> W. Smith 1852
		Pleurosigmataceae	<i>Pleurosigma navilaceum</i> Brébisson 1854
			<i>Pleurosigma rigidum</i> W. Smith 1853
		Fragilariaceae	<i>Podocystis americana</i> Bailey 1854
			<i>Psammodictyon constrictum</i> (W. Gregory) D. G, Mann 1990
		Bacillariaceae	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (W. Gregory) D. G, Mann 1990
			<i>Pseudo-nitzchia</i> sp.
		Rhabdonemataceae	<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützing 1844

Continúa Anexo 6

<b>Taxón</b>	<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
		Fragilariaceae	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsc) Enrenberg 1832
		Ulnariaceae	<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D. M. Williams y Round 1986
	Bacillariophyceae	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
		Bacillariaceae	<i>Tryblionella apiculata</i> W. Gregory 1857
			<i>Tryblionella coarctata</i> (Grunow) D. G. Mann 1990
			<i>Tryblionella marginatula</i> var. <i>didyma</i> (Grunow) E. Y. Haworth y M. G. Kelly 2002
<b>Bacillariophyta</b>			<i>Actinocyclus curvatulus</i> Janish 1878
			<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg 1838
			<i>Coscinodiscus concinnus</i> W. Smith 1856
	Coscinodiscophyceae	Coscinodiscales	<i>Coscinodiscus curvulatus</i> var. <i>minor</i> (Ehrenberg) Grunow 1884
			<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg 1841
			<i>Coscinodiscus granii</i> Gough 1905
			<i>Coscinodiscus</i> sp.
		Hemidiscaceae	<i>Halumphora acutiuscula</i> (Kützing) Levkov, 2009

<b>Taxón</b>	<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>	
<b>Bacillariophyta</b>	Coscinodiscophyceae	Rhizosoleniaceae	Guinardia striata (Stolterfoth) Hasle 1996	
		Melosiraceae	Melosira nummuloides (Dillwyn) Greville, nom. Illeg. 1833	
		Triceratiaceae	<i>Triceratium</i> sp.	
	Mediophyceae	Ardissoneaceae	Ardissonea fulgens (Greville) Grunow 1880	
		Chaetocerotaceae	Bacteriastrum delicatulum Cleve 1897	
		Biddulphiaceae	Biddulphia tridens (Ehrenberg) Ehrenberg 1841	
			Biddulphia biddulphiana (J. E. Smith) Boyer 1990	
		Stephanodiscaceae	Cyclotella meneghiniana Kützing 1844	
			Cyclotella striata (Kützing) Grunow 1880	
		Mediophyceae	Cyclotella sp.	
			Anaulaceae	Eunotogramma laeve Grunow 1879
			Isthmiaceae	Isthmia enervis Ehrenberg 1838
			Odontellaceae	Odontella mobiliensis (Bailey) Grunow 1884
			Thalassionemataceae	Thalassiosira sp.
Skeletonemataceae	Skeletonema costatum (Greville) Cleve 1873			
	Skeletonema sp.			

Continúa Anexo 6

<b>Taxón</b>	<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
<b>Bacillariophyta</b>	Mediophyceae	Lithodesmiaceae	<i>Ditylum brightwellii</i> (T.West) Grunow 1885
		Ulvellaceae	<i>Ulvella lens</i> P. Cruan y H. Cruan 1859
		Udoteaceae	<i>Penicillus capitatus</i> Lamarck, 1813
		Anadyomenaceae	<i>Anadyomene stellata</i> (Wulfen) C. Agardh, 1823
<b>Chloropyta</b>	Ulvophyceae	Caulerpáceae	<i>Caulerpa sertularioides</i> (S.G.Gmelin) M.Howe, 1905 <i>Caulerpa mexicana</i> Sonder ex Kützing 1849
		Cladophoreaceae	<i>Chaetomorpha linum</i> (O.F.Müller) Kützing 1845
		Siphonocladaceae	<i>Dictyosphaeria cavernosa</i> (Forsskal) BØrgesen 1932
		Halimedaceae	<i>Halimeda simulans</i> M.Howe 1907
			<i>Halimeda opuntia</i> (Linnaeus) J.V,Lamouroux
		<b>Ochrophyta</b>	Phaeophyceae
<i>Dictyota cervicornis</i> Kützing 1859			
<i>Dictyota</i> sp.			
<i>Padina</i> sp.			
Sargassaceae	<i>Sargassum acinarium</i> (Linnaeus) Setchell 1933		
<b>Rhodophyta</b>	Florideophyceae	Corallinaceae	<i>Pneophyllum fragile</i> Kützing 1843
		Champiaceae	<i>Champia salicornioides</i> Harvey 1853
		Galaxauraceae	<i>Galaxaura rugosa</i> (J.Ellis y Solander) J.V.Lamouroux 1816

Continúa Anexo 6

<b>Taxón</b>	<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
<b>Rhodophyta</b>	Florideophyceae	Cystocloniaceae	<i>Hypnea spinella</i> (C.Agardh) Kützing 1847
		Ceramiaceae	<i>Ceramium cimbricum</i> H.E.Petersen 1924
			<i>Ceramium flaccidum</i> (Harvey ex Kützing) Ardissonne 1871
			<i>Ceramium brevizonatum</i> H.E.Petersen 1918
		Rhodomelaceae	<i>Palisada perforata</i> (Bory) K.W.Nam 2007
Gelidiellaceae	<i>Gelidiella acerosa</i> (Forsskal) Feldmann y Hamel 1934		
<b>Tracheophyta</b>	Monocotyledoneae	Hydrocharitaceae	<i>Thalassia testudinum</i> K.D.Koenig 1805
		Cymodoceaceae	<i>Syringodium filiforme</i> Kützing 1860

**Anexo 7.** Especies de epifitos encontradas en los rapados de las hojas de pastos marinos, PNC, Limón, Costa Rica, 2020-2021. Fuente: Elaboración propia.

<b>Año</b>	<b>Especie pasto</b>	<b>Epífito asociado con las hojas de pastos marinos</b>
<b>2020</b>	<i>T. testudinum</i>	<i>Achnanthes yaquinensis</i> McIntire y Reimer 1974
		<i>Campylodiscus decorus</i> Brébisson 1854
		<i>Ceramium cimbricum</i>
		<i>Champia salicornioides</i> Harvey 1853
		<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg 1838
		<i>Dictyota</i> sp.
		<i>Hypnea spinella</i>
		<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst 1853
		<i>Kirchenpaueria halecioides</i> (Alder, 1859)
		<i>Nitzchia closterium</i> (Ehrenberg) W. Smith 1853
		<i>Pneophyllum fragile</i>
		<i>Synedra ulna</i>
		<i>Ulvella lens</i>
		<i>Smaragdia viridis viridemaris</i> (Linnaeus, 1758)
<b>2021</b>	<i>S. filiforme</i>	<i>Champia salicornioides</i> Harvey 1853
		<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg 1838
		<i>Kirchenpaueria halecioides</i> (Alder, 1859)
		<i>Navicula</i> sp.
		<i>Nitzchia closterium</i> (Ehrenberg) W. Smith 1853
		<i>Synedra ulna</i>
		<i>Ulvella lens</i>
<b>2021</b>	<i>T. testudinum</i>	<i>Achnanthes yaquinensis</i> McIntire y Reimer 1974
		<i>Caloneis elongata</i>
		<i>Ceramium brevizonatum</i>
		<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg 1838

---

*Dictyota cervicornis*

---

Continua Anexo 7

<b>Año</b>	<b>Especie pasto</b>	<b>Epífito asociado con las hojas de pastos marinos</b>	
<b>2021</b>	<i>T. testudinum</i>	<i>Dictyota mertensii</i>	
		<i>Gramatophora marina</i>	
		<i>Guinardia striata</i>	
		<i>Licmophora abbreviata</i>	
		<i>Navicula</i> sp.	
		<i>Nitzchia longissima</i>	
		<i>Pneophyllum fragile</i>	
		<i>Prorocentrum lima</i>	
		<i>Platynereis</i> sp.	
		<i>Synedra ulna</i>	
		<i>Tabularia fasciculata</i>	
		<i>Ulvella lens</i>	
		<i>S. filiforme</i>	<i>Achnanthes yaquinensis McIntire y Reimer 1974</i>
			<i>Ceramium cimbricum</i>
<i>Climacosphenia moniligera</i>			
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg 1838			
<i>Pneophyllum fragile</i>			
		<i>Hypnea spinella</i>	