

CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y DE LA DIVERSIDAD EN LOS ECOSISTEMAS DE ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS EN LA JURISDICCIÓN MARINA DE CORPAMAG, CARIBE COLOMBIANO

Contrato No. 260

Corporación Autónoma Regional del Magdalena – Corpamag y MoAm



**Informe Técnico Final ITF-DN2-2019
Santa Marta, Colombia
Enero 2019**

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL MAGDALENA CORPAMAG



Director General

Carlos Francisco Díaz Granados

Secretario General

Paul Guillermo Laguna Panetta

Jefe Oficina Jurídica

Semiramis Sosa Tapias

Jefe Oficina de Planeación

Yuri Paulin Hurtado García

Jefe Laboratorio Ambiental

Jorge Alfonso Hani Cusse

Subdirector Técnico

Karen Forero Bula

Subdirector de Educación Ambiental

Karen Forero Bula

Subdirector de Gestión Ambiental

Alfredo Rafael Martínez Ramírez

Profesional Especializado Subdirección de Gestión Ambiental

Supervisor Contrato 260

Julieth Andrea Prieto



Gerente Investigador

Oscar Delgadillo-G
Biólogo Marino
Dive Master, NAUI

Coinvestigadores

Carlos Alberto Flórez
Ecólogo, Especialista SIG, M.Sc.
Open Water Diver, PADI

Laura C. Franco León
Bióloga Marina
Rescue Diver, PADI

Diseño e imagen empresarial

Stefannia Doria Rincón
Comunicadora Social y Periodista, MM

Leny Amaya Abello
Diseñador Gráfico

Citación sugerida:

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

MoAm S.A.S.
Calle 87 2-53 Of. 101 Bocasalinas
Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia
Ofi: +57 - 5 - 4365833 - 3002187228
Cel: +57 3114588419
www.moam.com.co

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	18
1.1 ARRECIFES CORALINOS Y PASTOS MARINOS: ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS	18
1.2 ÁREA DE ESTUDIO.....	20
1.2.1 Aspectos físicos, geográficos y ecológicos.....	20
1.2.2 Aspectos climáticos y ecosistémicos.....	22
2. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
3. METODOLOGÍA.....	26
3.1 ESTADO DEL ARTE SOBRE ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA.....	26
3.1.1 Revisión de información bibliográfica	26
3.2 DISTRIBUCIÓN, EXTENSIÓN Y CARTOGRAFÍA DE LOS ECOSISTEMAS.....	29
3.2.1 Diseño de muestreo y fase de campo	29
3.2.2 Fase de laboratorio	29
3.2.3 Análisis de la información	30
3.3 ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LAS COMUNIDADES DE PECES Y MACROINVERTEBRADOS MÓVILES EN LOS ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS	30
3.3.1 Fase de campo.....	30
3.3.2 Fase de laboratorio	31
3.4 ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL COMPONENTE BENTÓNICO DE LOS ARRECIFES DE CORAL.....	32
3.4.1 Fase de campo.....	32
3.4.2 Fase de laboratorio	33
3.5 ESTRUCTURA DE LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS.....	33
3.5.1 Fase de campo.....	33
3.5.2 Fase de laboratorio	34
3.6 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA....	35
3.6.1 Fase de campo.....	35
3.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DEL COMPONENTE BIÓTICO Y DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA.....	37
3.8 FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PRELIMINAR.....	38
3.9 PRODUCTOS Y DIVULGACIÓN	38
4. RESULTADOS.....	39
4.1 ESTADO DEL ARTE SOBRE ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA.....	39
4.1.1 Investigaciones en arrecifes de coral.....	40
4.1.2 Investigaciones en praderas de pastos marinos.....	55

4.2	CARTOGRAFÍA DE LOS ECOSISTEMAS: DISTRIBUCIÓN, EXTENSIÓN Y BATIMETRÍA	59
4.2.1	<i>Bahía de Taganga.....</i>	59
4.2.2	<i>Bahía de Gaira.....</i>	66
4.2.3	<i>Bahía de Pozos Colorados y ensenada de los Alcatraces.....</i>	74
4.2.4	<i>Bahía de Santa Marta.....</i>	79
4.3	DIVERSIDAD DE PECES EN LOS ARRECIFES DE CORAL.....	80
4.3.1	<i>Estructura de la comunidad de peces.....</i>	80
4.3.2	<i>Descriptores ecológicos de la comunidad de peces.....</i>	92
4.3.3	<i>Variación espacial de la comunidad de peces en los arrecifes de coral</i>	94
4.4	DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS EN LOS ARRECIFES DE CORAL ...	104
4.4.1	<i>Estructura de la comunidad de macroinvertebrados móviles.....</i>	104
4.4.2	<i>Descriptores ecológicos de la comunidad de macroinvertebrados móviles</i>	108
4.4.3	<i>Variación espacial de la comunidad de macroinvertebrados móviles en los arrecifes de coral.....</i>	110
4.5	DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA EN LAS FORMACIONES CORALINAS	112
4.5.1	<i>Estructura de la comunidad del componente bentónico a nivel de categorías principales de cobertura</i>	112
4.5.2	<i>Estructura de la comunidad del componente bentónico a nivel de componentes secundarios de cobertura</i>	115
4.5.3	<i>Descriptores ecológicos del componente bentónico a nivel de componentes secundarios</i>	122
4.5.4	<i>Complejidad del sustrato bentónico.....</i>	122
4.5.5	<i>Variación espacial de la comunidad del componente bentónico..</i>	125
4.6	ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS.....	129
4.6.1	<i>Estructura de las praderas de pastos marinos</i>	129
4.6.2	<i>Comunidad de peces en las praderas de pastos.....</i>	132
4.6.3	<i>Comunidad de macroinvertebrados móviles en las praderas de pastos</i>	139
4.7	VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN LOS ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS	141
4.8	DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS	145
4.9	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PRELIMINAR: DIAGNÓSTICO Y FORMULACIÓN	146
4.9.1	<i>Fase de diagnóstico.....</i>	147
4.9.2	<i>Fase de formulación.....</i>	149
5.	DISCUSIÓN.....	160
5.1	CONOCIMIENTO DE LOS ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS EN EL MAGDALENA	161
5.2	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS	162
5.3	ESTADO ACTUAL DE LA COMUNIDAD DE PECES EN LAS FORMACIONES CORALINAS	165

5.4	ESTADO ACTUAL DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS MÓVILES EN LAS FORMACIONES CORALINAS	171
5.5	ESTADO ACTUAL DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA EN LAS FORMACIONES CORALINAS	175
5.5.1	<i>Categorías principales de cobertura en las formaciones coralinas..</i>	175
5.5.2	<i>Componentes secundarios de cobertura en las formaciones coralinas</i>	180
5.6	ESTADO ACTUAL DE LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS	187
6.	CONCLUSIONES.....	191
7.	RECOMENDACIONES.....	192
8.	REFERENCIAS.....	193
9.	ANEXOS.....	205

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.1 Formaciones coralinas conformadas por corales duros y blandos típicas de la región de Santa Marta en el departamento del Magdalena.	19
Figura 3.1.1 Mapa con las estaciones de muestreo en arrecifes de coral y pastos marinos en la bahía de Taganga y bahía de Santa Marta en el departamento del Magdalena (PG: Playa Grande (pastos); PGR: Playa Grande (arrecife); BT: bahía de Taganga; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; BSM: bahía de Santa Marta).	27
Figura 3.1.2 Mapa con las estaciones de muestreo en arrecifes de coral y pastos marinos en la bahía de Gaira y bahía de Pozos Colorados en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca centro; IPN: Isla Pelicano norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; II: Inca Inca; ER: El Rodadero; PLL: Punta La Loma).	28
Figura 3.3.1 Investigadores durante la recolección de información de peces y macroinvertebrados móviles por medio del censo visual errante en intervalos de tiempo regulares en los arrecifes de coral y pastos marinos del departamento del Magdalena.	31
Figura 3.4.1 Ubicación de transectos, cuadrante y materiales para la evaluación del componente bentónico en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena.	32
Figura 3.4.2 Establecimiento de cadena de acero inoxidable junto al transecto para medir la rugosidad de los arrecifes de coral en el departamento del Magdalena.	33
Figura 3.5.1 Cuadrante en proceso de análisis con el programa <i>Coral Point Count with Excel extensions v 4.1</i> (CPCe) para determinar el porcentaje de cobertura del componente bentónico en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena.	34
Figura 3.5.2 Estimación de la densidad de vástagos y extracción de fanerógamas con nucleador en una pradera de <i>Thalassia testudinum</i> en el departamento del Magdalena.	35
Figura 3.5.3 Separación y medición de las hojas y raíces de las especies de pastos marinos recolectadas en el departamento del Magdalena.	35
Figura 3.6.1 Recolección de la información de las variables ambientales con disco Secchi y sonda multiparámetros Hach HQ40d en los arrecifes de coral y pastos marinos en el departamento del Magdalena.	37
Figura 4.1.1 Número de estudios realizados por sector y ecosistema en el área de jurisdicción de CORPAMAG en el departamento del Magdalena entre 1972 y 2017 (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).	40
Figura 4.1.2 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente coralino en la década de 1970 y 1980 entre la bahía de Gaira y Ciénaga en el departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).	41
Figura 4.1.3 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente coralino en la década de 1970 y 1980 entre las bahías de Taganga y Gaira, departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).	43

Figura 4.1.4 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente coralino en la década de 1990 entre la bahía de Santa Marta y el golfo de Salamanca, departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).	45
Figura 4.1.5 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente coralino en la década del 2000 entre las bahías de Taganga y Gaira, departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).	46
Figura 4.1.6 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente coralino en la década del 2000 en la bahía de Pozos Colorados y golfo de Salamanca, departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).	49
Figura 4.1.7 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente coralino en la década del 2010 entre la bahía de Taganga y el golfo de Salamanca, departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).	51
Figura 4.1.8 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente bentónico, comunidades asociadas y hábitats relacionados entre la década de 1970 y 2010 desde la bahía de Taganga hasta Ciénaga, departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).	54
Figura 4.1.9 Ubicación y número de estudios por estación sobre pastos marinos entre las décadas de 1990 y 2010 en el departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).	58
Figura 4.2.1 Modelo batimétrico con las isóbatas en metros y las áreas de los arrecifes coralinos de la bahía de Taganga, departamento del Magdalena.	60
Figura 4.2.2 Perfil batimétrico entre los cinco y 30 m de profundidad en el sector de Punta Venado, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.	61
Figura 4.2.3 Perfil batimétrico entre los 17 y 45 metros de profundidad en el sector de Punta Venado, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.	62
Figura 4.2.4 Perfil batimétrico entre los 5 y 20 metros de profundidad en el sector de Sisiguaca, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.	62
Figura 4.2.5 Perfil batimétrico entre los 2.5 y 20 metros de profundidad en el sector de Monoguaca, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.	63
Figura 4.2.6 Perfil batimétrico entre los 5 y 25 metros de profundidad en el sector de Playa Grande, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.	63
Figura 4.2.7 Perfil batimétrico entre los 5 y 25 metros de profundidad en el sector de Playa Vaca, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.	64
Figura 4.2.8 Perfil batimétrico entre los 5 y 25 metros de profundidad en el sector de Punta Petaca, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.	64
Figura 4.2.9 Perfil batimétrico entre los 4 y 25 metros de profundidad en el costado oriental de Punta Varadero, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.	64
Figura 4.2.10 Perfil batimétrico entre los 6 y 25 metros de profundidad en el costado occidental de Punta Varadero, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.	65
Figura 4.2.11 Ubicación de las praderas de pastos marinos en la bahía de Taganga, departamento del Magdalena.	65
Figura 4.2.12 Modelo batimétrico con las isóbatas en metros y las áreas de los arrecifes coralinos de la bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	67
Figura 4.2.13 Perfil batimétrico entre los 5 y 50 metros de profundidad en el costado norte de Punta Gaira, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	68
Figura 4.2.14 Perfil batimétrico entre los 25 y 60 metros de profundidad en el costado occidental de Punta Gaira, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	68

Figura 4.2.15 Perfil batimétrico entre uno y cinco metros de profundidad en el costado sur de Punta Gaira, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	69
Figura 4.2.16 Perfil batimétrico entre 5 y 30 metros de profundidad en el costado sur de Punta Gaira, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	69
Figura 4.2.17 Perfil batimétrico entre 5 y 15 metros de profundidad en la barrera arrecifal de Playa Blanca, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	69
Figura 4.2.18 Perfil batimétrico entre 40 y 50 metros de profundidad hacia el suroccidente de Punta Gaira, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	70
Figura 4.2.19 Perfil batimétrico entre 4 y 10 metros de profundidad en Inca Inca norte, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	70
Figura 4.2.20 Perfil batimétrico entre 8 y 18 metros de profundidad de la estación Bajo Inca Inca, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	71
Figura 4.2.21 Diferentes perfiles batimétricos entre uno y 10 metros de profundidad en el sector de Calderón Norte y Sur bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	71
Figura 4.2.22 Perfil batimétrico entre 8 y 60 metros de profundidad en el margen suroccidental de Isla Pelicano, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	72
Figura 4.2.23 Perfil batimétrico entre 8 y 18 metros de profundidad en el margen noroccidental de Isla Pelicano, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	72
Figura 4.2.24 Perfil batimétrico entre 15 y 25 metros de profundidad en el margen norte de Isla Pelicano, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	73
Figura 4.2.25 Perfil batimétrico entre 1 y 20 metros de profundidad en el margen oriental de Isla Pelicano, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	73
Figura 4.2.26 Perfil batimétrico entre 1 y 20 metros de profundidad en el margen sur de Isla Pelicano, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	74
Figura 4.2.27 Perfil batimétrico entre 5 y 18 metros de profundidad en el bajo de Amparo, Puerto Luz, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	74
Figura 4.2.28 Ubicación de las praderas de pastos marinos en la bahía de Gaira, departamento del Magdalena.	75
Figura 4.2.29 Modelo batimétrico con las isóbatas en metros y las áreas de las formaciones arrecifales de la bahía de Pozos Colorados y la ensenada de los Alcatraces, departamento del Magdalena.	76
Figura 4.2.30 Perfil batimétrico entre 4 y 6 metros al norte de Punta Cabeza de Zorra, bahía de Pozos Colorados, departamento del Magdalena.	77
Figura 4.2.31 Perfil batimétrico entre 2 y 6 metros de Punta La Lengua a Punta La Loma, bahía de Pozos Colorados, departamento del Magdalena.	77
Figura 4.2.32 Perfil batimétrico entre 2 y 6 metros de Punta La Loma a Punta Los Micos a, bahía de Pozos Colorados, departamento del Magdalena.	78
Figura 4.2.33 Perfil batimétrico entre 1 y 4 metros de Punta Los Micos a Punta Brava, bahía de Pozos Colorados, departamento del Magdalena.	78
Figura 4.2.34 Perfil batimétrico entre 1 y 5 metros en el extremo sur de Punta Brava, bahía de Pozos Colorados, departamento del Magdalena.	79
Figura 4.2.35 Ubicación de las praderas de pastos marinos en la bahía de Santa Marta, departamento del Magdalena.	79
Figura 4.3.1 Especies de peces abundantes (A: cirujano <i>Acanthurus chirurgus</i> ; B: pez creole <i>Clepticus parrae</i> ; C: castañeta <i>Chromis multilineata</i>), típicas (D: mariposa <i>Chaetodon ocellatus</i> ; E: lagarto <i>Synodus intermedius</i> ; F: cojinúa <i>Caranx crysos</i> ; G: morena moteada <i>Gymnothorax moringa</i>), raros (H: raya <i>Himantura schmardae</i>) y reportadas en el Libro Rojo (I: esposa vieja <i>Balistes vetula</i> ; J: cherna negra <i>Mycteroperca bonaci</i> ; K : burrito rayado <i>Anisotremus moricandi</i> ; L: loro <i>Sparisoma viride</i>) en las formaciones coralinas del departamento del Magdalena.	89
Figura 4.3.2 Promedio de riqueza de peces en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del	

- Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma). **91**
- Figura 4.3.3** Promedio de abundancia relativa de peces en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma). **91**
- Figura 4.3.4** Promedio de biomasa (lb) relativa estimada de peces en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma). **92**
- Figura 4.3.5** Promedio de diversidad de Shannon-Wiener (H') y uniformidad de Pielou (J') de la comunidad de peces en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma). **93**
- Figura 4.3.6** Ordenación no-métrica de escalamiento multidimensional basada en los valores de abundancia promedio, la matriz de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento completo de peces en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado). **95**
- Figura 4.4.1** Especies de macroinvertebrados móviles abundantes (A: erizo lápiz *Eucidaris tribuloides*; B: cangrejo flecha *Stenorhynchus seticornis*), típicas (C: camarón limpiador *Lysmata grabhami*; D: pulpo común *Octopus vulgaris*; E: pepino *Isostichopus badionotus*; F: estrella cometa *Linckia guildingii*) y reportadas en el Libro Rojo (G: erizo negro *Diadema antillarum*; H: langosta espinosa *Panulirus argus*; I: cangrejo moro *Carpilius corallinus*) en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena. **107**
- Figura 4.4.2** Promedio de riqueza y abundancia relativa de macroinvertebrados móviles en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta La Loma). **108**
- Figura 4.4.3** Promedio de diversidad de Shannon-Wiener (H') y uniformidad de Pielou (J') de la comunidad de macroinvertebrados móviles en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma). **109**
- Figura 4.4.4** Ordenación no-métrica de escalamiento multidimensional basada en los valores de abundancia promedio, la matriz de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento

completo de macroinvertebrados móviles en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado).....	111
Figura 4.5.1 Porcentaje de cobertura de las categorías principales en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).	112
Figura 4.5.2. Porcentaje de cobertura de las algas en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).....	113
Figura 4.5.3. Porcentaje de cobertura del sustrato inerte en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).....	113
Figura 4.5.4 Porcentaje de cobertura coralina en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).	114
Figura 4.5.5. Porcentaje de cobertura de octocorales en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).....	114
Figura 4.5.6 Porcentaje de cobertura de esponjas en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).	115
Figura 4.5.7 Especies de corales duros con mayor cobertura (A: <i>Colpophyllia natans</i> ; B: <i>Madracis auretenra</i> ; C: <i>Montastraea cavernosa</i> ; D: <i>Pseudodiploria strigosa</i>) y típicos (E: <i>Diploria labyrinthiformis</i> ; F: <i>Scolymia laceria</i> ; G: <i>Orbicella annularis</i> ; H: <i>Meandrina meandrites</i> ; I: <i>Mycetophyllia aliciae</i>) registrados en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena.	116
Figura 4.5.8 Riqueza promedio del componente secundario presente en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).	120
Figura 4.5.9 Riqueza promedio de especies de coral presentes en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).	120
Figura 4.5.10 Especies de coral reportadas en Libro Rojo de invertebrados (A: <i>Gorgonia ventalina</i> ; B: <i>Eusmilia fastigiata</i> ; C: <i>Stephanocoenia intersepta</i> ; D: <i>Porites porites</i>) presentes en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena.....	121
Figura 4.5.11 Promedio de los descriptores ecológicos diversidad de Shannon-Wiener (H') y uniformidad de Pielou (J') de los componentes secundarios de la cobertura bentónica en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).	122

Figura 4.5.12 Promedio de la rugosidad en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).	125
Figura 4.5.13 Ordenación no-métrica de escalamiento multidimensional MDS en dos dimensiones, basado en los valores promedio del porcentaje de cobertura de las categorías principales del componente bentónico, la matriz de similaridad de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento completo en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente; P: Profundo; S: Somero).	128
Figura 4.5.14 Ordenación no-métrica de escalamiento multidimensional MDS en dos dimensiones, basado en los valores promedio del porcentaje de cobertura del componente secundario de la comunidad bentónica, la matriz de similaridad de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento completo de los arrecifes de coral del Magdalena CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente; P: Profundo; S: Somero).	128
Figura 4.6.1 Promedio del porcentaje de cobertura en las praderas de <i>Thalassia testudinum</i> y <i>Syringodium filiforme</i> en el departamento del Magdalena.	129
Figura 4.6.2 Promedio de densidad (vástagos*m ²) en las praderas de <i>Thalassia testudinum</i> y <i>Syringodium filiforme</i> en el departamento del Magdalena.	130
Figura 4.6.3 Promedio de biomasa (gps*m ²) en las praderas de <i>Thalassia testudinum</i> (A) y <i>Syringodium filiforme</i> (B) en el departamento del Magdalena.	130
Figura 4.6.4 Promedio de longitud y ancho de hojas (cm) en las praderas de <i>Thalassia testudinum</i> y <i>Syringodium filiforme</i> en el departamento del Magdalena.	131
Figura 4.6.5 Promedio de área folial (cm ²) de hojas en las praderas de <i>Thalassia testudinum</i> (A) y <i>Syringodium filiforme</i> (B) en el departamento del Magdalena.	131
Figura 4.6.6 Especies de peces abundantes (A: ronco latino <i>Haemulon steindachneri</i>) reportadas en el Libro Rojo (B: pargo palmero <i>Lutjanus analis</i>) y otras típicas (C: ronco bocacolorá <i>Haemulon plumieri</i> ; D: pez globo <i>Diodon holocanthus</i>) en las praderas de pastos del departamento del Magdalena.	135
Figura 4.6.7 Promedio de riqueza y abundancia relativa total de la comunidad de peces en las praderas de pastos marinos del departamento del Magdalena.	136
Figura 4.6.8 Promedio de diversidad de Shannon-Wiener (H') y uniformidad de Pielou (J') de la comunidad de peces en las praderas de pastos marinos del departamento del Magdalena.	137
Figura 4.6.9 Ordenación no-métrica de escalamiento multidimensional basada en los valores de abundancia promedio, la matriz de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento completo de peces en las praderas de pastos del departamento del Magdalena (BSM: bahía de Santa Marta; BT: bahía de Taganga; ER: El Rodadero; II: Inca Inca; PG: Playa Grande).	138
Figura 4.6.10 Promedio de riqueza y abundancia relativa total de la comunidad de macroinvertebrados móviles en las praderas de pastos marinos del departamento del Magdalena.	140
Figura 4.6.11 Ordenación no-métrica de escalamiento multidimensional basada en los valores de abundancia promedio, la matriz de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento completo de macroinvertebrados móviles en las praderas de pastos del departamento del Magdalena (BSM: bahía de Santa Marta; BT: bahía de Taganga; ER: El Rodadero; II: Inca Inca; PG: Playa Grande).	141
Figura 4.7.1 Porcentaje de nubosidad durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.	142

Figura 4.7.2 Estado del mar durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.....	142
Figura 4.7.3 Transparencia del agua (m) durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.....	143
Figura 4.7.4 Temperatura profunda del agua (°C) durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.....	143
Figura 4.7.5 Temperatura superficial del agua (°C) durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.....	144
Figura 4.7.6 Salinidad superficial del agua durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.....	144
Figura 4.7.7 pH superficial del agua durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.....	145
Figura 4.7.8 Total de sólidos disueltos (g*L ⁻¹) en la superficie del agua durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.	145
Figura 4.8.1 Imagen del portal del Sistema de Información sobre Biodiversidad en Colombia – SiB con la publicación de los registros de biodiversidad del presente estudio.	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.6.1 Categorías para determinar la nubosidad y clasificación de las olas según su altura.	36
Tabla 4.2.1 Identificación, nombre, área (hectáreas) y categoría de arrecife coralino registrado en la bahía de Taganga, departamento del Magdalena.....	61
Tabla 4.2.2 Identificación, nombre, área (hectáreas) y categoría de arrecife coralino registrado en la bahía de Gaira, departamento del Magdalena.....	66
Tabla 4.2.3 Identificación, nombre, área (hectáreas) y categoría de arrecife coralino registrado en la bahía de Pozos Colorados, departamento del Magdalena.	75
Tabla 4.3.1 Composición y abundancia relativa de peces registrados en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca centro; IPN: Isla Pelicano norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma) (* especie en Libro Rojo; + especie invasora; - especie registrada fuera de censos).....	81
Tabla 4.3.2 Prueba de Kruskal-Wallis (H) para comparar las variables biológicas y los descriptores ecológicos de la comunidad de peces en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas *p < 0.05; **p < 0.01; GL: grados de libertad).	94
Tabla 4.3.3 Composición y biomasa relativa estimada de peces (aproximada a un decimal) registrados en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca centro; IPN: Isla Pelicano norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma) (* especie en Libro Rojo; + especie invasora; - especie registrada fuera de censos).....	96
Tabla 4.4.1 Composición y abundancia relativa de macroinvertebrados móviles registrados en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca centro; IPN: Isla Pelicano norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado) (* especie en Libro Rojo; - observado fuera de los censos).	105
Tabla 4.4.2 Prueba de Kruskal-Wallis (H) para comparar las variables biológicas y los descriptores ecológicos de la comunidad de macroinvertebrados móviles en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas *p < 0.05; **p < 0.01; GL: grados de libertad).	110
Tabla 4.5.1 Porcentaje de cobertura por componentes secundarios en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente) (*especie en Libro Rojo).	117

Tabla 4.5.2 Composición, presencia (X), ausencia y frecuencia de ocurrencia (FO %) de especies de coral registrados en los arrecifes coralinos del departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca centro; IPN: Isla Pelicano norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado) (* especie en Libro Rojo).....	123
Tabla 4.5.3 Análisis de varianza (ANOVA) de una vía para comparar variables biológicas y descriptores ecológicos de la comunidad bentónica entre los diferentes factores en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrado medio).....	125
Tabla 4.5.4 Prueba de Kruskal-Wallis (H) para comparar las variables biológicas y descriptores ecológicos de la comunidad bentónica en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas * $p < 0.05$; $p < 0.01$; gl: grados de libertad).....	127
Tabla 4.6.1 Prueba t-student (t) para comparar variables biológicas de la estructura de pastos marinos entre las estaciones de la bahía de Gaira, Santa Marta y Taganga en el departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; gl: grados de libertad).....	131
Tabla 4.6.2 Prueba de Wilcoxon (W) para comparar variables biológicas de la estructura de pastos marinos entre las estaciones de la bahía de Santa Marta y Taganga en el departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas * $p < 0.05$).	132
Tabla 4.6.3 Composición y abundancia relativa de peces registrados en los parches de pastos marinos en el departamento del Magdalena (BT: bahía de Taganga; ER: El Rodadero; II: Inca Inca; BSM: bahía de Santa Marta; PG: Playa Grande) (* especie en Libro Rojo; + especie invasora; - especie registrada fuera de censos).....	133
Tabla 4.6.4 Prueba de Kruskal-Wallis (H) para comparar las variables biológicas y los descriptores ecológicos de la comunidad de peces por estación en las praderas de pastos del departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; GL: grados de libertad).....	138
Tabla 4.6.5 Composición y abundancia relativa de macroinvertebrados móviles registrados en los parches de pastos marinos en el departamento del Magdalena (BT: bahía de Taganga; ER: El Rodadero; II: Inca Inca; BSM: bahía de Santa Marta; PG: Playa Grande) (* especie en Libro Rojo; + especie invasora; - especie registrada fuera de censos).	139
Tabla 4.6.6 Prueba de Kruskal-Wallis (H) para comparar las variables biológicas de la comunidad de macroinvertebrados móviles por estación en las praderas de pastos del departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; GL: grados de libertad).....	141
Tabla 4.9.1 Línea de acción investigación y monitoreo para la consolidación de información biológica, ecológica, ambiental y geográfica.....	149
Tabla 4.9.2 Línea de acción identificación y evaluación de amenazas.	151
Tabla 4.9.3 Línea de acción de mitigación de amenazas.....	153
Tabla 4.9.4 Línea de acción divulgación de conocimiento.	157
Tabla 4.9.5 Línea de acción de capacitación, educación y participación.....	158

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AMP	Área Marina Protegida
CAR	Corporación Autónoma Regional
CGSM	Ciénaga Grande de Santa Marta
CORPAMAG	Corporación Autónoma Regional del Magdalena
CPCe	Coral Point Count with Excel extensions
DD	Categoría Lista Roja Datos Insuficientes
EN	Categoría de amenaza En Peligro
INVEMAR	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
LC	Categoría Lista Roja Preocupación Menor
MoAm	MoAm Monitoreos Ambientales S.A.S.
NT	Categoría Lista Roja Casi Amenazado
PNNT	Parque Nacional Natural Tayrona
SIAM	Sistema de Información Ambiental Marina
SIMAC	Sistema de Monitoreo de Arrecifes Coralinos
SNSM	Sierra Nevada de Santa Marta
UAC	Unidad Ambiental Costera
UJTL	Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
VU	Categoría de amenaza Vulnerable

RESUMEN

La región de Santa Marta en el departamento del Magdalena presenta ecosistemas estratégicos marino costeros como arrecifes coralinos y pastos. Estos proveen servicios ecosistémicos importantes, pero se encuentran sometidos a variados impactos principalmente antropogénicos. Aunque estos ambientes han sido estudiados desde hace décadas, no existe un programa de monitoreo para su evaluación y aún existen vacíos de información en cuanto a su distribución y algunos grupos biológicos. Con el propósito de conocer su estado ambiental actual en términos de extensión y diversidad, durante el año 2018 se hizo un análisis de la información bibliográfica existente y se determinaron las áreas a evaluar en la bahía de Taganga, Gaira y Pozos Colorados. Se hicieron prospecciones batimétricas con sonar multi-haz y evaluación de los grupos biológicos de interés como peces, macroinvertebrados móviles, componente bentónico, así como variables físico-químicas por medio de técnicas estandarizadas. Se generó la cartografía de los ecosistemas con el empleo de sistemas de información geográfica, y para el componente biológico la información se analizó con estadística descriptiva e inferencial univariada y multivariada. Se registraron formaciones arrecifales en las tres bahías con la presencia de nuevos hallazgos para la región, estos últimos con un área aproximada de 27.55 ha. Para los pastos se encontraron cinco parches y una drástica reducción con lo reportado hace dos décadas. En los arrecifes se observaron 137 especies de peces, 34 de macroinvertebrados móviles y 28 de corales duros. Las estaciones de Playa Venado y Punta Varadero en Taganga, así como Punta Gaira y Calderón obtuvieron los valores más elevados de las variables biológicas. Por su parte, los pastos marinos tuvieron la estructura típica predominante en el Caribe y alta diversidad en términos de peces. A pesar de la importante biodiversidad observada, la presencia de comunidades relativamente estables y al menos 19 especies reportadas en los Libros Rojos, los ecosistemas en términos generales reflejaron los efectos de las presiones antropogénicas a las que han estado sometidas durante el tiempo, lo que evidencia un factor de riesgo para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, la conectividad, salud y productividad del ambiente. Es por esto que se requiere tomar medidas inmediatas para el manejo, conservación, protección y restauración de estos ecosistemas únicos en el departamento del Magdalena.

Palabras clave: Arrecifes, pastos, batimetría, cartografía, diversidad, especies amenazadas, conservación, impactos, manejo, Santa Marta.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ARRECIFES CORALINOS Y PASTOS MARINOS: ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS

El departamento del Magdalena es considerado diverso geográfica y ambientalmente por la variedad de sus ecosistemas marinos, costeros y terrestres. Parte de esta diversidad ha sido modulada por la presencia de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) y el sistema hídrico del río Magdalena con efectos sobre el clima, la estructura de la línea costera y la plataforma continental. Estas características entre otras han producido una variedad de ecosistemas y ambientes, que además incluyen áreas protegidas y santuarios en los que es posible encontrar algunos de los ecosistemas estratégicos de la franja tropical como: los bosques de manglar, las lagunas costeras, los arrecifes de coral y las praderas de pastos marinos (Díaz et al 2000, 2003; INVEMAR 2000; Idárraga-García et al 2011; García et al 2013).

El inicio del estudio de los arrecifes de coral y los pastos marinos en el Magdalena data de la década de 1970 y 1990 respectivamente. Para los arrecifes, el departamento es una de las regiones en donde mayores esfuerzos de investigación se han ejercido para conocer su diversidad, estructura, dinámica y estado ambiental (**Figura 1.1.1**); no así para los pastos marinos que en general han recibido menor interés en el país (Díaz et al 2000, 2003).

Esta tendencia ha sido también evidente a nivel mundial. Los arrecifes de coral han tenido mayor atención y soporte público debido a su belleza paisajística, los servicios ecosistémicos que proveen (e.g., aprovisionamiento pesquero, turismo, defensa costera contra las tormentas), su impactante biodiversidad y la relevancia que tienen para la economía de las regiones donde están distribuidos. Sin embargo, es uno de los ecosistemas que enfrenta las mayores amenazas por efectos humanos y naturales como la sobrepesca, la escorrentía proveniente de la

tierra que además trae consigo contaminantes, sedimentos y nutrientes, además de las actividades del desarrollo costero, las tormentas, los huracanes, blanqueamiento coralino, enfermedades y el cambio climático (Díaz et al 2000; Mora 2008; Mumby et al 2014).



Figura 1.1.1 Formaciones coralinas conformadas por corales duros y blandos típicas de la región de Santa Marta en el departamento del Magdalena.

Por su parte, los pastos marinos a nivel mundial empezaron a adquirir relevancia solo hasta el año 1970 y en la actualidad todavía existen grandes vacíos de información respecto a la biología y ecología de estos ecosistemas. La importancia de los pastos marinos radica en su papel como ingenieros del ecosistema y los servicios ecosistémicos que presta como: productores primarios, suministro de alimento orgánico, estabilización del sustrato y áreas nodriza para una variedad de especies comerciales (Díaz et al 2003; Larkum et al 2006).

Los pastos marinos en Colombia solo se encuentran en el Caribe y están constituidos por seis especies: *Thalassia testudinum*, *Halophila baillonis*, *Halophila decipiens*, *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme* y *Ruppia maritima* (Díaz et al 2003; INVEMAR 2004). Al igual que los arrecifes de coral, estos ecosistemas están sometidos a los efectos del desarrollo costero, la polución, el turismo y el cambio climático. Por estar distribuidos en la interfase agua-tierra en donde hay un incremento de las actividades humanas, son especialmente susceptibles a sus impactos, lo que les ha conferido el estatus de indicadores *in situ* de la salud, condición y perturbación del ambiente. Asimismo, los pastos han enfrentado el impacto negativo sobre su abundancia, extensión e integridad ecológica con efectos evidentes en la productividad de los sistemas marinos (Bortone et al 1999;

Larkum et al 2006). No obstante esta situación, la conciencia y los esfuerzos de las entidades públicas, empresas privadas, organizaciones no gubernamentales, y el público en general para su protección y manejo aún es incipiente.

A pesar de los ingentes esfuerzos por determinar el estado de estos ecosistemas estratégicos (i.e., arrecifes de coral y praderas de pastos marinos) en el país y en el departamento del Magdalena, la mayoría de los estudios se han enfocado a las áreas marinas protegidas (AMP). Por el contrario, en los sectores donde se ejerce la mayor parte de las actividades de desarrollo costero, el conocimiento de su distribución y condición ambiental ha estado relegado, por lo que aún existen vacíos de información sobre este particular.

En este contexto, el conocimiento, conservación y manejo de estos dos ecosistemas con el propósito de salvaguardar la salud del ambiente y mantener la provisión de los servicios ecosistémicos, se enmarca en el Plan de Acción Estratégico 2016-2019 de la Corporación Autónoma Regional del Magdalena – CORPAMAG, en la línea estratégica “Planificación, manejo y uso sostenible de los recursos y valores naturales y culturales”. Dentro de esta línea se encuentra el programa de “Planificación ambiental del territorio para la adaptación al cambio climático” y asimismo el proyecto “Gestión de la zona costera para la mitigación de las amenazas marino costeras” del cual se deriva esta investigación. El objetivo de este estudio fue hacer la caracterización ecológica y de la diversidad de los arrecifes de coral y pastos marinos en la jurisdicción de CORPAMAG para el establecimiento de los planes de manejo y conservación requeridos en las Unidades Ambientales Costeras – UAC a cargo de las corporaciones.

1.2 ÁREA DE ESTUDIO

1.2.1 Aspectos físicos, geográficos y ecológicos

La zona costera del departamento del Magdalena hace parte del sector norte de la costa Caribe colombiana y se encuentra ubicada entre los 11°00' - 11°15' N y 74°10' - 75°30' W. Limita al occidente con el departamento del Atlántico en la desembocadura del río Magdalena (Bocas de Ceniza) y al oriente con el departamento de La Guajira en la desembocadura del río Palomino (Franco-

Herrera 2005). El departamento comprende dos de las 12 unidades ambientales costeras y oceánicas del país. Estas son: 1) la UAC de la Vertiente Norte de la Sierra Nevada de Santa Marta ubicada entre la boca del río Ranchería en La Guajira hasta la desembocadura del río Córdoba en el Magdalena y 2) la UAC del río Magdalena complejo Canal del Dique – sistema lagunar de la CGSM (INVEMAR 2019).

En la franja costera del Magdalena se distinguen tres sectores de características ecológicas definidas. El primer sector delimitado es la ecorregión Magdalena (MAG), sub-ecorregión golfo de Salamanca; esta se define como el cuerpo de agua comprendido entre la línea de costa que va desde la desembocadura del río Magdalena (Bocas de Ceniza) hasta Punta Gloria, y abarca el área marina frente al Vía Parque Isla de Salamanca. Se caracteriza por la presencia de una costa cuya energía de oleaje es generalmente media-alta y con una plataforma continental ancha. Esta zona cuenta con una influencia marcada de las descargas continentales del río Magdalena y la Ciénaga Grande Santa Marta (CGSM), así como otros ríos que desembocan en el área. Por esta razón presenta aguas turbias y salinidad reducida (i.e., alrededor de 29). Por su parte, la sedimentación es de origen continental constituida por arenas grises de grano fino en la parte interna de la plataforma y por lodos en la parte externa de la plataforma (Lorin et al 1973; Erffa 1973; García y Sandoval 1983; INVEMAR 2000). El desarrollo de comunidades ecológicas como arrecifes coralinos y pastos marinos es limitado (Blanco 1988), pero se presentan ambientes estuarinos, lagunares y bosques de manglar.

La segunda región está localizada desde Punta Gloria hasta el límite oriental del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) en la desembocadura del río Piedras, por lo tanto, hace parte de la ecorregión Tayrona (TAY), e incluye las bahías de Gaira, Santa Marta, Taganga y el PNNT. La geomorfología de estas costas se encuentra determinada por las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), por lo que presenta acantilados rocosos y bahías con playas. En esta área se pueden observar algunos islotes rocosos como los morros presentes en la bahía de Gaira y la bahía de Santa Marta, así como Isla Aguja, correspondientes a prolongaciones interrumpidas de las estribaciones montañosas (Díaz-Merlano y

Puyana 1994). La plataforma continental es muy reducida o casi ausente con profundidades de 500 m a distancias cercanas de la línea de costa. La influencia de descargas continentales proviene principalmente de los ríos Manzanares y Gaira. Por su parte, los fondos son rocosos o arenosos en las partes someras y lodosos en las profundas. La dinámica del oleaje, circulación de las aguas y conformación de la línea costera ha permitido que se desarrollen arrecifes coralinos, praderas de algas, manglares, pastos marinos y llanuras arenosas (Díaz et al 2000; INVEMAR 2000).

Por último, la ecorregión Palomino (PAL) se encuentra ubicada entre la desembocadura del río Piedra hasta la ciudad de Riohacha, con el límite departamental en la desembocadura del río Palomino. Se caracteriza por tener costas abiertas de alta energía de oleaje y playas amplias de grano grueso. La plataforma es de ancho medio y los fondos están constituidos por arenas gruesas en las zonas someras y lodosas en las profundas. Los ríos que desembocan en la zona son de tramo corto, escaso caudal y poca descarga de sedimentos, por lo que no alteran considerablemente la calidad fisicoquímica de las aguas costeras. Aparentemente no existen praderas de pastos marinos ni arrecifes de coral en esta ecorregión (INVEMAR 2000), pero por información de las comunidades de pescadores, se presume la presencia de estos últimos.

1.2.2 Aspectos climáticos y ecosistémicos

En cuanto a la climatología, el departamento del Magdalena cuenta con un régimen de precipitación anual que oscila entre 350 - 900 mm y presenta dos tendencias estacionales: la época seca (diciembre-abril), regida por los vientos Alisios del noreste que producen el fenómeno local de surgencia en el que afloran aguas frías, profundas, de salinidad elevada y cargadas de nutrientes. Como consecuencia la temperatura del agua desciende a 20 °C y se eleva la salinidad hasta 38. En la época lluviosa (mayo-noviembre) en la que cesa el efecto de los vientos y por ende la surgencia, la temperatura del agua aumenta a un promedio cercano a 27 °C, la salinidad disminuye hasta 33, e incrementa la influencia de la descarga de aguas continentales lo que genera un aumento en la turbidez del

agua (Bula-Meyer 1985; Blanco 1988; Díaz et al 2001; Garzón-Ferreira y Díaz 2003; Franco-Herrera 2005).

La franja costera del departamento cuenta con la laguna costera más extensa del país y del Caribe, conocida como la CGSM con un área de 450 km². También se encuentra una de las coberturas de bosque de manglar más amplias del país con una extensión de 34365 ha. Las praderas de pastos y arrecifes coralinos están principalmente dentro del PNNT y en menor proporción en el sector de Santa Marta con áreas de 97 ha (pastos) y 14.3 km² (arrecifes) (Díaz et al 2000, 2003; Vilardy y González 2011; INVEMAR 2019).

2. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 OBJETIVO GENERAL

Hacer la caracterización ecológica y de la diversidad en los ecosistemas de arrecifes de coral y pastos marinos en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Magdalena - CORPAMAG, Caribe Colombiano.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer la distribución, determinar la extensión y generar la cartografía de los ecosistemas de coral y pastos marinos en áreas de potencial desarrollo costero del departamento del Magdalena.
- Estimar la estructura y diversidad de las comunidades de peces y macroinvertebrados móviles en arrecifes coralinos y pastos marinos.
- Determinar la estructura y diversidad del componente bentónico de los arrecifes coralinos.
- Evaluar la estructura de las praderas de pastos marinos por medio del porcentaje de cobertura de las especies, cantidad de vástagos y biomasa.
- Registrar las variables físicas y químicas básicas *in situ* en los arrecifes coralinos y pastos marinos.
- Emplear análisis estadísticos descriptivos e inferenciales (univariados y multivariados) para analizar la información obtenida de la caracterización ecológica y el estudio batimétrico.
- Priorizar una parte de la caracterización y batimetría al área de Playa Blanca, Inca Inca y Calderón en el sector de la bahía de Gaira.
- Establecer un plan de manejo ambiental preliminar de manera participativa.
- Socializar los resultados de la caracterización ecológica y batimétrica ante las entidades competentes, actores y comunidades locales.

- Crear una geodatabase con la información obtenida e ingresar la información al sistema de biodiversidad marina.
- Entregar material de divulgación.

3. METODOLOGÍA

3.1 ESTADO DEL ARTE SOBRE ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

3.1.1 Revisión de información bibliográfica

Con el propósito de conocer el estado del arte sobre la información de los ecosistemas de arrecifes de coral y pastos marinos en la jurisdicción de CORPAMAG en el departamento del Magdalena, se realizó una revisión de información bibliográfica en los centros de documentación de las entidades ambientales locales, regionales y nacionales tanto públicas como privadas, institutos de investigación, universidades, empresas privadas, además de buscadores en la red para publicaciones científicas y literatura gris (e.g., informes técnicos, tesis). Adicionalmente, se indagó en el conocimiento tradicional de las comunidades de pescadores artesanales y escuelas de buceo, así como en la experiencia previa de MoAm en el departamento para complementar la información existente.

Posterior a esta revisión se definió de manera concertada con CORPAMAG las áreas con presencia de arrecifes coralinos y pastos marinos en los sectores de potencial desarrollo costero (e.g., puertos, marinas, obras de infraestructura) entre la bahía de Taganga y el sector de Pueblo Viejo. Además se decidió en priorizar las áreas que históricamente presentaron un menor número de estudios.

Se seleccionaron tres áreas para la investigación. Una de ellas fue determinada *a priori* según los compromisos contractuales concernientes a esta investigación como fue la bahía de Gaira (El Rodadero). Las otras dos áreas seleccionadas fueron la bahía de Taganga y la bahía de Pozos Colorados, y para pastos marinos además la bahía de Santa Marta. En esta fase del estudio se definieron 19 estaciones de muestreo, 14 en arrecifes y cinco en pastos (**Figura 3.1.1**).

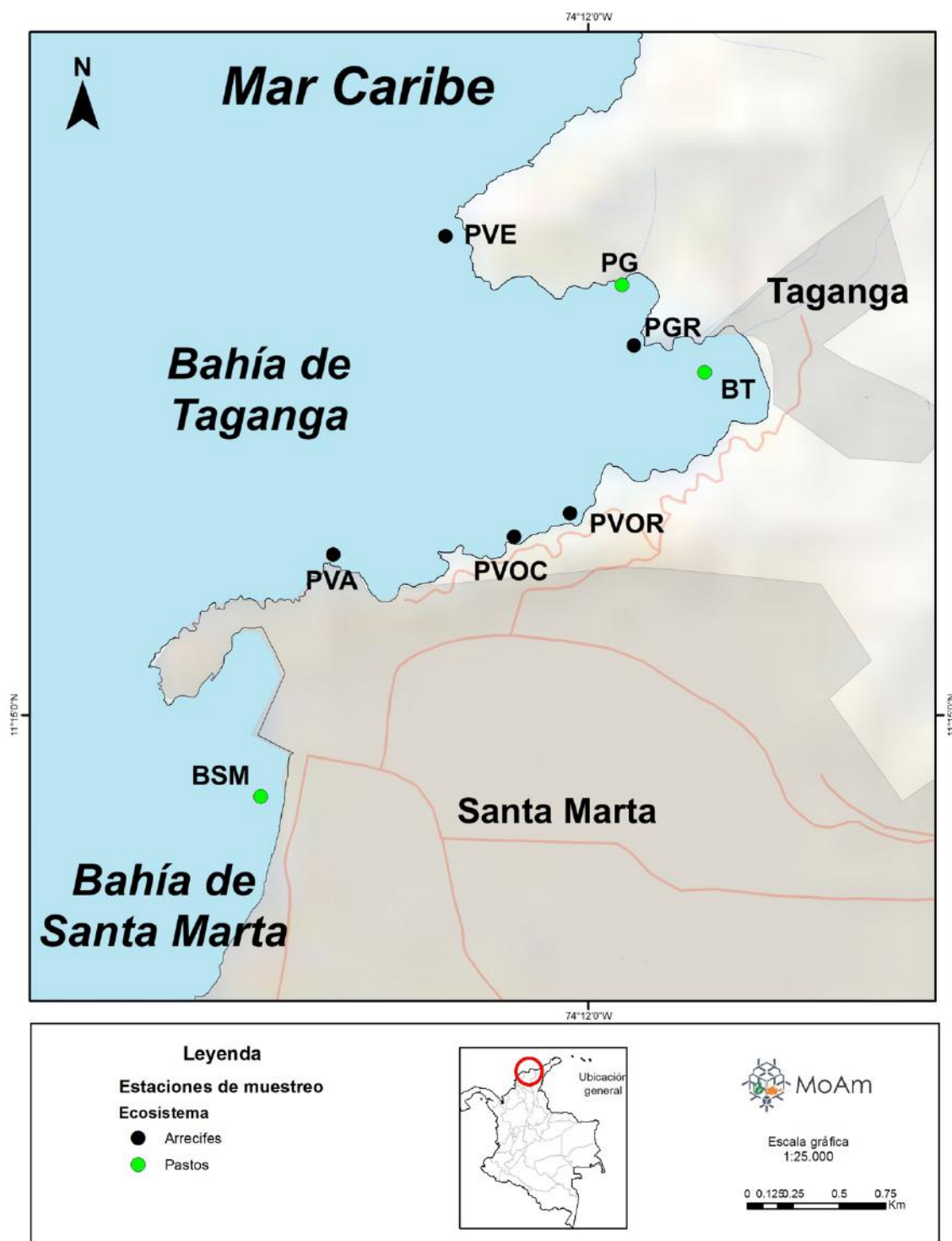


Figura 3.1.1 Mapa con las estaciones de muestreo en arrecifes de coral y pastos marinos en la bahía de Taganga y bahía de Santa Marta en el departamento del Magdalena (PG: Playa Grande (pastos); PGR: Playa Grande (arrecife); BT: bahía de Taganga; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; BSM: bahía de Santa Marta).

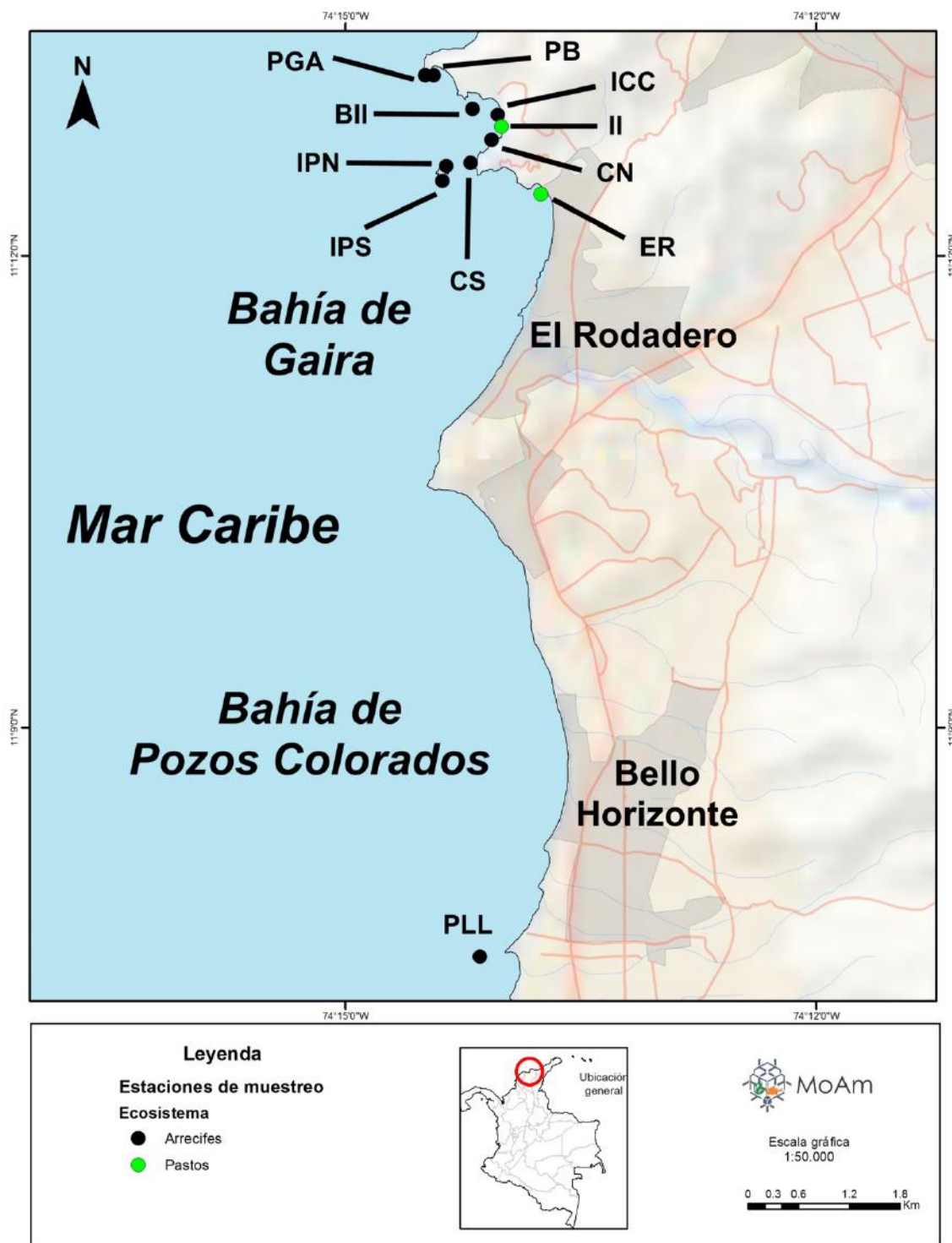


Figura 3.1.2 Mapa con las estaciones de muestreo en arrecifes de coral y pastos marinos en la bahía de Gaira y bahía de Pozos Colorados en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca centro; IPN: Isla Pelicano norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; II: Inca Inca; ER: El Rodadero; PLL: Punta La Loma).

3.2 DISTRIBUCIÓN, EXTENSIÓN Y CARTOGRAFÍA DE LOS ECOSISTEMAS

3.2.1 Diseño de muestreo y fase de campo

Una vez concertadas las áreas con CORPAMAG, se ejecutaron las campañas de levantamiento acústico entre los meses de agosto y octubre de 2018. Por medio de sistemas de información geográfica se crearon los polígonos preliminares de las áreas seleccionadas y se establecieron los recorridos en sentido paralelo y perpendicular a la línea de costa separados 25-30 m y hasta una profundidad máxima que varió entre 10 y 80 m según la pendiente del área. La información definida en coordenadas geográficas Datum WGS84 se ingresó a los equipos de campo y posteriormente, a bordo de una embarcación con motor fuera de borda acondicionada con GPS Garmin ® map 78sc y una sonda Lowrance ® Elite 7Ti, se realizaron los recorridos a una velocidad constante de 3.5 km*hora⁻¹ para determinar la naturaleza, morfología del fondo y las características batimétricas (Coggan et al 2007; Wilson et al 2007; Delgadillo-G y Ruiz-A 2016).

3.2.2 Fase de laboratorio

La información recopilada en campo durante el levantamiento batimétrico, se convirtió de formato *sl2* a *gpx* y este se exportó a archivo de Microsoft Excel. A partir de este archivo se hicieron las correcciones necesarias de los valores de profundidad de acuerdo a la posición del transductor en la embarcación y a la variación de la marea durante las campañas. Esta última se obtuvo de los pronósticos de mareas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (www.ideam.gov.co) y el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas – CIOH (www.cioh.org.co) (Coggan et al 2007; Wilson et al 2007; Delgadillo-G y Ruiz-A 2016).

Posteriormente, la información se ingresó al programa ArcGIS en el que se utilizó el modelo digital de análisis de terreno para generar la batimetría y estimar la extensión de los ecosistemas evaluados. Esto se hizo por medio de la creación de un *raster* con un tamaño específico de celdas de acuerdo al proceso de interpolación. Para validar la precisión y calidad del modelo, los datos de campo

se compararon con los valores de celdas modeladas sobre un archivo raster. Finalmente, se obtuvieron las interpretaciones gráficas de batimetría y cartografía en escala 1:5000 (Coggan et al 2007; Wilson et al 2007; Delgadillo-G y Ruiz-A 2016).

3.2.3 Análisis de la información

La información batimétrica transformada se organizó en matrices de Microsoft Excel para hacer el análisis estadístico descriptivo con medidas de tendencia central (i.e., promedio) y medidas de variabilidad (i.e., ámbitos, desviación estándar) y de esta forma se complementó la descripción cartográfica de las áreas evaluadas. La caracterización geomorfológica de las formaciones coralinas se apoyó también con los perfiles batimétricos obtenidos directamente con el sonar (Coggan et al 2007; Wilson et al 2007; Delgadillo-G y Ruiz-A 2016).

3.3 ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LAS COMUNIDADES DE PECES Y MACROINVERTEBRADOS MÓVILES EN LOS ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS

3.3.1 Fase de campo

Dos investigadores realizaron censos visuales entre marzo y octubre de 2018 con equipo autónomo de buceo SCUBA en las formaciones coralinas y praderas de pastos, para lo que emplearon el método de buceo errante durante 30 minutos por buzo, dividido en cinco intervalos de tiempo regulares de seis minutos, equivalentes a 25-30 m de recorrido (**Figura 3.3.1**). Durante esta actividad se registró la composición, abundancia, frecuencia de ocurrencia, tamaño y estadio de vida de las especies de peces y macroinvertebrados móviles (mayor a un cm en longitud total) (Bortone et al 2000; Delgadillo et al 2004; Delgadillo-Garzón y Ramírez 2009).

Para el registro de la abundancia de los peces en grupos de pocos individuos (usualmente menos de 20 o 30), se contó cada uno. Los grupos más grandes se estimaron en categorías de abundancia de >30, >40, >50, >100, >200, >500, >1000, >1500 y >2000 individuos (Sale 1997; Bortone et al 2000; Delgadillo et al 2004). El estadio de vida de las especies (i.e., juvenil, intermedio y adulto), se determinó con

la valoración de los atributos físicos de las especies como morfología del cuerpo, color y longitud total. La identificación positiva de las especies y el estadio de vida se corroboró con las guías taxonómicas para el Gran Caribe, Florida y Bahamas (Carpenter 2002 a b c; Humann y Deloach 2002 a b) y la aplicación para teléfonos inteligentes de Robertson y Van Tassell (2016), apoyado además de registros fotográficos de los organismos realizados con cámaras fotográficas Nikon Coolpix P7000 y GoPro Hero 4 Black.

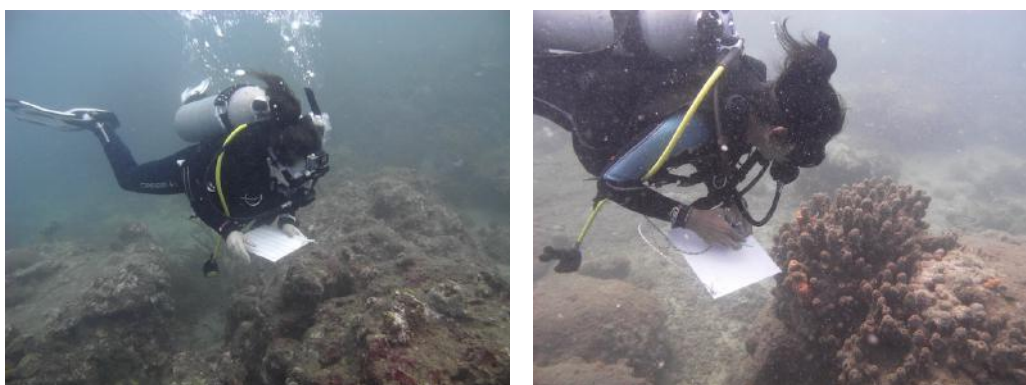


Figura 3.3.1 Investigadores durante la recolección de información de peces y macroinvertebrados móviles por medio del censo visual errante en intervalos de tiempo regulares en los arrecifes de coral y pastos marinos del departamento del Magdalena.

3.3.2 Fase de laboratorio

Para la asociación de peces, la biomasa (w) se obtuvo de la estimación de la longitud total de las especies durante los censos, a través de la conversión alométrica de la ecuación de longitud-peso:

$$w_{i,j} = a_j L_{i,j}^{b_j},$$

en la que $L_{i,j}$ es igual a la longitud (cm) de la especie estimada en campo, a y b son los parámetros específicos de las curvas de las especies, obtenidos del portal Fish Base (Froese y Pauly 2016; www.fishbase.org). Estos parámetros se seleccionaron de acuerdo a criterios como la ubicación geográfica de los datos de la especie en el Caribe, el valor de la correlación r más próximo a uno y el número de muestras valoradas (Newman et al 2006; Claisse et al 2014). De esta

manera, se determinaron los valores de biomasa de las especies en gramos, para posteriormente transformarlos a libras.

3.4 ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL COMPONENTE BENTÓNICO DE LOS ARRECIFES DE CORAL

3.4.1 Fase de campo

La estructura y diversidad del componente bentónico se cuantificó como mínimo en tres formaciones coralinas (estaciones) en dos de las tres áreas seleccionadas (i.e., bahía de Taganga, bahía de Gaira), con la utilización de equipo autónomo de buceo SCUBA durante los meses de abril a octubre. En cada estación dos buzos instalaron tres transectos de 30 metros de longitud (flexómetro), sobre los que se dispusieron 10 cuadrantes de 0.5 x 0.5 m (0.25 m²) en cada uno y se hizo el registro fotográfico con cámaras Nikon ® Coolpix P7000 (**Figura 3.4.1**).

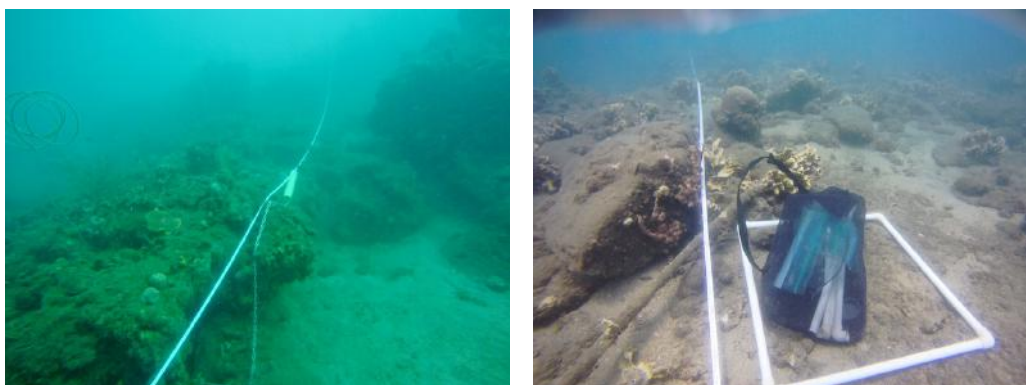


Figura 3.4.1 Ubicación de transectos, cuadrante y materiales para la evaluación del componente bentónico en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena.

Se realizó la extracción de muestras de organismos cuya identidad no fue reconocida positivamente en campo. Para tal fin se utilizaron espátula, cuchillo y bolsas sellables previamente numeradas para diferenciar su procedencia según el número de cuadrante, transecto y estación (Kohler y Gill 2006; Delgadillo-Garzón y Zapata-Ramírez 2009; Vishnoff y Delgadillo-Garzón 2010).

Para determinar la complejidad del arrecife en términos de rugosidad (CARICOMP 1997; Vega-Sequeda et al 2008), se dispuso una cadena de acero inoxidable de 10 m de longitud con eslabones de 20 mm sobre el contorno del

arrecife junto al flexómetro de 30 m. La longitud de la cadena se midió entre los intervalos de 0 a 10 m y 20 a 30 m del flexómetro en cada uno de los tres transectos instalados por estación (**Figura 3.4.2**).

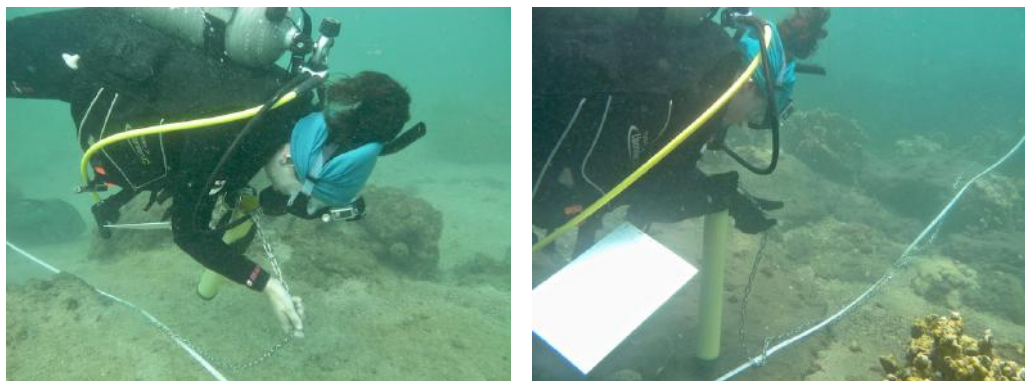


Figura 3.4.2 Establecimiento de cadena de acero inoxidable junto al transecto para medir la rugosidad de los arrecifes de coral en el departamento del Magdalena.

3.4.2 Fase de laboratorio

Por medio de los métodos lineales de intercepto como el conteo de puntos al azar y con el uso del programa Coral Point Count with Excel extensions (CPCe v. 4.1), sobre cada fotografía se estimó la cobertura a nivel de categorías principales (e.g., algas, esponjas, corales, octocorales, briozoos, tunicados) y componentes secundarios o especies (**Figura 3.5.1**). Para tal fin se empleó el muestreo aleatorio estratificado y se dispusieron 100 puntos sobre cada imagen para dicha estimación. Adicionalmente se revisaron los organismos extraídos para confirmar su identidad taxonómica con claves especializadas y ayuda de expertos (Kohler y Gill 2006; Delgadillo-Garzón y Zapata-Ramírez 2009; Vishnoff y Delgadillo-Garzón 2010).

3.5 ESTRUCTURA DE LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS

3.5.1 Fase de campo

Mediante el empleo de equipo de buceo autónomo SCUBA, en cada una de las estaciones seleccionadas con praderas de pastos marinos de las especies *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*, se instaló un transecto de 10 m de longitud paralelo a la línea de costa sobre el que se dispusieron al azar seis cuadrantes de

0.5 x 0.5 m (0.25 m²). Dentro de cada cuadrante se estimó la cobertura con el programa Coral Point Count with Excel extensions (CPCe v.4.1) y la densidad de la especie presente a través del conteo del número de vástagos en un área de 0.0625 m² dentro del cuadrante (**Figura 3.5.2**). De otra parte, la biomasa de fanerógamas marinas se determinó mediante la inserción de un nucleador de 15 cm de diámetro hasta una profundidad de 20 cm sobre el fondo vegetado en tres puntos aleatoriamente en la pradera (**Figura 3.5.2**); posteriormente cada muestra recolectada se guardó en bolsas plásticas rotuladas y se preservaron con formaldehído al 4 % para su traslado al laboratorio. Dentro de cada estación se realizaron observaciones generales del entorno, como la forma de la pradera, el tipo de sustrato y la profundidad (Caricomp 2001; Duarte y Kirkman 2001; Castillo-Torres 2002; Díaz et al 2003).



Figura 3.5.1 Cuadrante en proceso de análisis con el programa *Coral Point Count with Excel extensions* v.4.1 (CPCe) para determinar el porcentaje de cobertura del componente bentónico en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena.

3.5.2 Fase de laboratorio

Con el fin de determinar la biomasa total se limpiaron manualmente y con ácido clorhídrico (HCl) al 10 % los epífitos las hojas y raíces de pastos recolectadas.

Posteriormente se secaron en una estufa a 90 °C hasta obtener peso constante y luego pesadas en balanza analítica Ohaus ® Pioneer con precisión de 0.001 g. Adicionalmente, se tomaron medidas de largo y ancho de las hojas de las especies (**Figura 3.5.3**) (Caricomp 2001; Castillo-Torres 2002; Díaz et al 2003).



Figura 3.5.2 Estimación de la densidad de vástagos y extracción de fanerógamas con nucleador en una pradera de *Thalassia testudinum* en el departamento del Magdalena.



Figura 3.5.3 Separación y medición de las hojas y raíces de las especies de pastos marinos recolectadas en el departamento del Magdalena.

3.6 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA

3.6.1 Fase de campo

A través de mediciones *in situ* se recolectó información concerniente a algunas de las características ambientales en cada una de las salidas de campo, en todas las

estaciones visitadas (Miller y Fallace 2000; Garzón-Ferreira et al 2002). Por observación directa se estimó la nubosidad en cantidad de nubes en el cielo de acuerdo al número de octavos en la bóveda celeste (octas) a partir de categorías predeterminadas. El estado del mar se determinó a partir de la escala propuesta por Percy Douglas en metros del oleaje observada en la superficie del mar (**Tabla 3.6.1**).

Tabla 3.6.1 Categorías para determinar la nubosidad y clasificación de las olas según su altura.

Nubosidad		Estado del mar	
Categoría	Cantidad de Nubes	Denominación	Altura de las olas (m)
0	Despejado	0 - Calma	0
1	1 octa o menos (> 0)	1 - Rizada	0 - 0.1
2	2 octas	2 - Marejadilla	0.1 - 0.5
3	3 octas	3 - Marejada	0.5 - 1.25
4	4 octas	4 - Marejada fuerte	1.25 - 2.5
5	5 octas	5 - Mar gruesa	2.5 - 4.0
6	6 octas	6 - Mar muy gruesa	4.0 - 6.0
7	7 octas	7 - Arbolada	6.0 - 9.0
8	8 octas	8 - Montañosa	9.0 - 14.0

Por métodos electrométricos con sonda multiparámetros Hach HQ40d se midió la temperatura superficial y profunda del agua, salinidad, pH y total de sólidos disueltos. La transparencia de la masa de agua se estimó por medio de un disco Secchi hasta la distancia máxima de visibilidad vertical (profundidad) a la que fue observado desde la superficie de la embarcación (**Figura 3.6.1**).



Figura 3.6.1 Recolección de la información de las variables ambientales con disco Secchi y sonda multiparámetros Hach HQ40d en los arrecifes de coral y pastos marinos en el departamento del Magdalena.

3.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DEL COMPONENTE BIÓTICO Y DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

La información obtenida en campo y laboratorio se transcribió en matrices de Microsoft Excel. Para las variables de los diferentes componentes biológicos (e.g., composición, abundancia, biomasa, porcentaje de cobertura, número de vástagos, biomasa total, tamaño y longitud de las hojas) y abiótico (variables físico-químicas), y de acuerdo a sus respectivas particularidades, se obtuvieron las medidas de tendencia central (i.e., promedio) y medidas de variabilidad (i.e., ámbitos, desviación estándar).

Para los pastos marinos la densidad se calculó a partir de la siguiente fórmula (Castillo-Torres 2002):

$$Dm^2 = N / A * 4$$

en la que

Dm^2 = densidad en metros cuadrados

N = número de vástagos por unidad muestral

A = área de la unidad muestral

4 = factor ($0.25 \text{ m}^2 \times 4 = 1 \text{ m}^2$)

La biomasa se expresó en gramos de peso seco por metro cuadrado, y la longitud y ancho de las hojas se expresó en promedio por estación.

Se estimaron los descriptores ecológicos diversidad de Shannon-Wiener (H') y uniformidad de Pielou (J') para las comunidades de peces, macroinvertebrados y componente bentónico. Posteriormente se realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza para conocer la distribución de los datos y de acuerdo a esto se efectuaron análisis estadísticos univariados (i.e., prueba t-student, Wicolxon, análisis de varianza ANOVA y prueba de Kruskal-Wallis), para comparar las variables biológicas entre las estaciones de muestreo, localidades y en los que aplicó por profundidad. Adicionalmente, se determinó la tendencia espacial en la distribución de las comunidades biológicas con el análisis multivariado de

ordenación no-métrica multidimensional basado en el índice de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento completo (Ludwig y Reynolds 1988; Clarke y Warwick 2001; Quinn y Keough 2002; Zar 2010). Todos los análisis se realizaron con el programa de uso libre R (R Core Team 2017) y Primer 6.

3.8 FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PRELIMINAR

La formulación del plan de manejo ambiental preliminar siguió los protocolos y esquemas empleados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA (MAVDT 2010; MADS 2014) y Parques Nacionales Naturales de Colombia y estuvo conformado por las fases de diagnóstico y formulación (Muñoz y Zapata 2013; Barragán-Acosta et al 2018).

- Fase de diagnóstico: se basó en los resultados obtenidos sobre la distribución y extensión de los ecosistemas estratégicos, así como de su caracterización ecológica y de la diversidad, con la correspondiente definición de los posibles impactos de manera participativa con actores clave.
- Fase de formulación: se formuló el plan de manejo ambiental con la validación de las instituciones del área de influencia y otros actores relacionados. Esta fase solo contempló la definición de los proyectos y actividades a desarrollar, así como las metas y sus responsables.

3.9 PRODUCTOS Y DIVULGACIÓN

Se creó una geodatabase con toda la información recopilada durante esta evaluación, mapas, capas, metadatos, así como archivo fotográfico y de video. Igualmente se ingresó la información obtenida durante la caracterización al Sistema de Información de Biodiversidad en Colombia SiB.

4. RESULTADOS

4.1 ESTADO DEL ARTE SOBRE ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

En la revisión de información bibliográfica realizada a la fecha, se registraron un total de 78 estudios ejecutados en el área de jurisdicción de CORPAMAG, departamento del Magdalena. Estos estudios dataron del año 1972 hasta el 2017, con el mayor número de ellos en la década comprendida entre 2000-2009 (33), seguido de 1990-1999 (15), y 2010-2017 (15), 1980-1989 (ocho) y 1970-79 (cuatro). El tipo de publicación relacionada con esta información fue: artículos científicos (39), trabajos de grado (21), libros (7), informes (6), resúmenes de eventos académicos (4), e información tradicional de pescadores (1).

Algunos de los trabajos revisados evaluaron varios ecosistemas y áreas en un solo estudio, razón por la que la sumatoria de los siguientes resultados fue diferente al total de estudios presentados previamente. De acuerdo a las temáticas desarrolladas en los trabajos, 65 de estos se realizaron en arrecifes de coral, 13 en pastos marinos y tres en arrecifes y/o hábitats artificiales. La bahía de Santa Marta fue el lugar donde se realizó el mayor número de estudios para los dos ecosistemas de interés con un total de 56, seguido de la bahía de Gaira con 32, mientras que la bahía de Taganga tuvo 15, el golfo de Salamanca 13 y dos estudios más que se realizaron en otras áreas del departamento (**Figura 4.1.1**).

En cuanto a la temática específica de cada estudio, en su mayoría se enfocaron a evaluar la diversidad de algunos grupos biológicos en los arrecifes (22), caracterización, distribución y dinámica de la comunidad arrecifal (20), biología y ecología de especies coralinas (15), caracterización y distribución de pastos (10), caracterización y dinámica de la comunidad coralina (6), diagnóstico ambiental (1), revisiones de información (1), fósiles coralinos (1), restauración arrecifes y pastos (1), y diversidad en pastos (1).

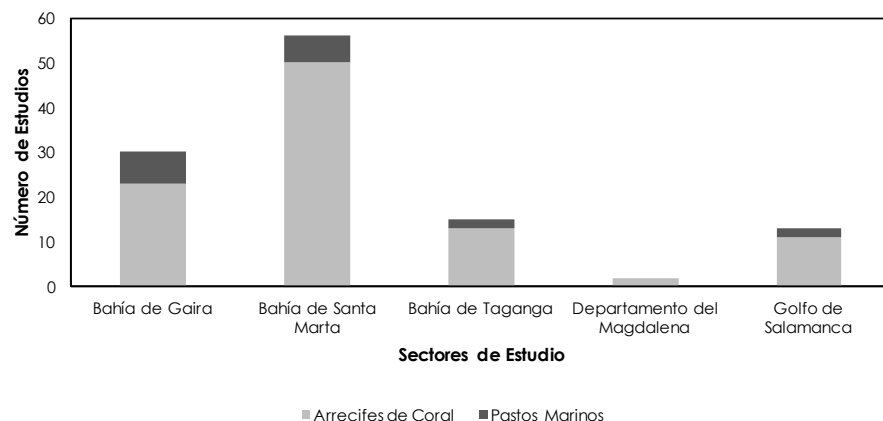


Figura 4.1.1 Número de estudios realizados por sector y ecosistema en el área de jurisdicción de CORPAMAG en el departamento del Magdalena entre 1972 y 2017 (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).

4.1.1 Investigaciones en arrecifes de coral

Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas marinos más estudiados en el país al igual que en el departamento del Magdalena en diferentes temáticas como: inventarios de especies, taxonomía, caracterización ecológica y biodiversidad de la comunidad coralina y arrecifal (i.e., algas, esponjas, otros cnidarios, macroinvertebrados móviles, peces, etc.), enfermedades coralinas, ecología poblacional y aspectos reproductivos de las especies, así como diagnósticos ambientales. Es de anotar que la mayor parte de los trabajos del departamento se desarrollaron en el Parque Nacional Natural Tayrona – PNNT y el objeto de esta revisión fue presentar los avances en la jurisdicción de CORPAMAG fuera de los límites de las áreas marinas protegidas (AMP). En ese sentido, los resultados presentados a continuación correspondieron a las áreas comprendidas entre la bahía de Taganga hasta el golfo de Salamanca.

4.1.1.1 Biología y ecología del componente coralino

Los primeros aportes al conocimiento de este ecosistema se enfocaron en la generación de inventarios de especies, así como en la caracterización de la comunidad coralina y arrecifal en términos de distribución y zonación por parte de Antonius (1972) y Erhardt y Werding (1975) en la bahía de Santa Marta. La

descripción de un arrecife fósil del Holoceno encontrado en Punta La Loma (sector aeropuerto, bahía de Pozos Colorados) por von Erffa y Geister (1976) y el registro de algunas especies de la clase Anthozoa e Hidrozoa por parte de Brattström (1980) en su estudio de zonación del litoral rocoso. Posteriormente von Prahl (1985) recopiló la información de corales producida en el país y presentó una lista de 48 especies para el área de estudio (**Figura 4.1.3; Figura 4.1.3**).

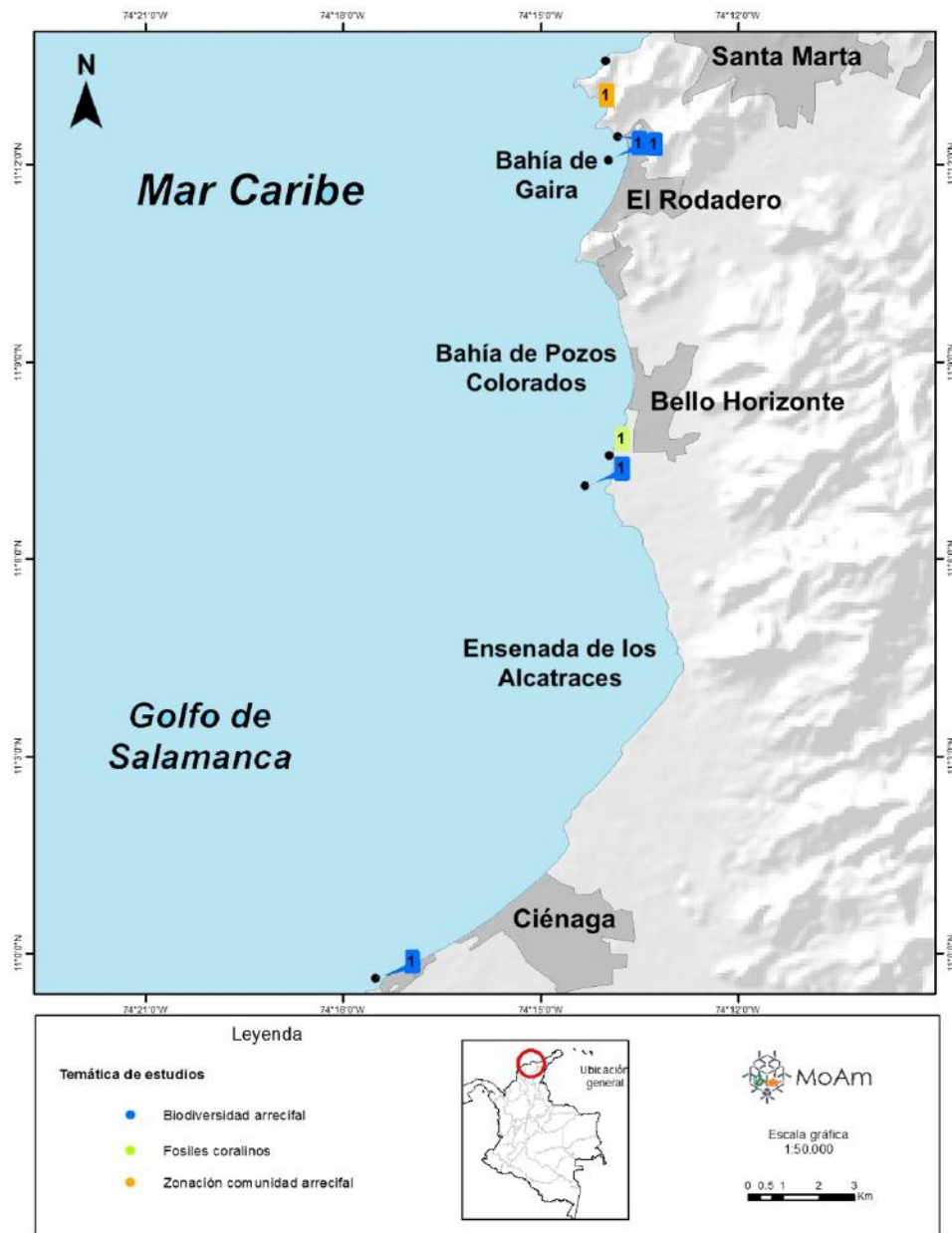


Figura 4.1.2 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente coralino en la década de 1970 y 1980 entre la bahía de Gaira y Ciénaga en el departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).

A finales de la década de los 80 se empezaron a desarrollar una serie estudios con un enfoque más ecológico de las comunidades coralinas, principalmente en la bahía de Santa Marta. Por ejemplo, el trabajo de Botero (1987) determinó la presencia de 33 especies de octocorales, cuya zonación estuvo influenciada por factores como el sustrato, la iluminación y la agitación por oleaje. Liddell y Ohlhorst (1988) en su análisis de las comunidades arrecifales del Atlántico Occidental reportaron para Colombia (Punta Betín e Isla Morrito) una alta abundancia de *Montastraea cavernosa* en sitios con alta sedimentación; en términos generales estimaron una baja diversidad relativa en comparación con otras localidades. Adicionalmente Werding y Sánchez (1989) describieron las asociaciones típicas de las formaciones coralinas con otros componentes bentónicos (e.g., esponjas, gorgonaceos, pastos marinos) y sus patrones de distribución, los que estuvieron determinados por el gradiente de exposición al oleaje (**Figura 4.1.3**).

Para esta misma época aspectos como la salud del ecosistema arrecifal tomaron relevancia. En este sentido Werding y Sánchez (1988) observaron una reducción de hasta el 100 % en la cobertura de especies como *Eusmilia fastigiata* y *Mussa angulosa* en el sector de Punta Betín. Zea y Duque-Tobón (1989) describieron el fenómeno de blanqueamiento de corales en 1987, que afectó cerca de 20 especies de la comunidad. Estas se recuperaron casi en su totalidad luego de cinco meses de iniciado el fenómeno. Posteriormente, Garzón-Ferreira y Zea (1992) reportaron una mortandad masiva del octocoral *Gorgonia ventalina*, la que aparentemente inició entre 1986 y 1987 con una mortalidad de casi el 100 % para 1990, similar a lo ocurrido a inicio de los 80 en otras áreas del Caribe sur (**Figura 4.1.3**).

A partir de la década de los 90 se inició el trabajo sobre aspectos taxonómicos y biológicos de las especies, así como ecológicos de la comunidad arrecifal en la bahía de Santa Marta, bahía de Gaira y en el golfo de Salamanca. Entre estos se destacó el de Acero et al (1990) quienes evaluaron las dos especies del género *Solenastrea*, para las que encontraron diferencias en las estructuras de los coralites y no a partir de caracteres morfométricos implementados anteriormente. Además notaron que *Solenastrea bournoni* fue la especie más común en el área con evidencias de gigantismo (**Figura 4.1.4**).

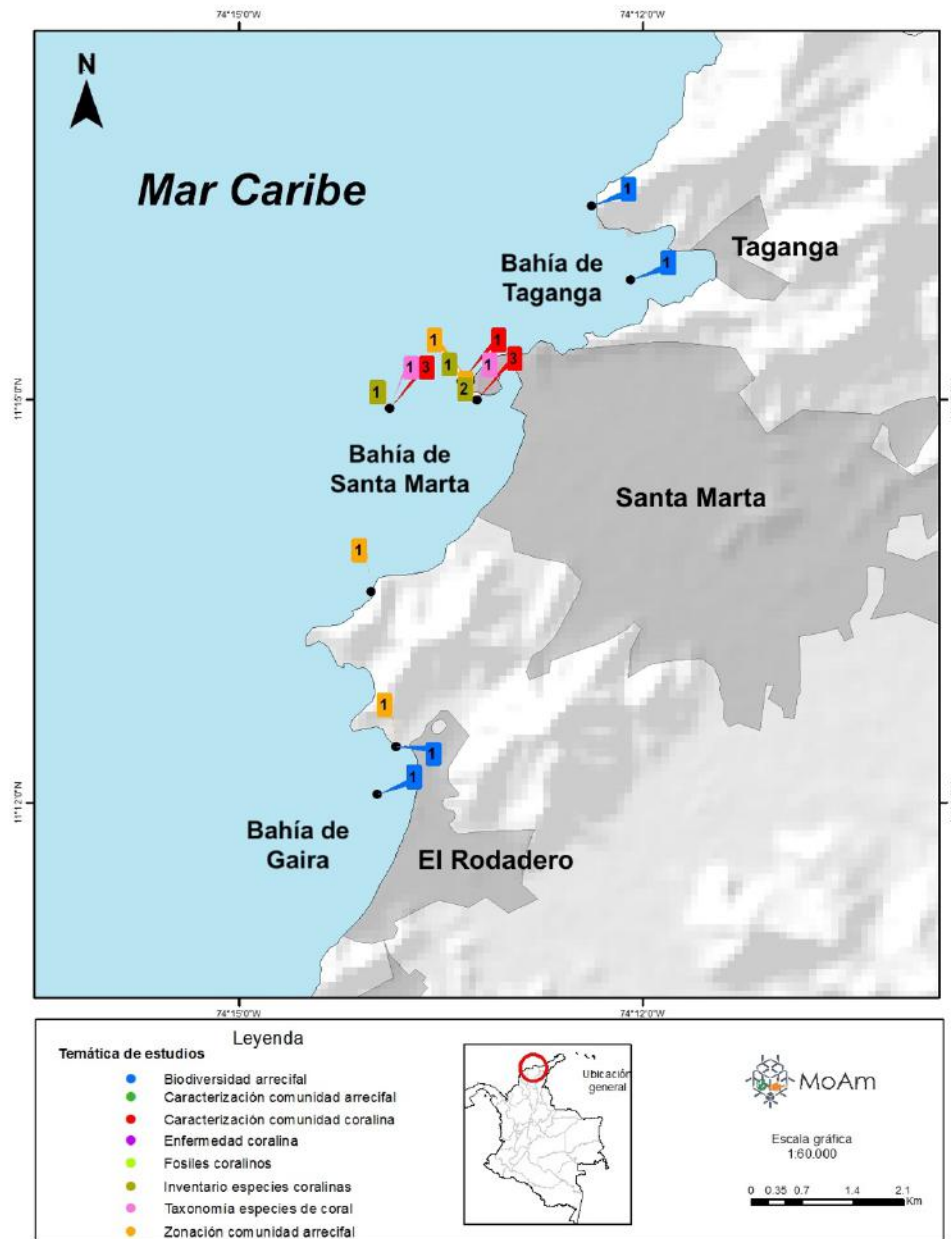


Figura 4.1.3 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente coralino en la década de 1970 y 1980 entre las bahías de Taganga y Gaira, departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).

Sánchez (1994) reportó la presencia del octocoral *Carijoa riisei* sobre fondo arenoso llano a 15 m de profundidad frente al aeropuerto en la bahía de Pozos Colorados y dentro del barco hundido en Punta Betín a 5 m de profundidad. Acosta y Zea (1997) estudiaron la reproducción sexual de *Montastraea cavernosa* y confirmaron que se trató de una especie gonocórica, con un ciclo de

gametogénesis anual y una proporción de sexos 1:1; ese mismo año Aerts y van Soest (1997) atribuyeron el sobrecrecimiento de las esponjas sobre coral a la presencia de especies agresivas y no por condiciones de estrés físico (**Figura 4.1.4**).

Otros estudios se enfocaron en la descripción y cartografía de las formaciones arrecifales del Magdalena como el realizado por Blanco et al (1994) quienes registraron la presencia de un banco arrecifal de formación reciente, denominado el banco de las Ánimas, sobre el borde de la plataforma continental del golfo de Salamanca, formado por tapetes coralinos (Díaz et al 1996) con especies como *Agaricia* sp. y *Porites astreoides*. Díaz et al (1996) describieron las formaciones coralinas del Magdalena como arrecifes franjeantes y de parche de escaso tamaño y por lo general distribuidos en la parte interna de las bahías. Otros aportes fueron realizados por López et al (1998) quienes hallaron algunas formaciones coralinas destacadas entre los 0 y 10 m de profundidad en los sectores de Punta Gaira, Playa Blanca, Punta Inca Inca, Burucuca, el Acuario e Isla Pelicano. Registraron en total 15 especies de escleractinios y un milepórido (**Figura 4.1.4**).

La década del 2000 empezó con la publicación de Díaz et al (2000) sobre las áreas coralinas de Colombia. A partir de este año y con el inicio del Sistema de Monitoreo de Arrecifes Coralinos (SIMAC) del INVEMAR en 1998, se produjo un notable incremento en los esfuerzos de investigación de este ecosistema en el país, dirigidos a conocer las interacciones entre los organismos que allí habitan y la estructura del ecosistema. Por ejemplo Mejía-Niño y Garzón-Ferreira (2003) hallaron una preponderancia de interacciones de contacto directo de los corales con céspedes de algas, una pérdida de tejido vivo de coral de 5.57 mm en promedio y un predominio de cobertura algal. Caro-Zambrano (2003) cuantificó una reducción en la cobertura coralina de 7.5 a 5.4 % en la parte media de Punta Betín entre 1998 y 2001, mientras que en la parte media del Morro de Santa Marta se mantuvo constante (20 %) (**Figura 4.1.5**).

En este mismo sector, Castro-Sanguino (2003) registró un total de 24 especies de coral en diferentes perfiles batimétricos con una cobertura promedio de 35 % y para otros componentes bentónicos de 40 % (i.e., algas, gorgonaceos y esponjas).

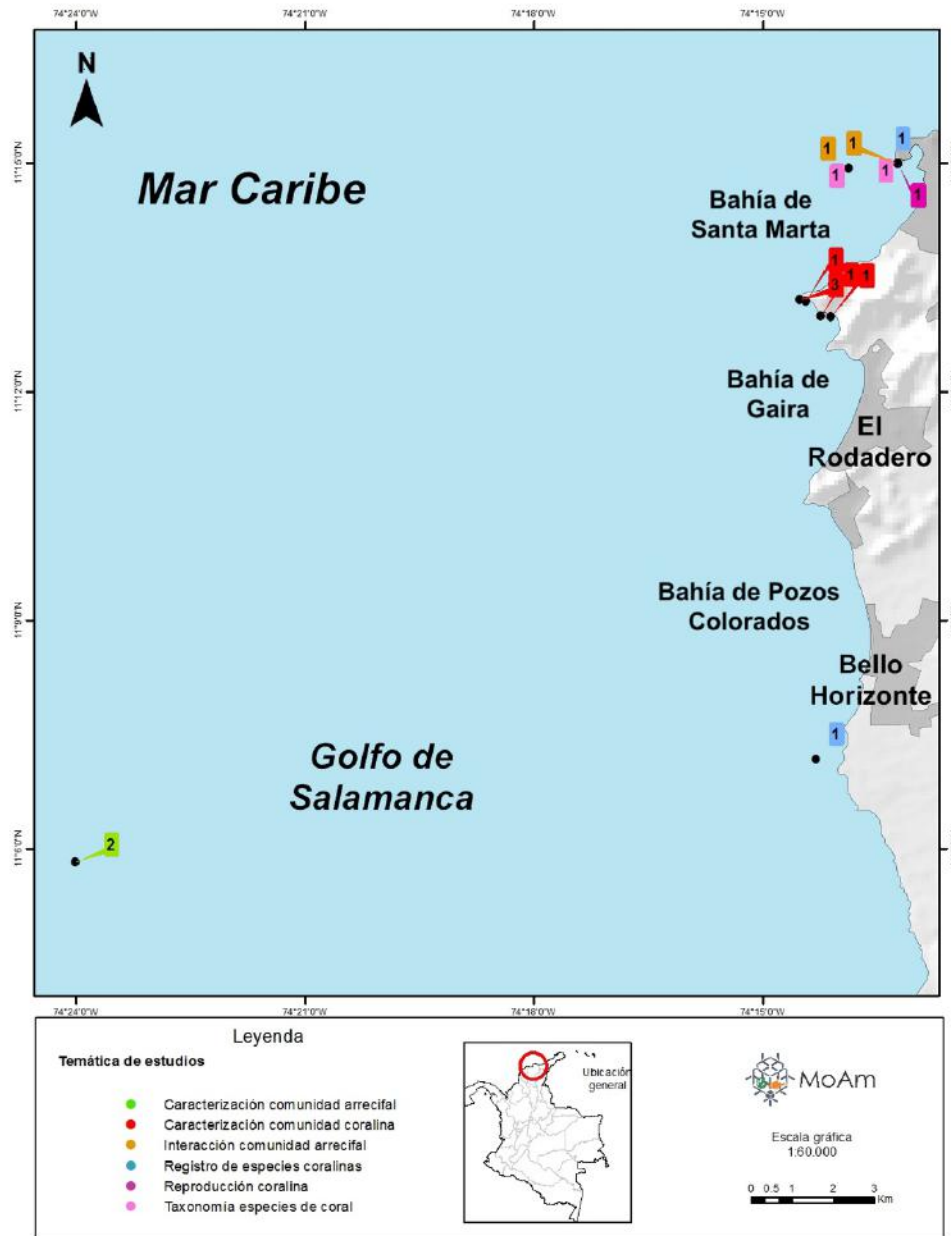


Figura 4.1.4 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente coralino en la década de 1990 entre la bahía de Santa Marta y el golfo de Salamanca, departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).

El componente principal de la estructura fue la especie *Mostastraea cavernosa*, mientras que especies más susceptibles a los tenses como *Favia fragum*, *Scolymia* sp. y *Mycethophyllia* sp. mostraron una reducción considerable; por su parte Martínez-Rodríguez (2003) reportó valores de riqueza y diversidad sin cambios significativos durante una década de análisis, aunque reportó una

pérdida relativa de cobertura de coral vivo entre 29.7 y 45.1 %, al igual que una reducción de la cobertura de las especies dominantes *M. cavernosa* y *Orbicella annularis* (Figura 4.1.5).

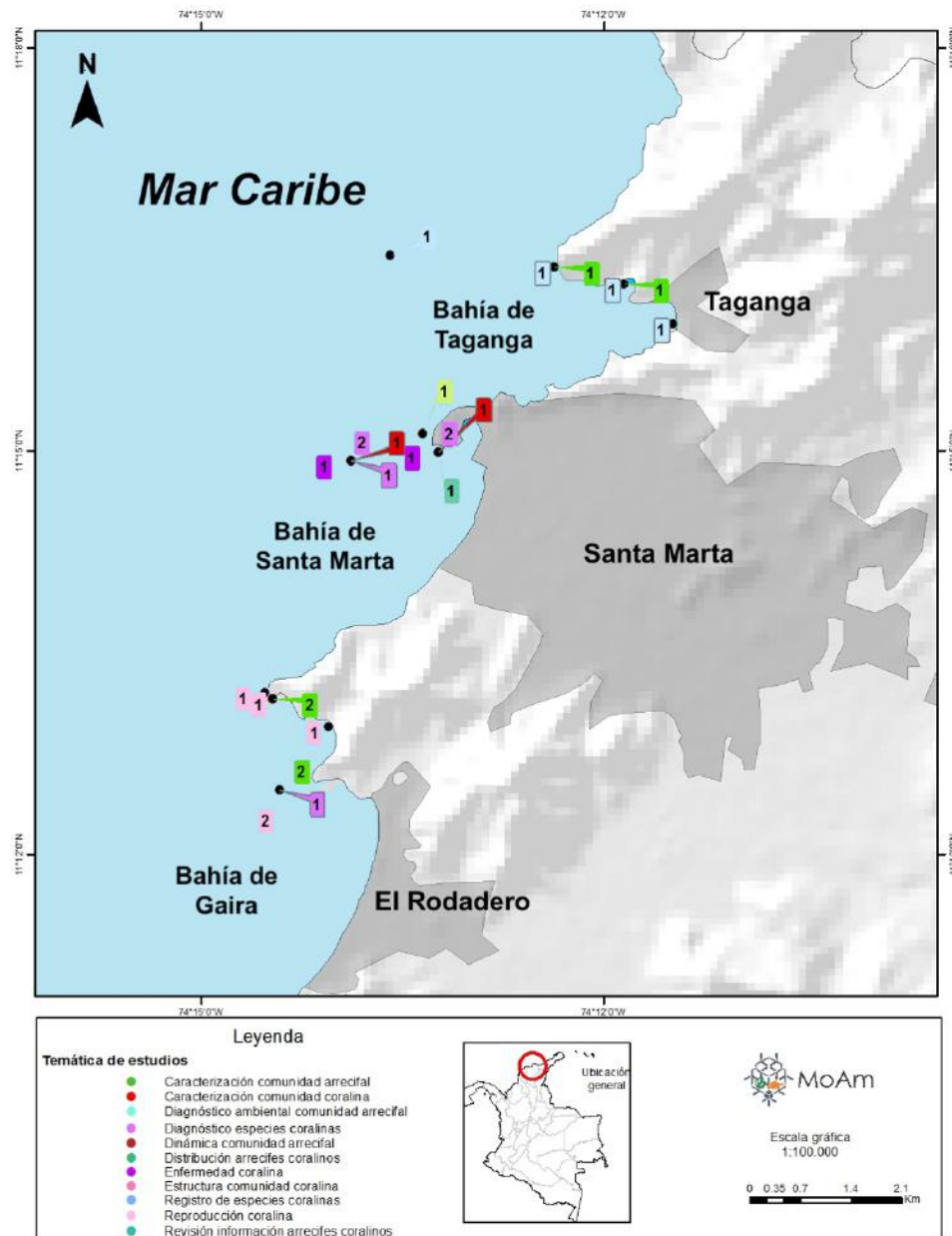


Figura 4.1.5 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente coralino en la década del 2000 entre las bahías de Taganga y Gaira, departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).

En el golfo de Salamanca Díaz et al (2000) realizaron el mapa de las unidades ecológicas y un perfil de la zonación ecológica del banco de las Ánimas, y Garzón-Ferreira y Díaz (2003) complementaron la descripción realizada en años previos e

incluyeron dentro de los componentes de cobertura algas costrosas y restos de conchas. Además, INVEMAR (2009) estimó la extensión de dicho banco en 7.6 km² (**Figura 4.1.6**).

En el informe del estado de los arrecifes coralinos de Colombia en la bahía de Santa Marta (INVEMAR 2004) se estimaron las proporciones de los componentes del bentos arrecifal con una cobertura coralina del 10.1 %, frente a un 51.5 % de algas y 27.5 % de sustrato abiótico. Además, se determinó una prevalencia de enfermedades con un incremento menor al 1 % y un descenso significativo en el blanqueamiento respecto al año anterior. De otra parte, señalaron una reducción del 48 % en la densidad de erizos e incremento en la densidad de las familias de peces Pomacentridae, Scaridae (ahora Labridae) y Acanthuridae. Posteriormente Martínez y Acosta (2005) indicaron una pérdida de cobertura coralina anual entre 2.3 y 3.5 %, y un cambio en la composición de especies que podría reflejarse en la modificación de la función del ecosistema asociada a la oferta de bienes y servicios. Adicionalmente IDEAM et al (2007) recopilaron la información sobre estos ecosistemas en el país y nuevamente describieron las formaciones coralinas del Magdalena como arrecifes franjeantes y de parche de escaso tamaño y por lo general distribuidos en la parte interna de las bahías, así como rica en especies y diversamente estructurada según Garzón-Ferreira y Díaz (2003) (**Figura 4.1.5**).

Para el sector del aeropuerto, Ramírez-Calle y Valencia-Vera (2005) estimaron un porcentaje de cobertura coralina de 1 y 9.83 % para Punta La Loma y Punta Cabeza de Zorra respectivamente; en total encontraron siete especies de Anthozoos entre octocorales, corales pétreos, corales azooxantelados y zoantídeos, con una cobertura de 8 % para *Pseudodiploria clivosa* y de 20 % para *Palythoa caribaeorum* (**Figura 4.1.6**).

Durante esta misma época otros estudios se enfocaron en revisiones taxonómicas y generación de inventarios actualizados con nuevos registros, así como evaluaciones de estado y aspectos biológicos de las especies coralinas. En este contexto Venera-Pontón et al (2005) identificaron 22 especies de corales pétreos pertenecientes a nueve familias entre los 0 y 4 metros para la bahía de Taganga; en tanto que Reyes et al (2005) estudiaron la biodiversidad de la comunidad coralina de aguas profundas costa afuera en la que reportaron trece

especies de escleractínios junto con 102 especies entre peces e invertebrados; adicional a esto Chacón-Gómez et al (2008) encontraron la presencia del octocoral *Tobagogorgia hardy* para el Caribe de Colombia a partir de colonias recolectadas en diversas zonas del talud superior y la plataforma continental de las ecorregiones Tayrona y Palomino entre los 25 y 74 m de profundidad. Bejarano et al (2005) notaron la ausencia de la mayoría de enfermedades reportadas para *Gorgonia ventalina*, como banda roja y tumores algales, una baja ocurrencia de aspergillosis y valores significativos de heridas no letales; mientras que para esta misma especie Manrique-Rodríguez et al (2006) monitorearon su tasa de crecimiento, la que fue mayor a las reportadas para otras áreas del Caribe (**Figura 4.1.5; Figura 4.1.6**).

Diversos estudios enfocados en aspectos reproductivos de las especies coralinas principalmente trabajos de grado, incluyeron en sus análisis varias estaciones en las distintas bahías del departamento, especialmente en la bahía de Gaira. Perilla-Rocha y Santacruz-Castro (2006) encontraron en *Eusmilia fastigiata* y *Solenastrea bournonii* un hermafroditismo simultáneo con arreglo gonadal digónico y posible desarrollo externo; mientras que Rodríguez-Villalobos (2009) observó un tipo de reproducción gonocórica con un patrón desovador y producción externa de gametos en *S. bournonii*. Salcedo-Bahamón (2009) reportó igualmente para *Gorgonia ventalina* reproducción gonocórica, con desarrollo sincrónico de ovocitos y sacos espermáticos, con desove durante la época lluviosa (agosto a noviembre) basado en el índice de fecundidad. Adicionalmente, algunos estudios se enfocaron en aspectos del estado arrecifal, y de la estructura y ecología de las poblaciones coralinas. Vega-Sequeda et al (2008) observaron una tendencia de disminución del componente coralino, a pesar de haber encontrado una baja incidencia de enfermedades, con porcentajes de cobertura de coral vivo entre 4 y 10.7 %, y algal entre 53.3 y 76.6 %. Esta condición se atribuyó a una mortalidad coralina producto de perturbaciones externas como la reducción de la herbivoría (peces y erizos), el incremento de la sedimentación y la actividad portuaria. Claro-Gerardino (2009) en su estudio de especies amenazadas halló para *Eusmilia fastigiata* las mayores densidades en el Morro de Gaira, en tanto que *Mussa angulosa* no se reportó en ninguna de las estaciones de muestreo (**Figura 4.1.5**).

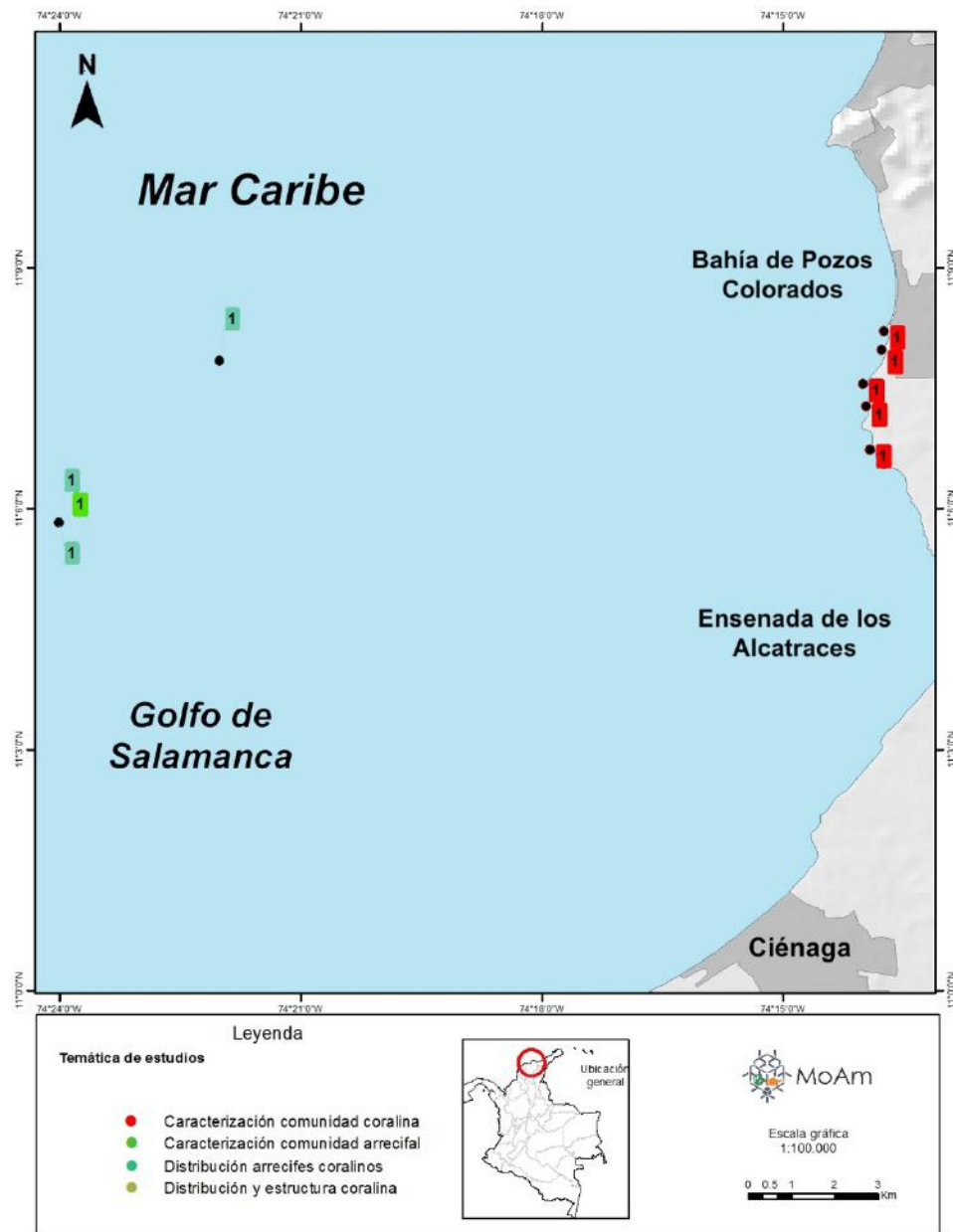


Figura 4.1.6 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente coralino en la década del 2000 en la bahía de Pozos Colorados y golfo de Salamanca, departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).

Finalmente, Troncoso et al (2008) realizaron un monitoreo de calidad de los ecosistemas marinos presentes en la bahía de Taganga después del derrame de aceite de palma. Reportaron para Punta Venado un predominio de especies de octocorales, en el sector de Playa Vaca se describió un ambiente rocoso muy alterado con escasa presencia coralina, y en Playa Grande la presencia de fondos

rocosos con un asentamiento coralino de escasa cobertura pero con diversidad de especies y colonias dispersas de tamaño mediano (**Figura 4.1.5**).

En el 2010 y años posteriores se realizaron una serie de publicaciones a partir de la información generada por el SIMAC y otros proyectos de exploración llevados a cabo por el INVEMAR. Por ejemplo, Rodríguez-Ramírez et al (2010) hallaron dominancia de las algas con una cobertura de 60 % en Punta Betín y de 43 % en el Morro de Santa Marta, mientras que la cobertura de coral vivo fue de 5.4 % (la más baja de las 32 estaciones fijas de monitoreo en el Caribe) y 14.8 % respectivamente; estos autores atribuyeron la alta cobertura algal como consecuencia de la mortalidad coralina. Por su parte Garzón-Ferreira y Rodríguez-Ramírez (2010) señalaron una fuerte degradación de las comunidades coralinas en las últimas décadas para las mismas estaciones, atribuida a la contaminación tanto de la actividad portuaria como de las aguas residuales de la ciudad. Además evidenciaron un cambio en la dominancia de las especies coralinas con incidencia de *M. cavernosa* y *P. strigosa*. Ese mismo año, INVEMAR (2010) publicó un compilado con la descripción, ilustración y distribución geográfica de los corales escleractinios del país; en tanto que Flórez y Santodomingo (2010) realizaron una recopilación de información del phylum Cnidaria recopilada en proyectos de exploración realizados en la plataforma continental y el talud superior en el Caribe de Colombia. Chacón-Gómez et al (2012) presentaron un listado de los octocorales recolectados durante estas mismas exploraciones en las ecorregiones Tayrona y Magdalena (**Figura 4.1.7**).

Otros estudios como el de Ordóñez-Álvarez (2010) encontró diferencias significativas en las tallas de *Orbicela annularis* con los menores tamaños por fuera de las AMP y para *P. astreoides* evidenció los menores tamaños por la fragmentación de las colonias en áreas en donde se realizaron actividades de buceo; sobre este mismo aspecto Hurtado-López (2010) observó en las poblaciones de *Colpophyllia natans* un predominio de tallas grandes, excepto en el Morro de Santa Marta en donde no se hallaron colonias de esta especie, con una mayor incidencia de mortalidad parcial y enfermedades en las estaciones situadas en inmediaciones a las áreas urbanas. Casas-Zapata (2010) reportó una distribución agregada y una abundancia similar del coral solitario *Scolymia* tanto en el AMP

como fuera de ella, atribuida a su capacidad de tolerar altos grados de sedimentación. De otra parte Acevedo-Valencia (2010) estudió el estado de las formaciones coralinas con base en la estructura de los principales grupos bentónicos y el estado de salud de las especies (**Figura 4.1.7**).

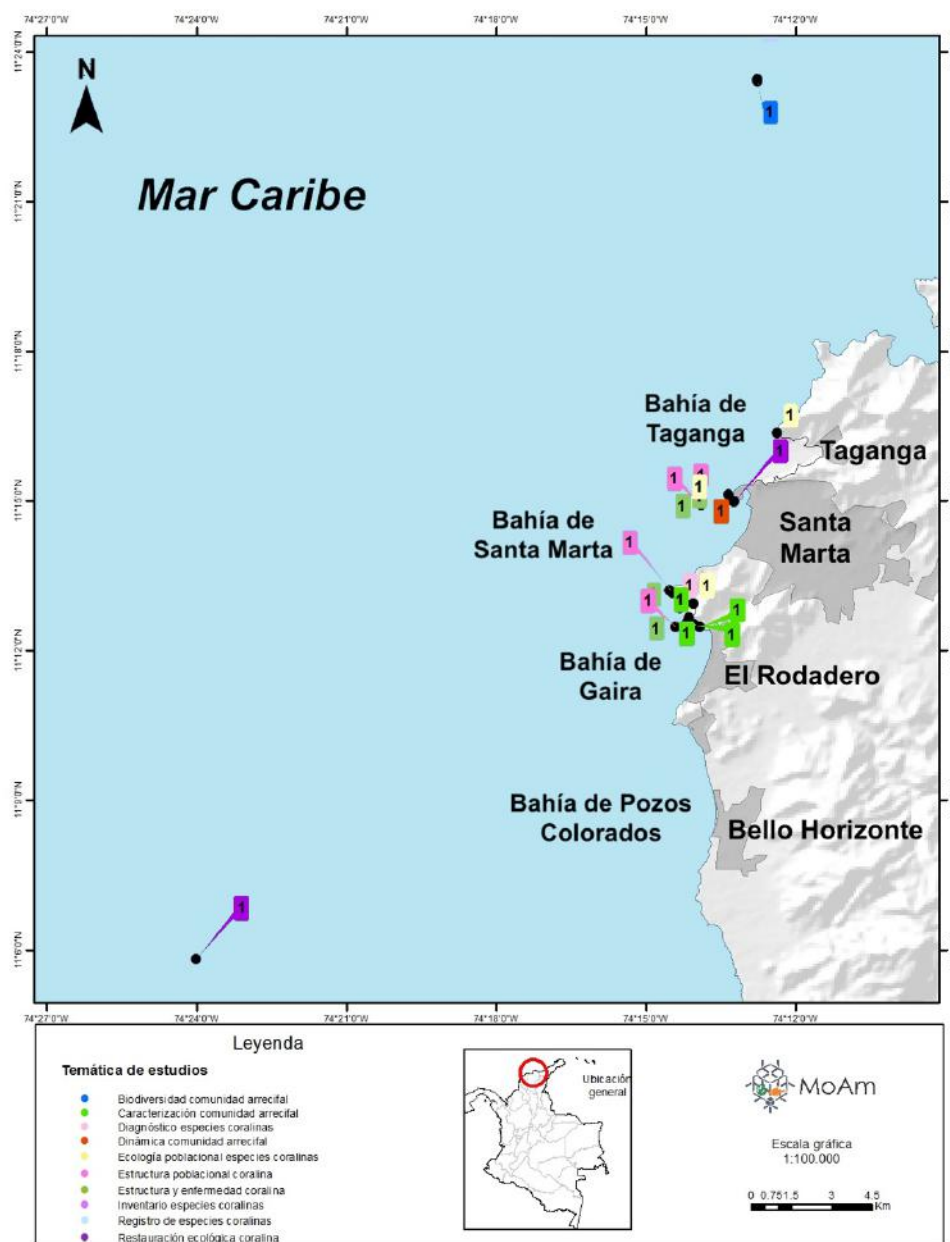


Figura 4.1.7 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente coralino en la década del 2010 entre la bahía de Taganga y el golfo de Salamanca, departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).

En años recientes se realizaron trabajos orientados al diagnóstico del ecosistema arrecifal en la región con el fin de brindar el marco para los futuros

procesos de manejo ambiental. Entre estos se destacó el portafolio elaborado por Gómez-Cubillos et al (2015) quienes en su trabajo incluyeron las formaciones arrecifales del departamento del Magdalena distribuidas en el PNNT, la bahía de Santa Marta y el banco de las Ánimas como áreas con potencial de restauración para el Caribe, conformadas principalmente por octocorales (80 %) y corales pétreos de crecimiento costroso. (**Figura 4.1.7**).

4.1.1.2 *Biología y ecología del componente bentónico arrecifal, las comunidades biológicas asociadas y ambientes relacionados*

En relación con otras especies del componente bentónico arrecifal y especies asociadas se ejecutaron un amplio número de investigaciones sobre diversos grupos para el departamento del Magdalena.

Uno de los primeros aportes fue el realizado por Werding (1977) quien reportó 28 especies de cangrejos porcelánidos de los que 23 fueron reportes nuevos para el país, 11 para Suramérica y dos nuevas especies para la ciencia. Con respecto al phylum Porifera (esponjas) Zea (1993 b) registró las mayores tasas de reclutamiento en la época lluviosa y en cercanía de grupos de esponjas desarrolladas, con una baja mortalidad cuando el reclutamiento fue alto; de igual forma Zea (1993 a) estimó una cobertura algal del 60 % y el restante distribuido entre corales escleractínios, esponjas y otros organismos, con una zonación predominante con las algas en los sectores más someros, los corales en la terraza y talud del arrecife franjeante, y esponjas en la base del arrecife a mayor profundidad (**Figura 4.1.8**).

Otros trabajos de especies asociadas al ecosistema arrecifal fueron desarrollados por Domínguez-Tejo (2002) quién registró ocho especies de hidromedusas y 16 especies de sifonóforos en las aguas superficiales de la bahía de Gaira. La totalidad de ellos fueron nuevos registros para el área con las mayores riquezas en las zonas cercanas a arrecifes coralinos. Monroy-López (2003) encontró que la distribución geográfica del ofiuro *Ophiothrix synoecina* fue de asociación obligada con el erizo *Echinometra lucunter*, esto hacia el norte del Caribe entre el Morro de Gaira y el Cabo de la Vela, con las mayores densidades promedio para el área de Taganga (69 ind*m²). En años posteriores Gómez-Soto y Rico-Buitrago

(2006) identificaron 129 especies pertenecientes a 73 familias de macroinvertebrados bioerosionadores y fauna asociada a los esqueletos de coral muerto de las especies *Pseudodiploria strigosa*, *Montastraea cavernosa* y el complejo *Orbicella annularis-faveolata-franksi* en la bahía de Gaira, con una alta riqueza de especies de poliquetos, moluscos y crustáceos. Posteriormente Ruiz-Pinzón (2009) estudió aspectos ecológicos de la esponja con actividad farmacológica *Discodermia dissoluta*, y determinó que la especie prefirió zonas con poca exposición al oleaje, sustratos duros expuestos a la luz; presentó unas densidades moderadas con una distribución agregada en parches, con poca frecuencia de epibiontes y signos de depredación (**Figura 4.1.8**).

Por otra parte, uno de los grupos más estudiados de este ecosistema correspondió al componente íctico. Sobre este aspecto Acero y Garzón (1987) realizaron un inventario de 372 especies de peces asociadas a los fondos duros en el departamento del Magdalena, 47 de estas fueron nuevos registros para Colombia y cinco nuevas especies para la ciencia. Posteriormente Acero y Rivera (1992) estudiaron aspectos ecológicos de los peces de las familias Chaetodontidae (mariposas) y Pomacanthidae (ángeles) en zonas con distinto grado de deterioro arrecifal. En el sector de Punta Betín (mayor deterioro) *Chaetodon sedentarius* presentó la densidad más alta registrada para un Chaetodontidae en el Caribe. Grijalba-Bendeck et al (2004) registraron 109 especies de peces asociados a los fondos duros del Morro de Gaira y observaron un número reducido especies en los niveles tróficos superiores. Por su parte Olaya-Restrepo et al (2008) reportaron 132 especies ícticas arrecifales por fuera del AMP; adicionalmente observaron que las familias Serranidae, Haemulidae y Lutjanidae presentaron diferencias de riqueza entre las AMP y por fuera de ellas, mientras que los meros y los pargos de tallas grandes presentaron en ambas zonas baja abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia (**Figura 4.1.8**).

Con respecto a las comunidades asociadas a hábitats artificiales se destacaron los trabajos de Martínez-Ramírez (2005) quien identificó 54 especies de peces, entre juveniles y prejuveniles, asentados en colectores flotantes tipo GuSi, con una mayor riqueza de especies de las familias Serranidae, Apogonidae, Muraenidae, Holocentridae y Pomacentridae. De otra parte, el trabajo de

Delgadillo-Garzón (2009) reportó 41 especies de peces y nueve de macroinvertebrados asociados a dos tipos de hábitats artificiales instalados en la bahía de Taganga, con una diversidad y riqueza relativamente alta de peces, en comparación con otras estructuras artificiales en el país.

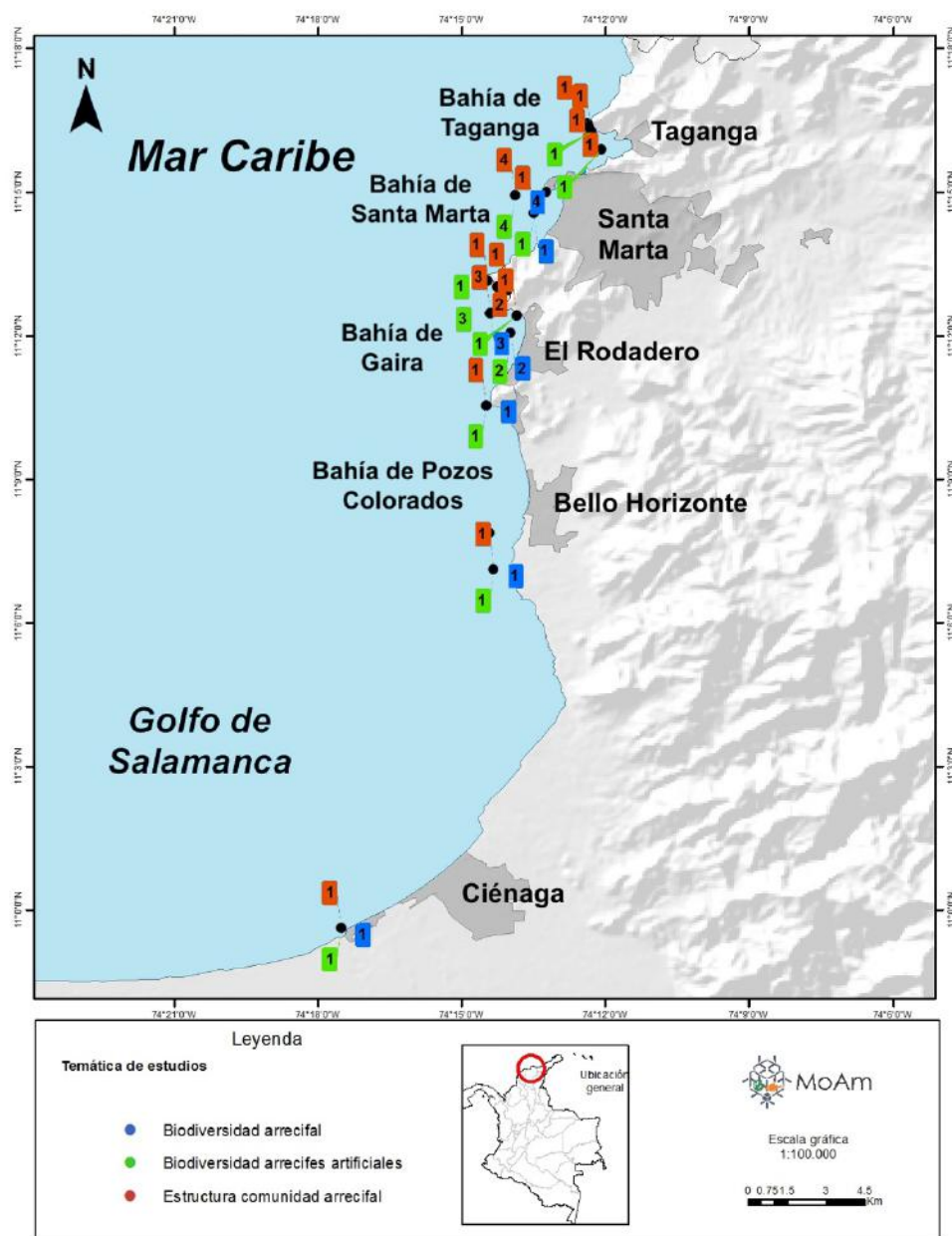


Figura 4.1.8 Ubicación y número de estudios por estación sobre biología y ecología del componente bentónico, comunidades asociadas y hábitats relacionados entre la década de 1970 y 2010 desde la bahía de Taganga hasta Ciénaga, departamento del Magdalena (se excluyeron los trabajos realizados dentro del Parque Nacional Natural Tayrona).

Posteriormente, Delgadillo-G y Flórez (2015) encontraron la presencia de diez especies de briozoos en los hábitats artificiales instalados en el sector de Pozos Colorados, Isla Pelicano y en la bahía de Taganga, de las que cinco fueron primeros registros para el Caribe colombiano y para algunos se amplió su rango de distribución al Atlántico Occidental (**Figura 4.1.8**).

4.1.2 Investigaciones en praderas de pastos marinos

Los pastos marinos son un ecosistema altamente productivo con seis especies en el Caribe colombiano a saber: *Thalassia testudinum*, *Halophila baillonis*, *Halophila decipiens*, *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme* y *Ruppia maritima* (Díaz et al 2003; INVEMAR 2004). El estado del arte del conocimiento de este ecosistema en el Magdalena concentra la mayor parte de los estudios en el PNNT en donde se distribuyen la mayoría de las praderas del departamento. Sin embargo algunos trabajos se ejecutaron o incluyeron otras zonas por fuera del AMP, principalmente enfocados en la distribución de las especies y en la caracterización del ecosistema.

El primer aporte al conocimiento de este ecosistema en el Magdalena fue el estudio de las especies asociadas de Puentes y Campos (1992) en una caracterización de las poblaciones de camarones asociados a *Thalassia testudinum* en cuatro bahías; colectaron en total 2138 individuos de 35 especies, 30 de éstas presentes en la bahía de Santa Marta, en donde además se presentaron las mayores variaciones para los índices de diversidad y riqueza con respecto a las otras tres bahías ubicadas dentro del PNNT. Dicha variación fue atribuida al impacto causado por las descargas del río Manzanares y por su cercanía a la zona portuaria y al sector urbano; adicionalmente estos autores indicaron que esta especie de fanerógama en la bahía de Santa Marta formó varios parches. Posteriormente Díaz-Pulido (1997) hizo referencia a la distribución de pastos en el departamento y reportó tanto praderas como parches dominados por *T. testudinum*, *S. filiforme* y *H. decipiens* en la bahía de Taganga, Santa Marta, Gaira y el golfo de Salamanca incluso hasta los 27 m de profundidad (**Figura 4.1.9**).

Gutiérrez et al (1998) realizaron una caracterización de los pastos presentes en el balneario de El Rodadero, luego de una década de las obras de dragado que

destruyeron las praderas presentes en el sector. Los autores observaron a *H. wrightii* como la especie dominante, con altas densidades en la zona somera, mientras que *H. decipiens* predominó de manera heterogénea en los sustratos profundos. En esta zona también se encontraron los mayores valores de materia orgánica y carbono orgánico, así como el tamaño de grano más fino, lo que reflejó el papel de estabilización del sedimento que cumplen estas comunidades. De igual forma, Calderón et al (1998) caracterizaron los fondos blandos vegetados en este mismo sector y observaron un fondo vegetado heterogéneo, con un patrón de distribución en parche conformado por las dos especies pioneras mencionadas previamente, junto con siete especies de algas, organismos megaepifaunales (crustáceos y moluscos) y 28 especies de peces, en su mayoría juveniles (**Figura 4.1.9**).

Sobre este mismo aspecto el INVEMAR (2004) empezó a caracterizar el área una década después del dragado (1996) en la bahía de Gaira con el fin de determinar el estado de las praderas de pastos monoespecíficas y mixtas allí presentes. Se encontraron los parches de mayor extensión en el sector sur, dominados principalmente por *H. wrightii* en la parte más somera y por *H. decipiens* a más profundidad. Para el año 1997 se inició la implementación de un monitoreo de este ecosistema en el área y se evaluó la composición, patrón de distribución, densidad, biomasa (e.g., foliar, rizoidal, epífita), además de datos de cobertura algal y del componente edáfico. Los resultados entre 1998 y 2004 arrojaron un porcentaje de cobertura de pastos entre 5 y 38 %, con dos picos en 1999 y 2001, y una tendencia de disminución hasta el 2004, atribuida tanto a las características estructurales como a la morfología de estas dos especies que ofrecen poco cubrimiento del sustrato. Con respecto a las estimaciones de densidad se observó un predominio de *H. wrightii* (1805.56 vástagos*m²) sobre *H. decipiens* (650 vástagos*m²), por lo que se concluyó que ésta última sólo dominó en lugares no aptos para el crecimiento de *H. wrightii*. Se evidenció además una tendencia de incremento en la densidad de vástagos para todas las especies, a excepción de *H. baillonis*, debido a la aparición y aumento de la población de *Syringodium filiforme* para el 2004. En esa misma época Castillo-Torres (2002) reportó la distribución de praderas dominadas por *T. Testudinum*, *S. filiforme* y *H. decipiens* en

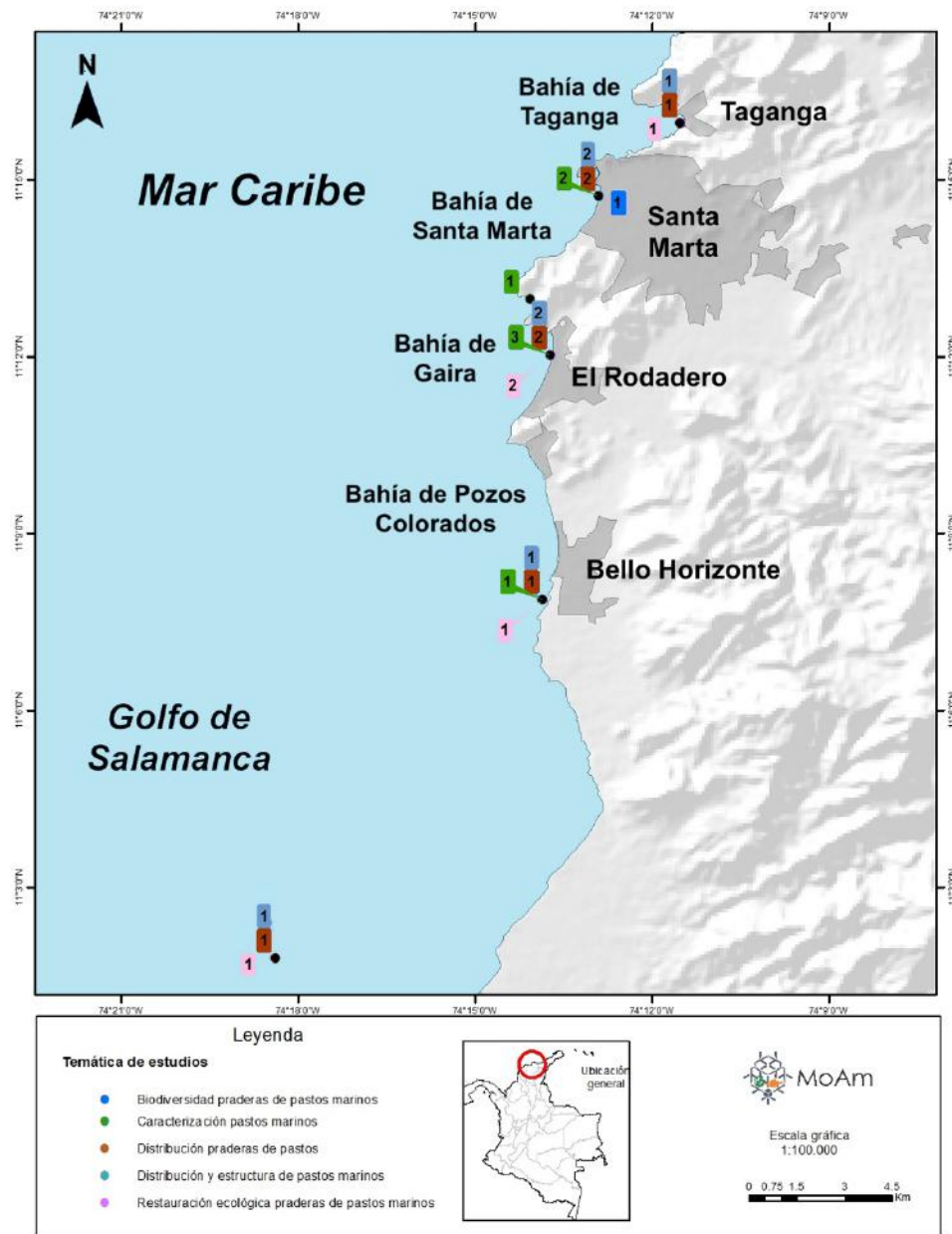
las bahías de Taganga, Santa Marta y el golfo de Salamanca, mientras que Montoya-Maya (2002) evaluó la macrofauna asociada a praderas de *T. testudinum* en el Caribe colombiano e identificó 301 especies pertenecientes a ocho phyla. No obstante el estudio no comprendió las bahías del Magdalena por fuera del AMP (**Figura 4.1.9**).

Díaz et al (2003) en la principal publicación acerca del ecosistema de pastos marinos a nivel nacional, registraron la presencia de pequeños rodales monoespecíficos de *H. baillonis* en las zonas marginales de las praderas de *T. testudinum*, mientras que *H. decipiens* fue observada frecuentemente en esta misma área en sustratos lodosos, arenas finas o medias entre los 1 y 4 m de profundidad. En términos generales los autores reportaron una extensión de fondos vegetados por pastos en el departamento de 97 ha, de las que sólo el 30 % (29.1 ha) se localizaron por fuera del AMP, en pequeños rodales con presencia de las cinco especies de pastos presentes en el país, con predominio de *T. testudinum* y *S. filiforme*. Adicionalmente, mencionaron las considerables extensiones de pastos que desaparecieron de las bahías de Santa Marta y Gaira debido a las obras de dragados y rellenos que se realizaron entre la década de los 80 y 90, lo que ocasionó la recolonización de los fondos someros de estas áreas por las especies *H. wrightii* y *S. filiforme* típicas de los estados iniciales de sucesión ecológica (**Figura 4.1.9**).

Sobre este mismo aspecto Castro-Sanguino (2003) reportó el cambio de las unidades ecológicas de la bahía de Santa Marta con valores de cobertura promedio de pastos de 109 y 118 plantas*m², las más bajas encontradas para la zona, al igual que bajas densidades de organismos asociados como equinodermos, peces y algunos moluscos bivalvos; todo esto atribuido a factores de perturbación por parte del transporte marítimo, actividades de pesca y obras de dragado desarrolladas en la bahía (**Figura 4.1.9**).

Para el sector del aeropuerto, igualmente influenciado por diversas actividades antrópicas como la carga y transporte de carbón, el turismo y la pesca artesanal, Ramírez-Calle y Valencia-Vera (2005) identificaron una formación de *T. testudinum* establecida a manera de parches sobre sedimentos finos; el primero ubicado a 200 m de la línea de costa entre Punta la Lengua y Punta la Loma con

una extensión de 264.2 m², una densidad de 579 vástagos*m² y una cobertura promedio de 69.6 %, y otro más pequeño (23.4 m²) entre Punta la Loma y Punta los Micos, con una densidad de 347.2 vástagos*m² y una cobertura promedio de 61.3 % (Figura 4.1.9).



Recientemente, debido a la afectación que presentó el ecosistema tanto en el país como en la región, Gómez-Cubillos et al (2015) incluyeron a los pastos marinos del departamento del Magdalena como ecosistemas con potencial de restauración, con el fin de implementar un manejo integrado y desarrollo sostenible para la conservación y preservación de los bienes y servicios que proveen; en este portafolio mencionaron la presencia de pastos marinos tanto en el PNNT como en las bahías de Taganga y el Rodadero, que en conjunto abarcaron una extensión de 89.54 ha, lo que constituyó el 0.14 % del total de praderas presentes en el país (**Figura 4.1.9**).

4.2 CARTOGRAFÍA DE LOS ECOSISTEMAS: DISTRIBUCIÓN, EXTENSIÓN Y BATIMETRÍA

Durante las prospecciones batimétricas en las formaciones coralinas y praderas de pastos en la bahía de Taganga, bahía de Gaira y bahía de Pozos Colorados se registraron un total de 832772 datos de profundidad con un promedio de 12.73 m ($DE \pm 12.47$), y ámbitos entre 1.6 y 73.83 m. Los perfiles batimétricos revelaron la geomorfología típica de la franja costera en este sector del departamento, con pendientes pronunciadas provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta que continuaron hacia el mar, a excepción de la bahía de Pozos Colorados cuya pendiente fue menos escarpada.

4.2.1 Bahía de Taganga

En Taganga se registraron 86212 valores batimétricos con una profundidad media de 21.53 m ($DE \pm 11.06$) y datos que oscilaron entre 2.1 y 61.86 m. Los arrecifes se distribuyeron en la costa rocosa en nueve sectores, con un área estimada total de 30.39 hectáreas de las que 18.74 estaban previamente reportadas y 11.65 fueron nuevos registros para la bahía (**Figura 4.2.1; Tabla 4.2.1**).

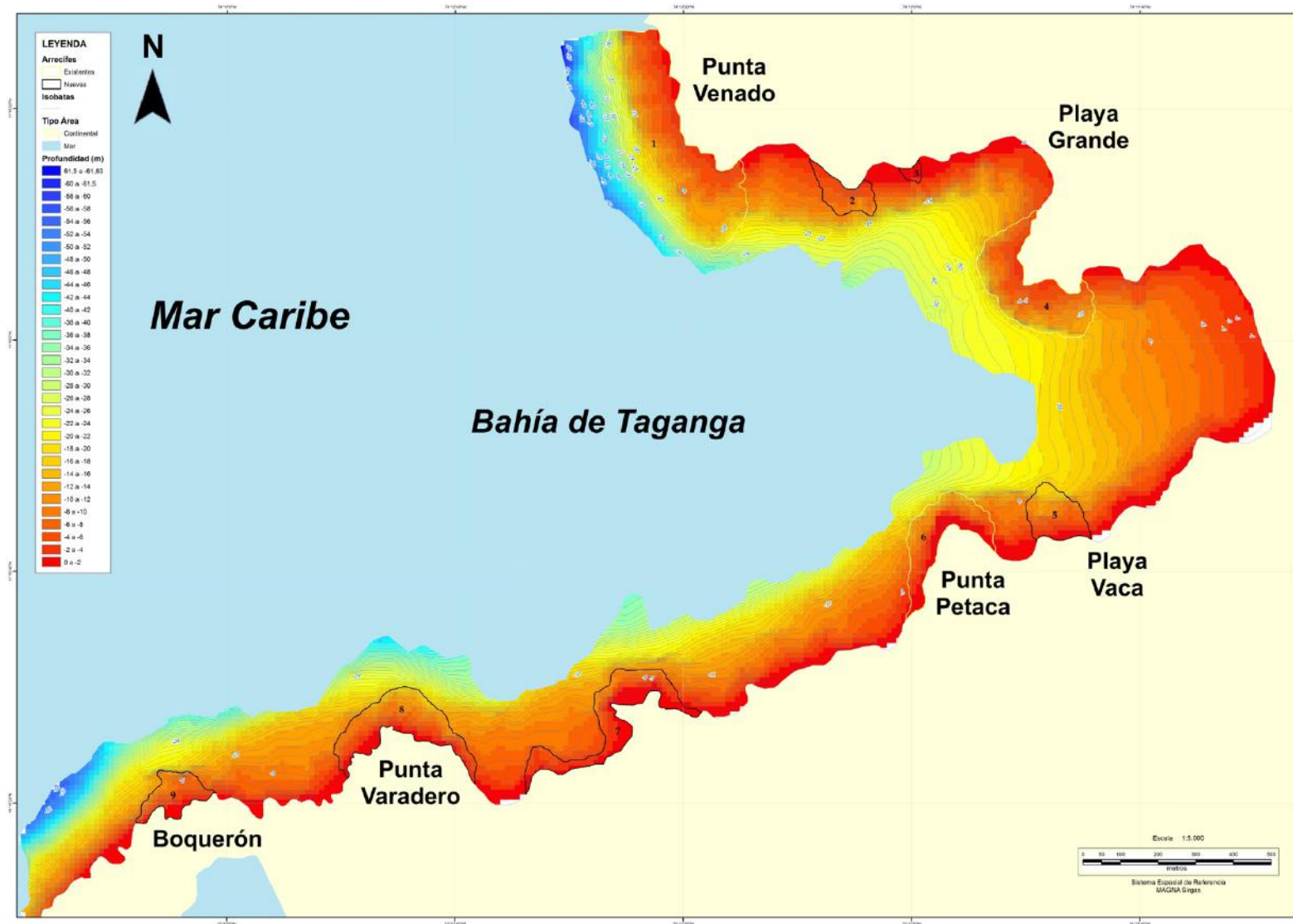


Figura 4.2.1 Modelo batimétrico con las isóbatas en metros y las áreas de los arrecifes coralinos de la bahía de Taganga, departamento del Magdalena.

Tabla 4.2.1 Identificación, nombre, área (hectáreas) y categoría de arrecife coralino registrado en la bahía de Taganga, departamento del Magdalena.

Identificación	Nombre	Área (ha)	Categoría
1	Punta Venado	11.09	Existente
2	Sisiguaca	1.19	Nuevo
3	Monoguaca	0.2	Nuevo
4	Playa Grande	4.74	Existente
5	Playa Vaca	1.79	Nuevo
6	Punta Petaca	2.91	Existente
7		3.39	Nuevo
8	Punta Varadero	3.63	Nuevo
9	Boquerón	1.45	Nuevo
Total		30.39 ha	
Total Existente		18.74 ha	
Total Nuevo		11.65 ha	

En el costado norte de la bahía sector de Punta Venado (1), el arrecife inició a una profundidad de cinco metros hasta aproximadamente 25 m. El contorno presentó una inclinación de 25° entre los cinco y los 12 m, luego cambió a 45° entre los 12 y 16 m, y alcanzó 75° entre los 16 y 25 m. A partir de los 25 m se observó un fondo arenoso con inclinación moderada de 30° (**Figura 4.2.1; Figura 4.2.2**). En este sector se estimó un área aproximada de 11.09 ha (**Tabla 4.2.1**). Después de los 25 m se observaron unas formaciones rocosas, probablemente con corales, esponjas y octocorales hasta una profundidad de 45 m (**Figura 4.2.1; Figura 4.2.3**).

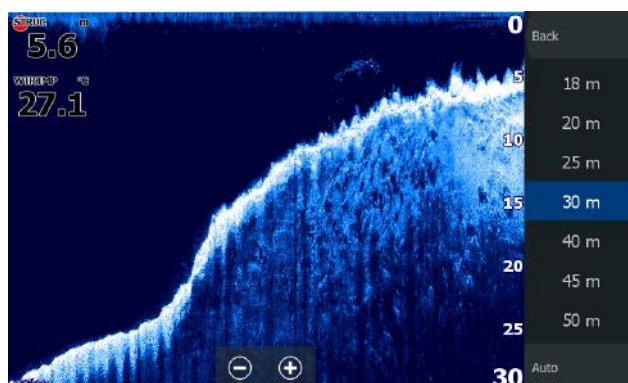


Figura 4.2.2 Perfil batimétrico entre los cinco y 30 m de profundidad en el sector de Punta Venado, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.

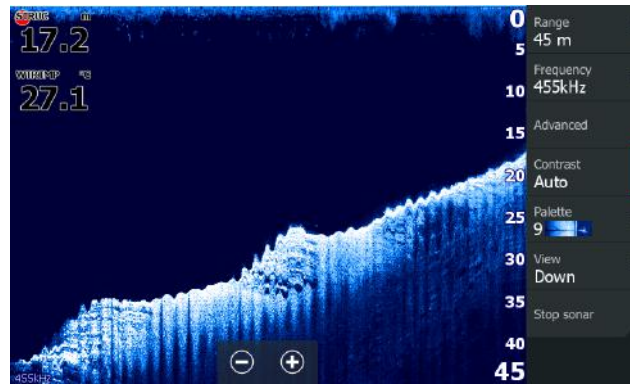


Figura 4.2.3 Perfil batimétrico entre los 17 y 45 metros de profundidad en el sector de Punta Venado, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.

En el área de Sisiguaca (2) el perfil no fue tan pronunciado y mantuvo un ángulo de 30° entre los 5 y 15 m de profundidad, posteriormente alcanzó 45° hasta los 20 m. Se observaron formaciones arrecifales en toda su extensión con un área aproximada de 1.19 ha no reportadas en estudio previos (**Figura 4.2.1; Tabla 4.2.1; Figura 4.2.4**).

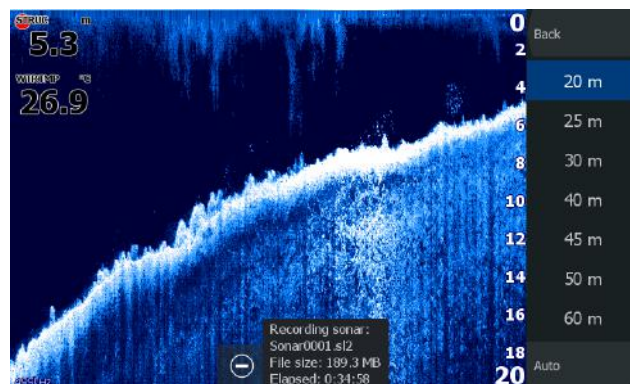


Figura 4.2.4 Perfil batimétrico entre los 5 y 20 metros de profundidad en el sector de Sisiguaca, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.

En Monoguaca (3) se observó un cantil de aproximadamente 40° de inclinación entre 2.5 y 20 m de profundidad con escasa presencia de estructura arrecifal y un área estimada de 0.2 ha (**Figura 4.2.1; Tabla 4.2.1; Figura 4.2.5**). En el área de Playa Grande (4) el contorno del fondo fue el más abrupto de todos, en el que la formación inició a 5 m de profundidad; a partir de los 6 m se encontró una cuesta de 70° a 80° hasta los 17 m con presencia de un componente bentónico disperso. El área aproximada fue de 4.74 ha (**Figura 4.2.1; Tabla 4.2.1; Figura 4.2.6**).

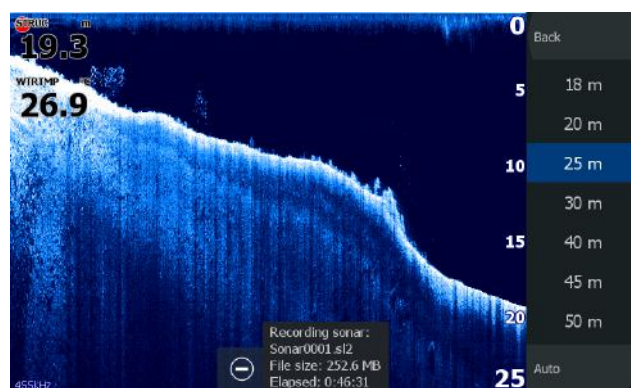


Figura 4.2.5 Perfil batimétrico entre los 2.5 y 20 metros de profundidad en el sector de Monoguaca, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.

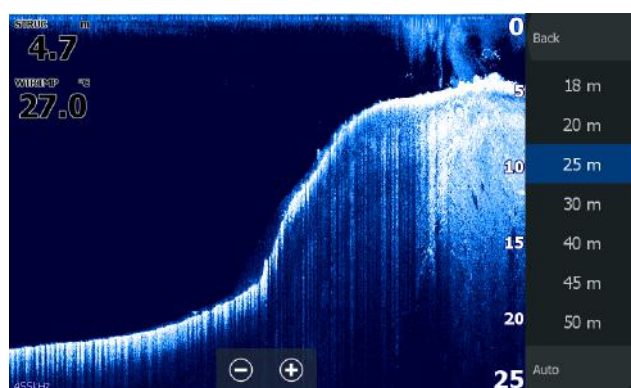


Figura 4.2.6 Perfil batimétrico entre los 5 y 25 metros de profundidad en el sector de Playa Grande, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.

En el costado sur de la bahía sector de playa Vaca (5), el contorno del fondo estuvo conformado por formaciones arrecifales sobre una pendiente de 45° entre los cinco y siete metros de profundidad, a partir de esta profundidad y hasta los 22 metros el talud fue de 80° . Se estimó un área no reportada previamente de 1.79 ha (**Figura 4.2.1; Tabla 4.2.1; Figura 4.2.7**). En Punta Petaca (6) la inclinación del perfil fue de 45° en su totalidad. Entre los cinco y 17 m se observaron formaciones arrecifales, y a partir de este punto el fondo se volvió arenoso. La extensión fue de 2.91 ha (**Figura 4.2.1; Tabla 4.2.1; Figura 4.2.8**). El sector identificado con el número siete del cual no se tiene nombre específico, presentó formaciones con un área de 3.39 ha (**Figura 4.2.1; Tabla 4.2.1**)

En el costado oriental de Punta Varadero (8) el perfil batimétrico evidenció la presencia de formaciones coralinas desde los cuatro metros de profundidad, con una inclinación aproximada entre 45° y 50° hasta los 25 m. Se encontró un área

nueva de formaciones con una extensión aproximada de 3.63 ha (**Figura 4.2.1; Tabla 4.2.1; Figura 4.2.9**).

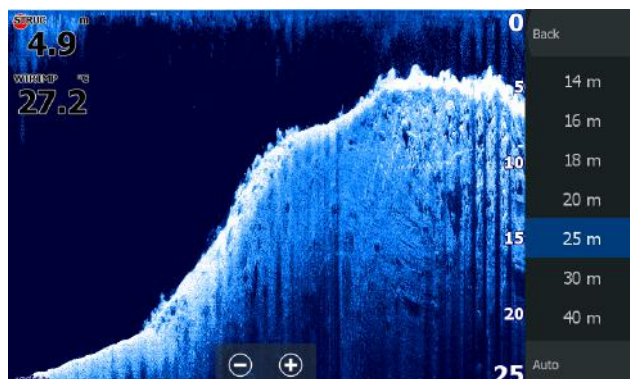


Figura 4.2.7 Perfil batimétrico entre los 5 y 25 metros de profundidad en el sector de Playa Vaca, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.

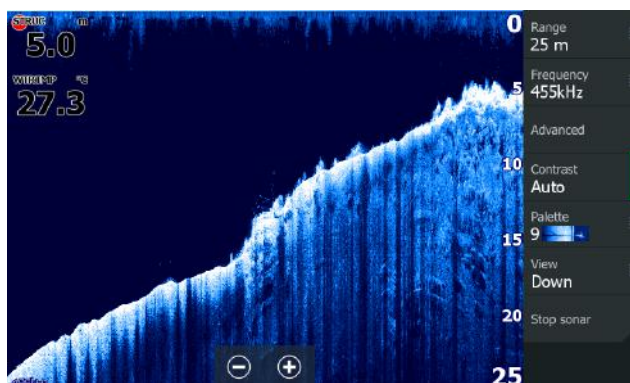


Figura 4.2.8 Perfil batimétrico entre los 5 y 25 metros de profundidad en el sector de Punta Petaca, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.

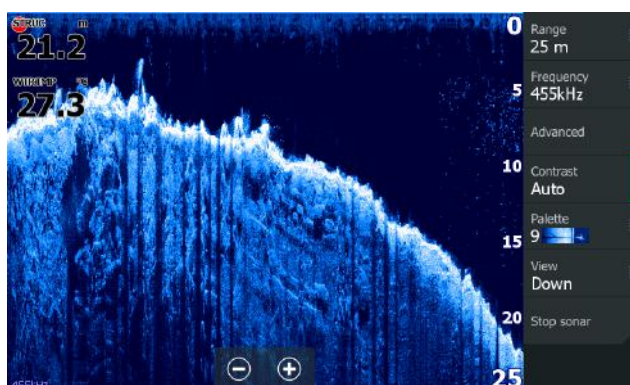


Figura 4.2.9 Perfil batimétrico entre los 4 y 25 metros de profundidad en el costado oriental de Punta Varadero, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.

El costado occidental de Punta Varadero presentó un contorno menos pronunciado de 45° con evidencia de componente arrecifal entre los seis y 15 m.

A partir de esta profundidad el fondo fue arenoso (**Figura 4.2.10**). En el sector conocido como Boquerón (9) se registró un área aproximada de 1.45 ha (**Figura 4.2.1; Tabla 4.2.1**).

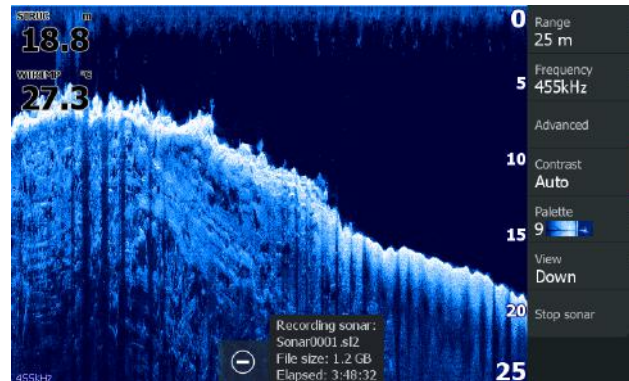


Figura 4.2.10 Perfil batimétrico entre los 6 y 25 metros de profundidad en el costado occidental de Punta Varadero, bahía de Taganga, departamento del Magdalena.

En cuanto a las praderas de fanerógamas, estas se restringieron al costado occidental de Playa Grande a profundidades entre 1 y 2.5 m para la especie *Thalassia testudinum* con un área de 0.063 ha, mientras que en el centro de la bahía a 10 m se encontró un parche de *Halophila decipiens* con un área de 0.057 ha (**Figura 4.2.11**).

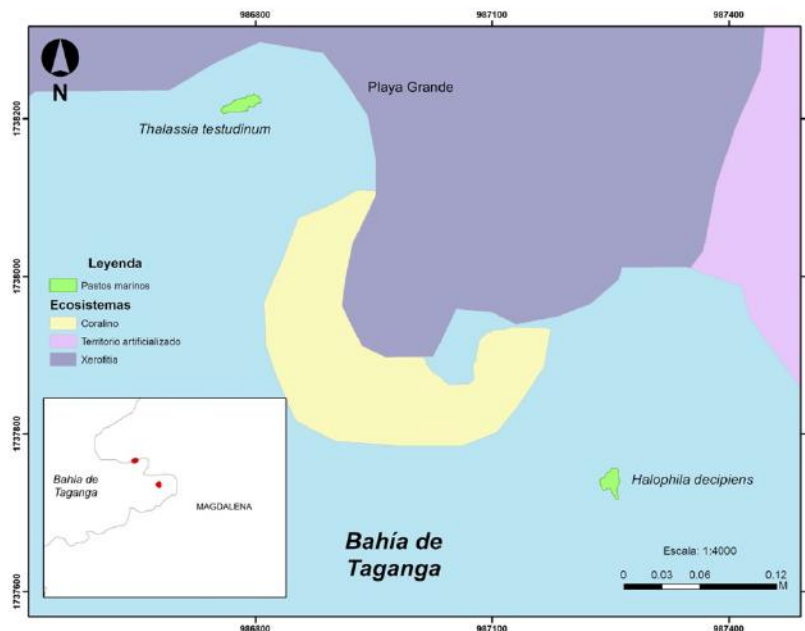


Figura 4.2.11 Ubicación de las praderas de pastos marinos en la bahía de Taganga, departamento del Magdalena.

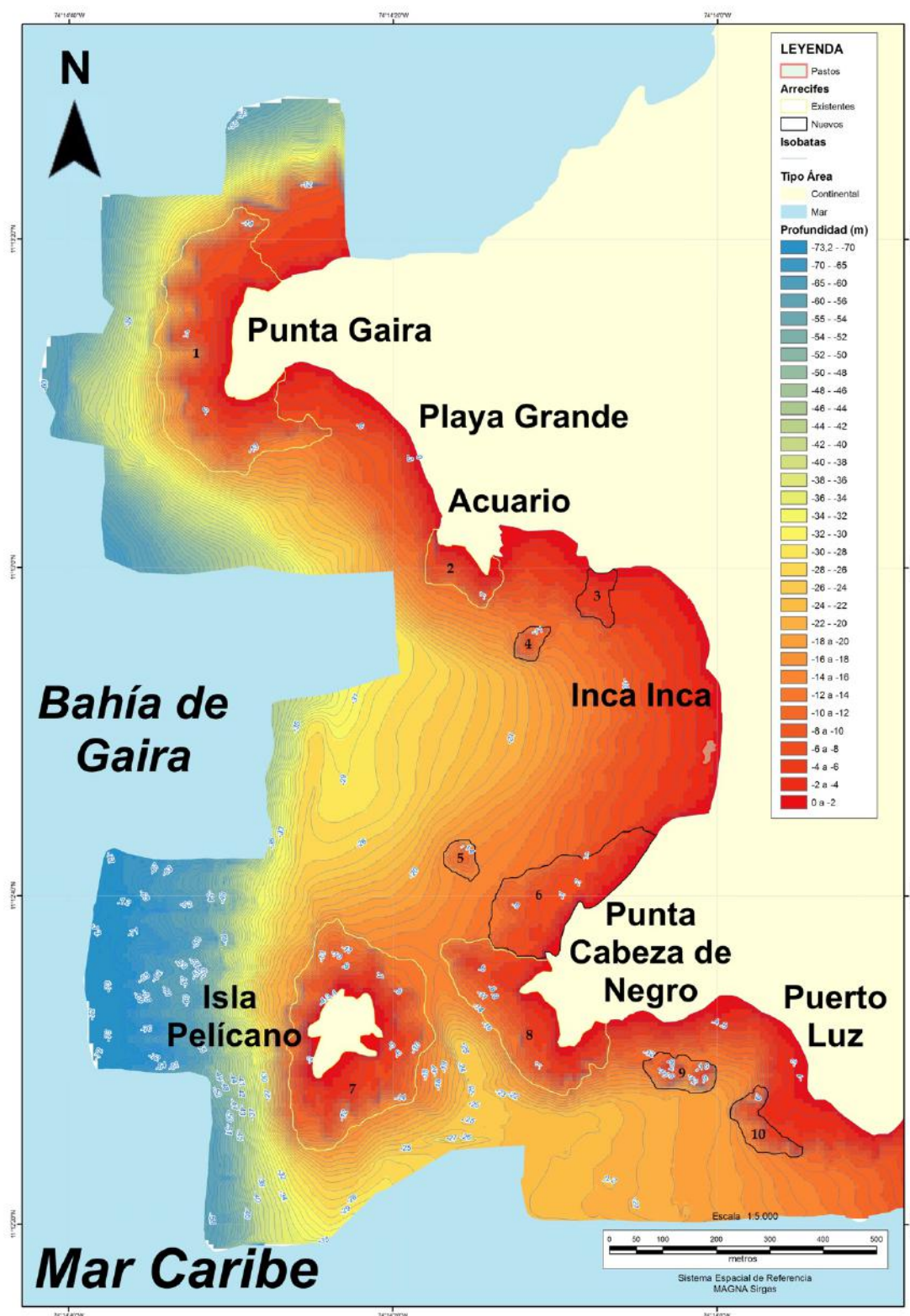
4.2.2 Bahía de Gaira

En la bahía de Gaira se registraron 201397 valores batimétricos con una media de 24.02 m ($DE \pm 13.67$) y profundidades que oscilaron entre 1.63 y 73.83 m. Los arrecifes se distribuyeron en toda la costa rocosa en 10 sectores, con una área total aproximada de 26.16 ha, de las que 19.98 ha fueron cartografiadas previamente y 6.18 ha corresponden a nuevos reportes. También se encontraron arrecifes tipo barrera en los fondos arenosos del sector de Playa Blanca y montículos en Inca Inca y Puerto Luz (**Figura 4.2.12**).

Tabla 4.2.2 Identificación, nombre, área (hectáreas) y categoría de arrecife coralino registrado en la bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

Identificación	Nombre	Área (ha)	Categoría
1	Punta Gaira y Playa Blanca	7.79	Existente
2	Acuario	1.08	Existente
3	Inca Inca Norte	0.53	Nuevo
4	Bajo Inca Inca	0.3	Nuevo
5	Bajo Calderón	0.36	Nuevo
6	Calderón Norte	3.46	Nuevo
7	Isla Pelicano	6.98	Existente
8	Calderón Sur	4.13	Existente
9	Bajo de Amparo	0.76	Nuevo
10	Bajo Puerto Luz	0.77	Nuevo
Total		26.16	
Total Existentes		19.98	
Total Nueva		6.18	

En el sector norte de Punta Gaira afuera de la bahía del mismo nombre, se encontró un fondo de pendiente pronunciada de 70° a 45° con profundidades entre 5 y 50 m. No se observó presencia de formaciones arrecifales (**Figura 4.2.13**). En el costado occidental de Punta Gaira se evidenció la presencia de arrecifes entre 40 y 60 m de profundidad en una inclinación aproximada de 25° a 30° (**Figura 4.2.14**).



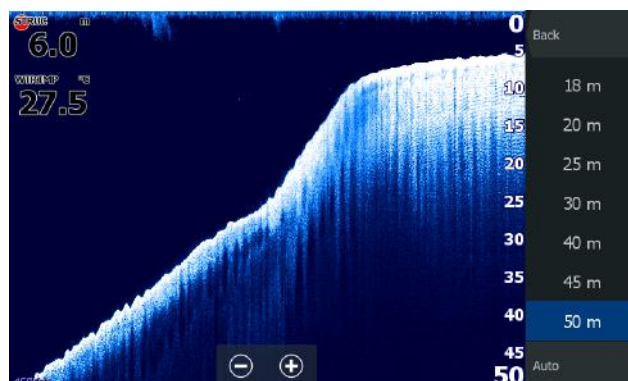


Figura 4.2.13 Perfil batimétrico entre los 5 y 50 metros de profundidad en el costado norte de Punta Gaira, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

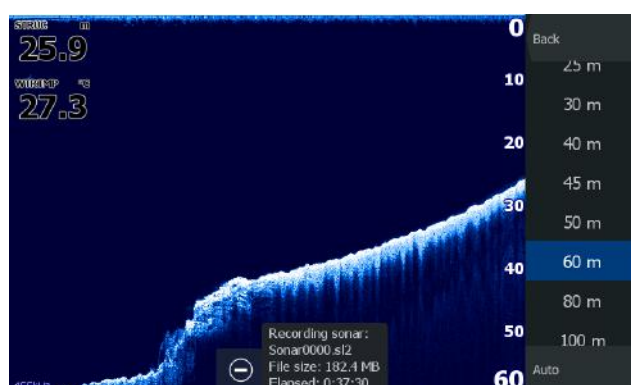


Figura 4.2.14 Perfil batimétrico entre los 25 y 60 metros de profundidad en el costado occidental de Punta Gaira, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

En el margen sur de Punta Gaira (1) en la parte somera se registraron fondos arrecifales entre uno y cinco metros de profundidad sin una pendiente marcada (**Tabla 4.2.2; Figura 4.2.12; Figura 4.2.15**). A partir de los cinco metros la inclinación fue de 45° con formaciones que llegaron hasta los 25 m aproximadamente (**Figura 4.2.16**). Esta formación junto con la barrera de Playa Blanca tuvieron una extensión aproximada de 7.79 ha (**Tabla 4.2.2; Figura 4.2.12**). Frente a Playa Blanca (1) se ubicó una barrera típica de arrecife cuya parte somera tuvo una profundidad de cinco metros y los cantiles una inclinación cercana a los 45° hasta alcanzar los 15 m a barlovento y sotavento, en donde inició el arenal (**Figura 4.2.17**). A 270 m de distancia hacia el suroccidente de Punta Gaira se registró un fondo rocoso de 40 a 50 m de profundidad y con pendiente ligera de 15° (**Figura 4.2.18**).

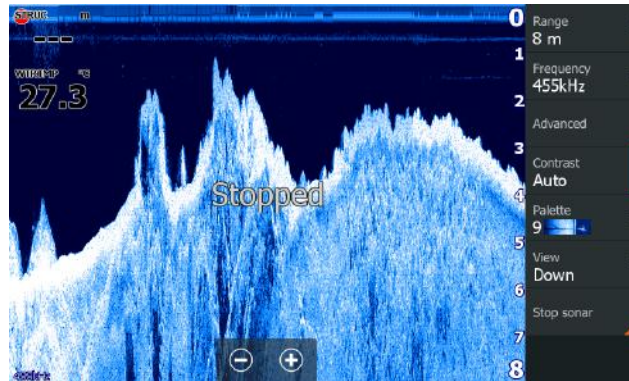


Figura 4.2.15 Perfil batimétrico entre uno y cinco metros de profundidad en el costado sur de Punta Gaira, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

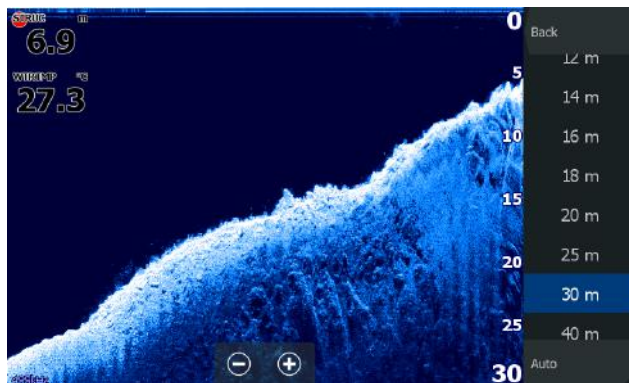


Figura 4.2.16 Perfil batimétrico entre 5 y 30 metros de profundidad en el costado sur de Punta Gaira, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

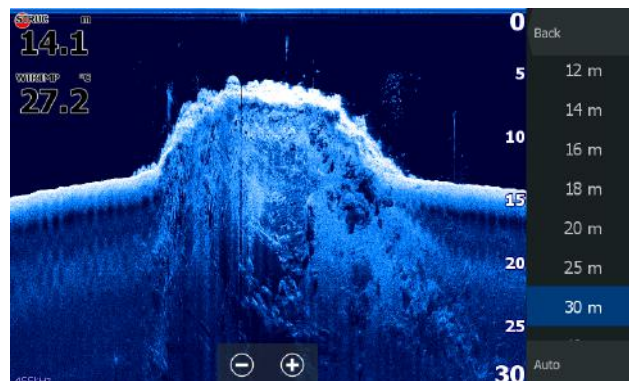


Figura 4.2.17 Perfil batimétrico entre 5 y 15 metros de profundidad en la barrera arrecifal de Playa Blanca, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

En el sector del Acuario y Museo del Mar El Rodadero (2) se encontró un área de 1.08 ha, mientras que en el costado oriental denominado Inca Inca Norte (3) se

localizó una formación arrecifal a partir de los cuatro metros de profundidad, conformada por una pendiente recta hasta encontrar un cantil de 45° de inclinación que culminó en un arenal a los 10 m. Este sector tuvo un área de 0.53 ha y fue un nuevo reporte para la bahía (**Tabla 4.2.2; Figura 4.2.12; Figura 4.2.19**).

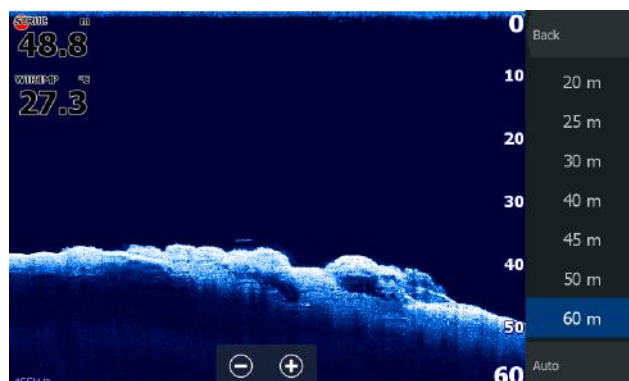


Figura 4.2.18 Perfil batimétrico entre 40 y 50 metros de profundidad hacia el suroccidente de Punta Gaira, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

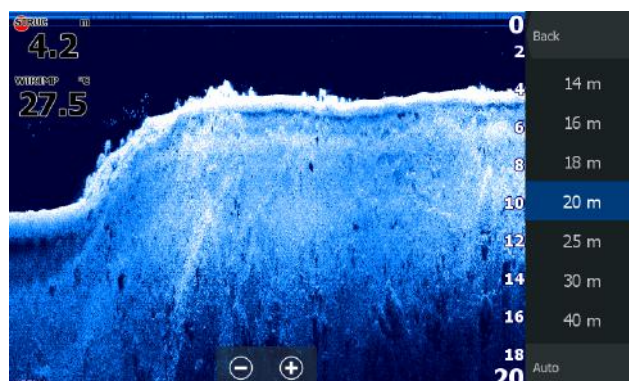


Figura 4.2.19 Perfil batimétrico entre 4 y 10 metros de profundidad en Inca Inca norte, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

A una distancia de 140 m hacia el sur del Acuario se localizó un montículo arrecifal denominado estación Bajo Inca Inca (4) cuya parte somera estuvo a ocho metros de profundidad, y el arenal entre 14 y 18 m sobre una pendiente de 25°. El área estimada en esta formación fue de 0.3 ha y también fue un nuevo reporte (**Tabla 4.2.2; Figura 4.2.12; Figura 4.2.20**). En el costado sur de Inca Inca se encontró el bajo Calderón (5) con profundidades entre 12 y 17 metros, y un área aproximada de 0.36 ha (**Tabla 4.2.2; Figura 4.2.12**). En la estación de muestreo Calderón Norte (6) y Calderón Sur (8) se registró una formación arrecifal comprendida entre uno y 10 metros de profundidad cuya pendiente varió en inclinación a medida que se

acercaba o alejaba de Punta Cabeza de Negro. Calderón Norte (6) tuvo una extensión de 3.46 ha y constituyó un nuevo reporte para la bahía, mientras que Calderón Sur (8) tuvo 4.13 ha y fue cartografiada en estudios precedentes (**Tabla 4.2.2; Figura 4.2.12; Figura 4.2.21**).

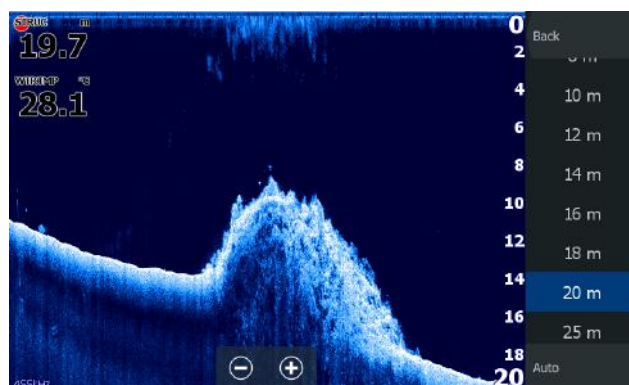


Figura 4.2.20 Perfil batimétrico entre 8 y 18 metros de profundidad de la estación Bajo Inca Inca, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

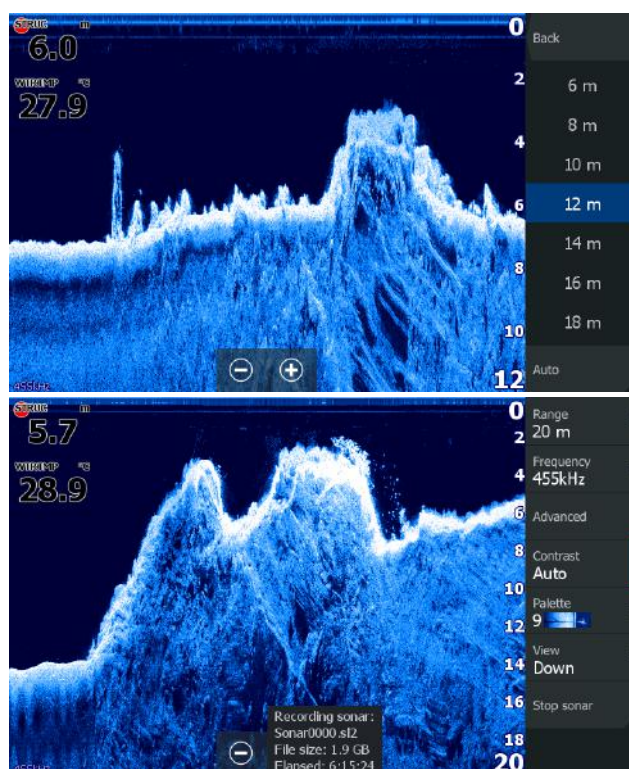


Figura 4.2.21 Diferentes perfiles batimétricos entre uno y 10 metros de profundidad en el sector de Calderón Norte y Sur bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

En Isla Pelicano o Morro de El Rodadero (7) se estimó un área arrecifal de 6.98 ha que fueron cartografiados en estudios previos (**Tabla 4.2.2; Figura 4.2.12**). El perfil batimétrico del margen suroccidental de este sector reveló una pendiente pronunciada de 45° con profundidades entre 8 y 60 m, y escasa presencia de formaciones arrecifales (**Figura 4.2.22**).

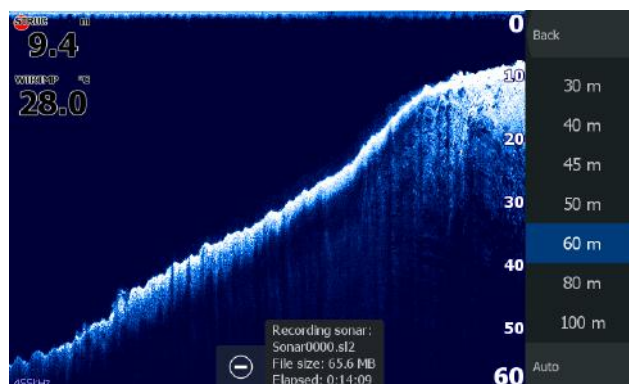


Figura 4.2.22 Perfil batimétrico entre 8 y 60 metros de profundidad en el margen suroccidental de Isla Pelicano, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

El margen noroccidental de Isla Pelicano presentó un contorno de menor inclinación (20°) con arrecifes entre 5 y 20 m de profundidad. A partir de este punto el fondo se volvió más arenoso (**Figura 4.2.23**). A una distancia de 120 m al norte de Isla Pelicano se ubicó un fondo arrecifal entre 15 y 22 m de profundidad sobre una pendiente ligera de aproximadamente 10° (**Figura 4.2.24**).

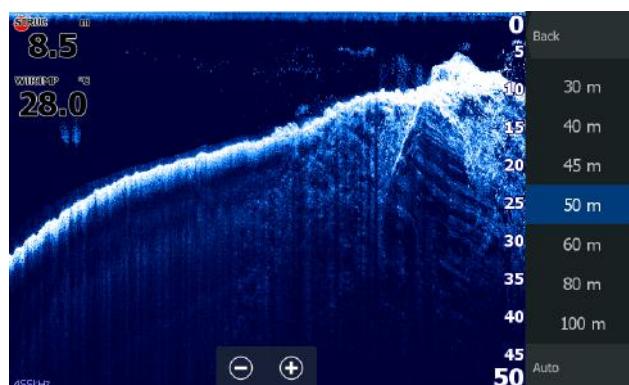


Figura 4.2.23 Perfil batimétrico entre 8 y 18 metros de profundidad en el margen noroccidental de Isla Pelicano, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

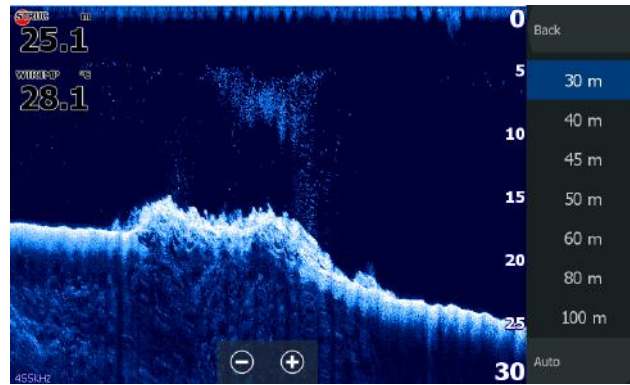


Figura 4.2.24 Perfil batimétrico entre 15 y 25 metros de profundidad en el margen norte de Isla Pelicano, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

En el margen oriental de Isla Pelicano se registraron profundidades entre 1 y 20 metros con una cuesta de 45° hasta los 8 metros, y de 75° hasta los 16 m. Todo el sector con presencia de formaciones coralinas (**Figura 4.2.25**).

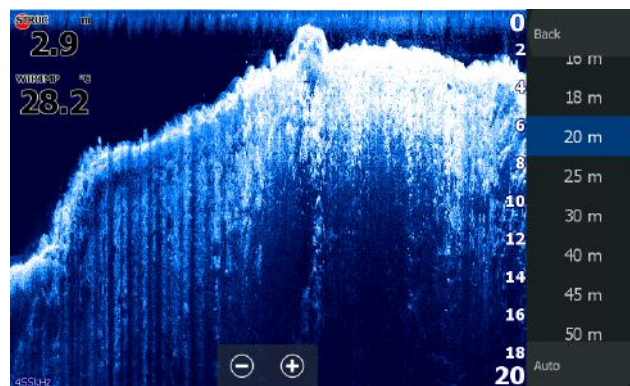


Figura 4.2.25 Perfil batimétrico entre 1 y 20 metros de profundidad en el margen oriental de Isla Pelicano, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

El margen sur de Isla Pelicano estuvo cubierto por un componente bentónico conspicuo con profundidades de 1 a 20 m en una pendiente de 45°. A partir de esta profundidad inició un arenal (**Figura 4.2.26**). En el sector de Puerto Luz se encontró un montículo conocido localmente como el bajo de Amparo (9) cuya parte somera presentó cinco metros de profundidad, mientras que el fondo tuvo entre 11 y 18 m, con una inclinación pronunciada (60°-70°) en cada uno de sus costados. Se estimó un área de 0.76 ha. En el mismo sector se registró además el bajo Puerto Luz (10), con una extensión aproximada de 0.77 ha. Estas dos formaciones fueron nuevos registros para la bahía (**Tabla 4.2.2; Figura 4.2.12; Figura 4.2.27**).

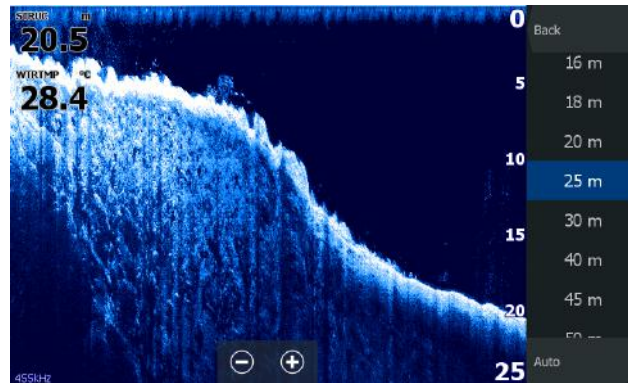


Figura 4.2.26 Perfil batimétrico entre 1 y 20 metros de profundidad en el margen sur de Isla Pelicano, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

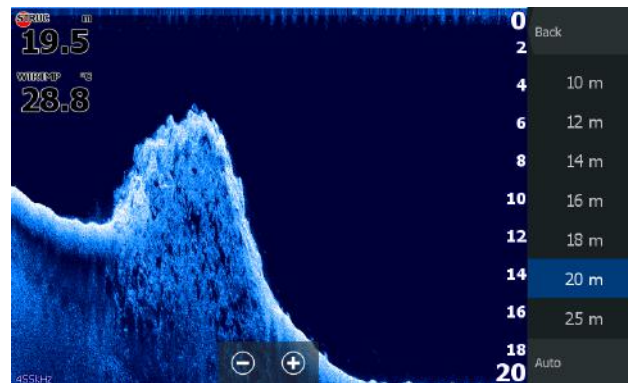


Figura 4.2.27 Perfil batimétrico entre 5 y 18 metros de profundidad en el bajo de Amparo, Puerto Luz, bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

En cuanto a las praderas de fanerógamas, estas estuvieron conformadas por la especie *Syringodium filiforme* y se restringieron al costado sur de Inca Inca y en el sector de El Rodadero diagonal al canal de la escollera. Las profundidades registradas fueron entre 1 y 2.5 m con áreas aproximadas de 0.087 ha y 0.046 ha respectivamente (**Figura 4.2.28**).

4.2.3 Bahía de Pozos Colorados y ensenada de los Alcatraces

Entre Pozos Colorados y la ensenada de los Alcatraces se registraron 341831 datos, con un promedio de profundidad de 5.35 m ($DE \pm 1.56$) y ámbitos entre 1.60 y 11.45 m. En este sector todas las formaciones arrecifales registradas constituyeron nuevos registros para la zona con un área total de 9.72 ha. Se distribuyeron en la costa

rocosa entre el Aeropuerto y el Zuana. La pendiente de toda el área fue moderada con valores que oscilaron entre 10° y 30° de inclinación (**Tabla 4.2.3; Figura 4.2.29**).

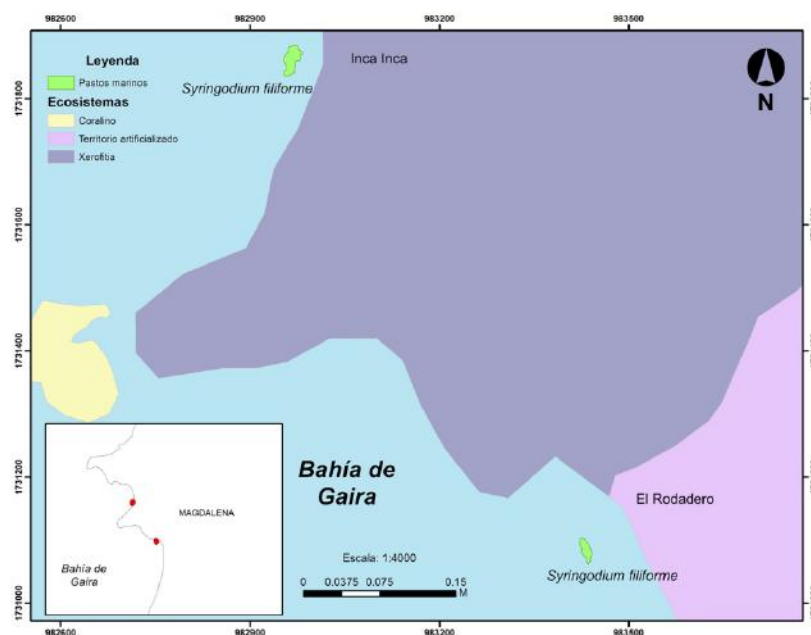


Figura 4.2.28 Ubicación de las praderas de pastos marinos en la bahía de Gaira, departamento del Magdalena.

Tabla 4.2.3 Identificación, nombre, área (hectáreas) y categoría de arrecife coralino registrado en la bahía de Pozos Colorados, departamento del Magdalena.

Identificación	Nombre	Área	Categoría
1	Punta Cabeza de Zorra	0.5	Nuevo
2	Punta La Lengua I	0.43	Nuevo
3	Punta La Lengua II	0.25	Nuevo
4	Mangtrupi	1.18	Nuevo
5	Punta La Loma I	0.55	Nuevo
6	Punta La Loma II	3.02	Nuevo
7	Aeropuerto I	1.02	Nuevo
8	Aeropuerto II	0.58	Nuevo
9	Aeropuerto III	0.95	Nuevo
10	Punta Los Micos	0.66	Nuevo
11	Punta Brava	0.58	Nuevo
Total		9.72	
Total Nuevo Reporte		9.72	



Figura 4.229 Modelo batimétrico con las isóbatas en metros y las áreas de las formaciones arrecificales de la bahía de Pozos Colorados y la ensenada de los Alcatraces, departamento del Magdalena.

Hacia el norte de Punta Cabeza de Zorra en el sector hotelero el fondo duro fue disperso con la presencia de algunos montículos pequeños y aislados entre los 4 y 6 m, hasta el sector de Bello Horizonte en donde inició una barra de arena que llegó hasta Punta Gloria. Frente a Punta Cabeza de Zorra (1) se ubicó una formación de 0.5 ha (**Tabla 4.2.3; Figura 4.2.29; Figura 4.2.30**).

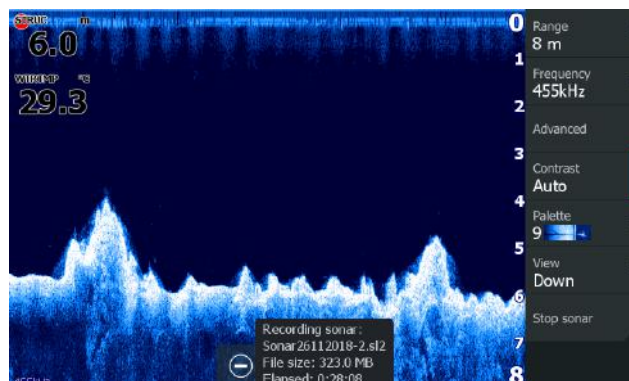


Figura 4.2.30 Perfil batimétrico entre 4 y 6 metros al norte de Punta Cabeza de Zorra, bahía de Pozos Colorados, departamento del Magdalena.

En el sector de Punta La Lengua se encontraron dos formaciones entre 2 y 3.5 m de profundidad denominadas Punta La Lengua I y II (2 y 3) con áreas de 0.43 y 0.25 ha respectivamente. Entre Punta La Lengua y Punta La Loma se ubicaron tres formaciones: Mangtrupi (4) con 1.18 ha, luego Punta La Loma I (5) y II (6) con 0.55 y 3.02 ha. En segmento de costa los parches de hábitats rocosos ampliaron el ámbito de profundidad de 1 a 6 m y mantuvieron la misma geomorfología (**Tabla 4.2.3; Figura 4.2.29; Figura 4.2.31**).

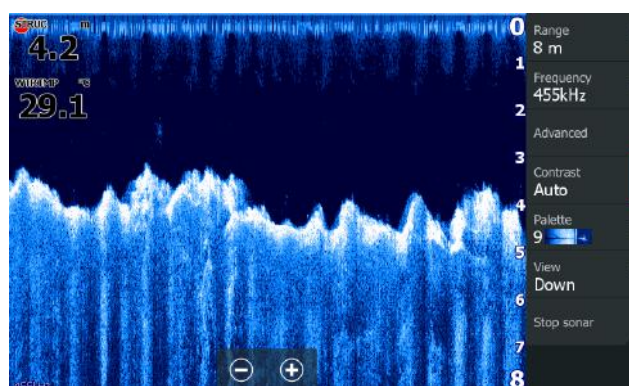


Figura 4.2.31 Perfil batimétrico entre 2 y 6 metros de Punta La Lengua a Punta La Loma, bahía de Pozos Colorados, departamento del Magdalena.

Frente a las instalaciones del Aeropuerto Simón Bolívar entre Punta La Loma y Punta Los Micos se localizaron varios conglomerados de fondos duros con profundidades entre 1 y 4 m sobre pendiente ligera de 10° a 20°. Estos se denominaron Aeropuerto I (7) con 1.02 ha, Aeropuerto II (8) con 0.58 ha y Aeropuerto III (9) con 0.95 ha (**Tabla 4.2.3; Figura 4.2.29; Figura 4.2.32**).

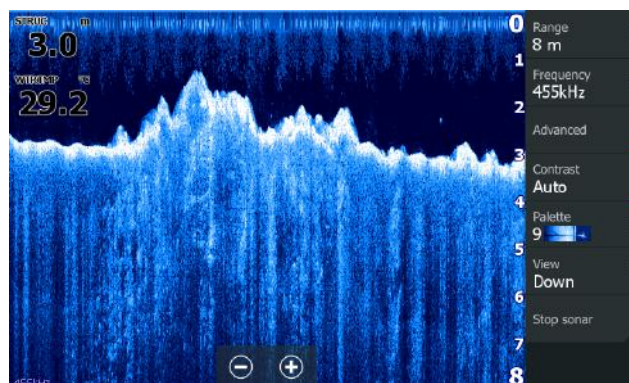


Figura 4.2.32 Perfil batimétrico entre 2 y 6 metros de Punta La Loma a Punta Los Micos a, bahía de Pozos Colorados, departamento del Magdalena.

Entre Punta Los Micos y Punta Brava se encontró una formación de 0.66 ha denominada Punta Los Micos (10) con profundidades entre 2 y 4.5 m (**Tabla 4.2.3; Figura 4.2.29; Figura 4.2.33**). En el extremo sur de Punta Brava se registró un parche rocoso (11) con una extensión de 0.58 ha (**Tabla 4.2.3; Figura 4.2.29; Figura 4.2.34**). En la ensenada de Los Alcatraces la presencia de fondos duros arrecifales fue muy reducida con algunos de estos entre Don Jaca y Costa Azul asociados al litoral rocoso presente en el sector.

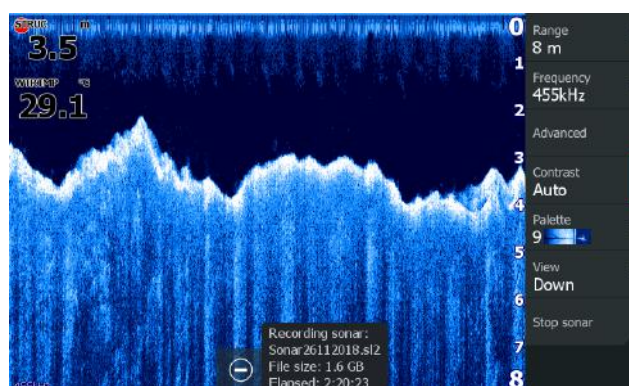


Figura 4.2.33 Perfil batimétrico entre 1 y 4 metros de Punta Los Micos a Punta Brava, bahía de Pozos Colorados, departamento del Magdalena.

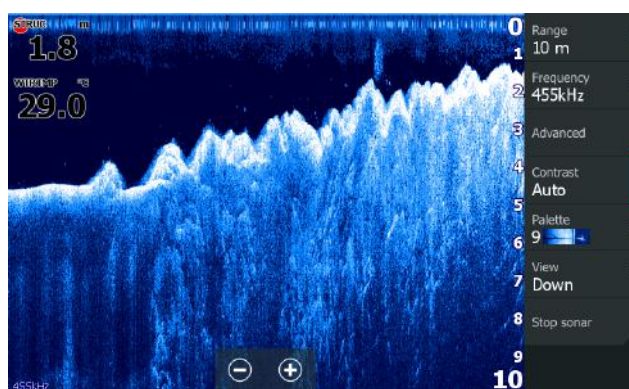


Figura 4.2.34 Perfil batimétrico entre 1 y 5 metros en el extremo sur de Punta Brava, bahía de Pozos Colorados, departamento del Magdalena.

4.2.4 Bahía de Santa Marta

En la bahía de Santa Marta solo se mapearon las praderas de pastos presentes. En total se encontraron tres parches de la especie *Thalassia testudinum* entre los 2.8 y 1.5 m de profundidad con una extensión de norte a sur para cada parche de 0.052 ha, 0.009 ha y 0.013 ha (**Figura 4.2.35**).

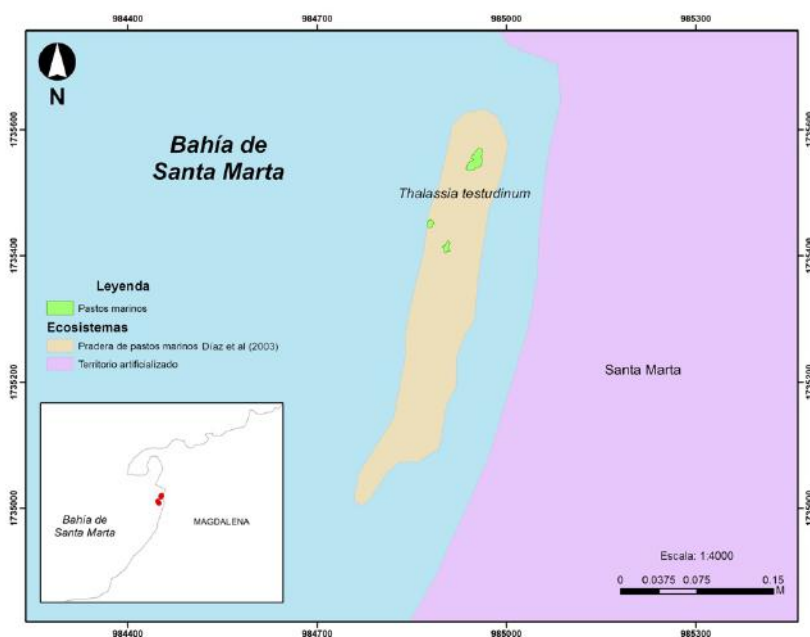


Figura 4.2.35 Ubicación de las praderas de pastos marinos en la bahía de Santa Marta, departamento del Magdalena.

4.3 DIVERSIDAD DE PECES EN LOS ARRECIFES DE CORAL

4.3.1 Estructura de la comunidad de peces

Por medio de los censos visuales se registró un total de 137 especies de peces, pertenecientes a 38 familias y 10 órdenes, con una abundancia relativa estimada de 3638 individuos (**Tabla 4.3.1**). En la bahía de Gaira se observaron 111 especies y 2065 individuos; la bahía de Taganga tuvo una riqueza de 113 especies y 1554.3 de abundancia. La bahía de Pozos Colorados presentó 18 especies y 17.9 individuos.

La mayor riqueza se encontró en la estación de Punta Gaira con 74 especies, seguida de Punta Varadero con 71, Punta Venado con 68, y finalmente Playa Grande y Bajo Inca Inca cada uno con 60. De otra parte, los valores más elevados de abundancia relativa se registraron en Punta Venado con 449 individuos, seguido del Bajo Inca Inca con 401.4, Playa Vaca Oriental 342.6, Isla Pelicano Sur con 320.1 y Playa Grande con 300.9 (**Tabla 4.3.1**).

Las familias más representativas en número de especies fueron Labridae (loros y doncellas) con 19, seguida de Serranidae (meros, chernas, arlequines) con 13, Pomacentridae (damiselas, sargentos) con 11, Haemulidae (roncos) con 11 y Lutjanidae (pargos) con 7 que en total correspondieron al 44.5 % de las especies registradas (**Tabla 4.3.1**). Asimismo, las familias con mayor abundancia fueron Pomacentridae con 1365.9 individuos, seguida de Labridae con 681.1, Acanthuridae (cirujanos) con 319, Haemulidae con 290.8 y Gobiidae con 284.3 que en total constituyeron el 80.8 % de la abundancia.

Las especies más abundantes en orden descendente fueron: la damisela bicolor *Stegastes partitus* con 458.3, la castañeta *Chromis multilineata* con 424.7, la cotorra cabeza azul *Thalassoma bifasciatum* con 278.9, la castañeta sol *Chromis insolata* con 232.6, el gobio enmascarado *Coryphopterus personatus* con 217.1, el pez creole *Clepticus parrae* con 207.7, el ronco francés *Haemulon flavolineatum* con 169, el cirujano *Acanthurus chirurgus* con 154.5, el salmonete *Mulloidichthys martinicus* con 151.3 y el barbero *Acanthurus tractus* (**Tabla 4.3.1; Figura 4.3.1**).

Tabla 4.3.1 Composición y abundancia relativa de peces registrados en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca centro; IPN: Isla Pelicano norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma) (* especie en Libro Rojo; + especie invasora; - especie registrada fuera de censos).

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
Familias/Especies															
Acanthuridae															
<i>Acanthurus chirurgus</i>	2.6	10.6	36.6	30.6	0.8	9	0.8	4.3	2.6	41.2	1.2	13.8	0.4		154.5
<i>Acanthurus coeruleus</i>			1.4	0.7	0.8	1.6	0.5	0.5	0.1		18.1	0.5	0.5		24.7
<i>Acanthurus tractus</i>	2.8	9	40.5	24.1	2.4	6.5	4.5	3.8	5.9	20	13	4.3	3		139.8
Apogonidae															
<i>Apogon maculatus</i>				1						0.1					1.1
<i>Apogon pseudomaculatus</i>										0.6					0.6
Aulostomidae															
<i>Aulostomus maculatus</i>			0.7		0.6	0.4	0.5	0.7	0.3	0.6	0.5	0.7	1.7		6.7
Balistidae															
<i>Balistes capriscus</i>									0.1						0.1
<i>Balistes vetula*</i>								0.2	0.2						0.4
Blenniidae															
<i>Ophioblennius macclurei</i>		0.1						0.1							0.2
Carangidae															
<i>Carangoides ruber</i>	0.5	2.4	0.7	1.3	0.4		0.2	0.2	0.1			0.2			6
<i>Caranx crysos</i>	2.5	0.5	0.2	0.3	0.2	0.3	24		0.1	2.8	15	-	5.9		51.8
<i>Caranx latus</i>										0.1					0.1
<i>Decapterus macarellus</i>			17.1		0.2			3							20.3
<i>Seriola rivoliana</i>	0.1				2.1			0.2		0.1					2.5

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
Chaenopsidae															
<i>Acanthemblemaria betinensis</i>												0.3	0.2		0.5
Chaetodontidae															
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.3	0.4	3.9	0.2	0.8	0.8	0.6	1.3	0.2	1.9	0.7	1.5	2.9	0.2	15.7
<i>Chaetodon ocellatus</i>	1	1.1	2.1	0.7	1.3	1.6	0.4	1.2	0.8	1.1	0.5	2.5	0.8		15.1
<i>Chaetodon sedentarius</i>	1.8	1.8	4.3	0.4	1.9	2	2	4.2	0.8	1.7	2.9	2.6	2.5	0.1	29
<i>Chaetodon striatus</i>		0.2	0.8	0.3	0.2			0.1			0.2	1.1	0.5	0.2	3.6
<i>Prognathodes aculeatus</i>	0.2				0.3			0.6				0.3	0.7		2.1
Cirrhitidae															
<i>Amblycirrhitus pinos</i>					0.1	0.1		0.7		0.3	0.3	-	-		1.5
Clupeidae															
<i>Opisthonema oglinum</i>									10						10
<i>Sardinella aurita</i>			0.3												0.3
Dactylopteridae															
<i>Dactylopterus volitans</i>				0.2					0.1						0.3
Dasyatidae															
<i>Himantura schmardae</i> -												-			-
Diodontidae															
<i>Chilomycterus antillarum</i>									0.2						0.2
<i>Diodon holocanthus</i>	0.1	0.7	0.4	0.7	0.3	0.3	0.2		0.2	0.9	0.5	0.1	0.3		4.7
<i>Diodon hystrix</i>	0.3								0.3	0.1					0.7
Ephippidae															
<i>Chaetodipterus faber</i>								-	0.1			0.7			0.8
Gerreidae															
<i>Eucinostomus melanopterus</i>				0.1											0.1

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
<i>Gerres cinereus</i>				0.1			0.1			0.1					0.3
Gobiidae															
<i>Coryphopterus glaucofraenum</i>		0.1		0.7					0.1				0.4		1.3
<i>Coryphopterus personatus</i>	68.5	0.9			26.3	24.5	66.2	1	14.4	1.2	8.1	0.9	5.1		217.1
<i>Elacatinus illecebrosus</i>	0.8	1.1	1.8	0.6	0.8	1	1.5	0.6	3.9	4.4	5	1.6	3.8		26.9
<i>Gnatholepis thompsoni</i>	0.3	9.5	0.7	12	1.3	0.3	2.7	0.3	2.4	1.7	6.3	0.7	0.7		38.9
<i>Tigrigobius sp.</i>							0.1								0.1
Haemulidae															
<i>Anisotremus moricandi*</i>														1.1	1.1
<i>Anisotremus surinamensis</i>						0.1		-				0.1	-		0.2
<i>Anisotremus virginicus</i>		0.2	1.2	0.2	0.5	0.6		0.2		0.1	0.1	0.3		0.5	3.9
<i>Haemulon aurolineatum</i>				7.3							19			0.4	26.7
<i>Haemulon carbonarium</i>										0.1					0.1
<i>Haemulon chrysargyreum</i>	0.4		1.4		1.1	1.4	0.2	1.3		1.4	0.5	1.6			9.3
<i>Haemulon flavolineatum</i>	5.7	62.8	7.2	36.4	12.5	5.2	4	3.9	0.1	12.7	9.2	5.6	3.3	0.4	169
<i>Haemulon macrostomum</i>	0.2														0.2
<i>Haemulon melanurum</i>										5.5	39.2				44.7
<i>Haemulon plumieri</i>			0.8	1.1			0.1	0.7	0.8		0.8	0.2	1.6	0.1	6.2
<i>Haemulon steindachneri</i>	27.3			0.2										1.9	29.4
Holocentridae															
<i>Holocentrus adscensionis</i>	0.4			1.5			0.2	0.1				0.2			2.4
<i>Holocentrus rufus</i>	0.1	0.1	0.1				0.1	0.1				0.1			0.6
<i>Myripristis jacobus</i>	20.4	4.6	3		11.1	16.8	25.4	12.3		0.6		10.4	5.8		110.4
Kyphosidae															
<i>Kyphosus sp.</i>					11.6										11.6

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
Labridae															
<i>Bodianus pulchelus</i>	0.2							0.3							0.5
<i>Bodianus rufus</i>	2.6	1.4	1.9	1.8	2.5	3.2	0.9	1.9	1.3	1.6	3.8	1.6	2.8		27.3
<i>Clepticus parrae</i>	11.9	0.2			15.8	32.6	5.9	8.1	8.5	0.6	3.3	1.3	119.5		207.7
<i>Cryptotomus roseus</i>		0.1		0.3						0.1			0.2		0.7
<i>Halichoeres bivittatus</i>		2.5	1	6.9		0.7		0.1	1.8	0.2	0.2	0.5	0.1	0.1	14.1
<i>Halichoeres garnoti</i>	1.1		0.5	0.4	0.8	2	0.6	1.6	3.8	0.3	1	1.3	2.5		15.9
<i>Halichoeres poeyi</i>				0.2											0.2
<i>Halichoeres radiatus</i> -						-									-
<i>Scarus coeruleus</i> *									0.3						0.3
<i>Scarus guacamaia</i> *											0.4				0.4
<i>Scarus iseri</i>	2.4	1	6.9	1.2	0.5	1.3	0.1	2.5	6.6	3.8	7.3	1.3	4.6		39.5
<i>Scarus taeniopterus</i>	1.2	0.3	0.7	0.1	0.5	0.7	1.8	0.5	1.7	0.4	0.5	1.1	2.8		12.3
<i>Scarus vetula</i> *			0.1												0.1
<i>Sparisoma atomarium</i>									0.3				0.2		0.5
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	3.1	2.5	3.4	1.3	3.9	4.5	2.3	5	6.2	4.5	7.8	5.1	7.8		57.4
<i>Sparisoma chrysopteron</i>		1	1.8	0.1	0.1			0.2		0.1	0.4	0.3	0.1	0.1	4.2
<i>Sparisoma rubripinne</i>		0.1	0.4	1.8	0.1				0.3	0.1	0.2	0.5		0.7	4.2
<i>Sparisoma viride</i> *	0.2	0.8	5.9	0.3	1.6	1.1	0.9	0.9	1.7	1.2	0.6	0.8	0.9		16.9
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	6.6	22.4	32.7	21.2	4.3	21.6	18	15.6	36.9	29.5	28.6	21.9	19.6		278.9
Labrisomidae															
<i>Labrisomus nuchipinnis</i>														0.4	0.4
Lutjanidae															
<i>Lutjanus apodus</i>								0.3							0.3
<i>Lutjanus bucanella</i>	1.3														1.3

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	TOTAL
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	
<i>Lutjanus griseus</i>			0.4					3.3	0.9			0.4			5
<i>Lutjanus jocu</i> *		0.1	0.1		0.1			0.8				-	-		1.1
<i>Lutjanus mahogoni</i>	1					0.2	0.7	0.1				0.1	-		2.1
<i>Lutjanus synagris</i> *	1.8		0.1	0.3						0.5					2.7
<i>Ocyurus chrysurus</i> *													0.5		0.5
Microdesmidae															
<i>Ptereleotris calliura</i>							0.1								0.1
<i>Ptereleotris helenae</i>	0.3	0.7		0.2											1.2
Monacanthidae															
<i>Cantherhines macrocerus</i>								0.1		0.1					0.2
<i>Cantherhines pullus</i>			0.1			0.3		-				0.2			0.6
Mullidae															
<i>Mulloidichthys martinicus</i>	12.6	2.5	7.7	0.6	64.9	6.7	6.3	20.2	5.8	4	10.2	3.4	6.4		151.3
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	2.3	5.4	2.3	2.3	0.9	1.3	2.5	0.7	1.7	4.1	5.8	2.4	3		34.7
Muraenidae															
<i>Echidna catenata</i>								0.2		0.1					0.3
<i>Gymnothorax funebris</i>								0.1							0.1
<i>Gymnothorax miliaris</i>													0.1		0.1
<i>Gymnothorax moringa</i>	0.4	0.2	0.1	0.1		0.5	0.2	0.7	0.6	0.3	0.1	0.3	0.3		3.8
<i>Gymnothorax vicinus</i>					0.2				0.2						0.4
Narcinidae															
<i>Narcine bancroftii</i>								0.2							0.2
Ostracidae															
<i>Acanthostracion polygonus</i>	0.2	0.2	0.4		0.1	0.1	-	0.4		0.4	0.4	0.2	0.3		2.7
<i>Acanthostracion quadricornis</i>		0.1				0.1		0.3				0.1			0.6

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
<i>Lactophrys bicaudalis</i>			0.1			0.3	0.1		0.1	0.1			0.1		0.8
<i>Lactophrys triqueter</i>	0.2	0.3	0.6		0.1	0.3	0.2	0.3		0.3	0.7	1.1	0.3		4.4
Pomacanthidae															
<i>Centropyge argi</i>	0.1							0.2							0.3
<i>Holacanthus ciliaris</i>	0.1		0.1	0.1	0.3	0.5	0.1	0.1		0.1		0.5	0.3		2.2
<i>Holacanthus tricolor</i>	0.9	0.7	0.8		0.1	0.6	0.5	0.8	0.6	1.2	0.7	1.6	1.3		9.8
<i>Pomacanthus arcuatus</i>									0.1						0.1
<i>Pomacanthus paru</i>			0.2		0.3	0.3	0.6	0.1	0.3	0.2		0.2	0.3		2.5
Pomacentridae															
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.6	8.2	9.1	9.8		1.6	13.8	4.2	2.8	6.7	21.8	7.5	8.8		94.9
<i>Chromis cyanea</i>	4.8	0.2	0.4		6.3	11.4	3.6	8.1	6.3	0.2	0.8	11	34.5		87.6
<i>Chromis enchrysur</i>												0.5			0.5
<i>Chromis insolata</i>	135.3	1.8			17.3	27.1	6	16.1	11.7				17.3		232.6
<i>Chromis multilineata</i>	27.7	3.5	6.9		0.3	43.4	2.1	16.5	57.8	62.4	52.3	16.8	135		424.7
<i>Microspathodon chrysurus</i>		0.2	2		0.1	1.1	0.1	0.1	0.1	0.9	0.5	0.1	0.3		5.5
<i>Stegastes adustus</i>		13.8	6.2	5.6	2.1	7.7	0.5	0.2		2.5	0.1	0.9		5.9	45.5
<i>Stegastes diencaeus</i>						0.1									0.1
<i>Stegastes partitus</i>	22.2	27	19.3	20.7	11.1	61.6	33.4	26	83.3	46.6	44.1	41.5	21.5		458.3
<i>Stegastes planifrons</i>	2.6	0.5	1.7	1.3	0.9	1.4	0.6		1.5	1.3	2.4	0.6	0.9		15.7
<i>Stegastes variabilis</i>				0.4							0.1				0.5
Priacanthidae															
<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>					0.2	0.2									0.4
Sciaenidae															
<i>Equetus lanceolatus</i>												0.2			0.2
<i>Equetus punctatus</i>		0.1		0.2	0.2	0.2	0.1						0.1		0.9

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	TOTAL
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	
<i>Odontoscion dentex</i>	0.1		0.1		1.4	1.3	0.2	0.9				0.1		4	8.1
<i>Pareques acuminatus</i>								0.2		0.1		0.5			0.8
Scorpaenidae															
<i>Pterois volitans</i>	1.1	1.7	0.5	0.2	0.7	0.1	0.3	1.3	0.3	0.6	0.1		0.4		7.3
<i>Scorpaena plumieri</i>	0.2	0.1		0.5							0.1	0.1		0.1	1.1
Serranidae															
<i>Cephalopholis cruentata</i>	2.3	1.1	0.1	0.1	1.8	1.8	2.6	0.4	0.8	0.9	0.6	1.1	1.6		15.2
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.1							0.1					0.1		0.3
<i>Cephalopholis furcifer</i>										0.1					0.1
<i>Diplectrum bivittatum</i>	0.2	0.3		0.2							0.1	0.3			1.1
<i>Hypoplectrus puella</i>	1.4		0.7		0.1	0.2	0.2	0.1					0.5		3.2
<i>Hypoplectrus unicolor</i>	1.6					0.2	0.1	0.1			0.2		0.5		2.7
<i>Mycteroperca bonaci</i> *	0.1	0.2									0.1	0.1	0.2		0.7
<i>Mycteroperca interstitialis</i>							0.1	0.1					0.1		0.3
<i>Parasphyraenops incisus</i>													1		1
<i>Rypticus saponaceus</i>									0.1						0.1
<i>Serranus baldwini</i>									0.1		-		0.1		0.2
<i>Serranus flaviventris</i>		0.1												1.6	1.7
<i>Serranus tigrinus</i>	0.8		0.9	0.7		0.2	0.3	0.2	2.4	1.2	1.1	0.6	1.4		9.8
Sparidae															
<i>Calamus penna</i> -												-			-
<i>Diplodus argenteus caudimacula</i>									2.4		-				2.4
Sphyraenidae															
<i>Sphyraena guachancho</i> -													-		-
Synodontidae															

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
<i>Synodus intermedius</i>						0.1			0.4		0.3	0.3	0.5		1.6
<i>Synodus synodus</i>	0.2		0.1	0.2			0.1				0.1				0.7
Tetraodontidae															
<i>Canthigaster rostrata</i>	13.3	4.9	2	4.4	5.4	9	33.5	5.2	6.9	2.1	3.2	3.8	9.6	0.1	103.4
<i>Sphoeroides spengleri</i>		0.8		0.1			0.1		0.5	0.3	1.5	0.3	0.5		4.1
Abundancia Total	401.4	213.1	243.5	204.3	222.6	320.1	273.8	187	300.9	279	342.6	182.8	449	17.9	3638
Riqueza Total	60	55	59	55	56	59	59	74	60	62	59	71	68	18	137



Figura 4.3.1 Especies de peces abundantes (A: cirujano *Acanthurus chirurgus*; B: pez creole *Clepticus parrae*; C: castañeta *Chromis multilineata*), típicas (D: mariposa *Chaetodon ocellatus*; E: lagarto *Synodus intermedius*; F: cojinúa *Caranx crysos*; G: morena moteada *Gymnothorax moringa*), raras (H: raya *Himantura schmardae*) y reportadas en el Libro Rojo (I: esposa vieja *Balistes vetula*; J: cherna negra *Mycteroperca bonaci*; K : burrito rayado *Anisotremus moricandi*; L: loro *Sparisoma viride*) en las formaciones coralinas del departamento del Magdalena.

La biomasa relativa total estimada en los arrecifes coralinos del Magdalena fue de 363.8 lb. En la bahía de Gaira 224.3 lb, en la bahía de Taganga 137.9 lb y en la bahía de Pozos Colorados 1.6 lb. La estación que presentó la mayor biomasa fue Playa Vaca Occidental con 42.6 lb, seguida de Isla Pelicano Norte con 37.7 lb,

Playa Vaca Oriente con 33 lb, Punta Gaira con 32.3 lb e Inca Inca Centro con 29 lb (**Tabla 4.3.1**).

Las familias que dominaron en biomasa fueron Acanthuridae (cirujanos) con 98.9 lb, Labridae (docellas y loros) con 54.3 lb, Mullidae (salmonetes) 46.9 lb, Holocentridae (carajuelos) con 24.8 lb y Carangidae (cojinúas) con 21.4 lb, que constituyeron el 67.7 % de la biomasa total. Las especies más representativas en términos de biomasa fueron el cirujano *Acanthurus chirurgus* con 71.2 lb, el salmonete *Mulloidichthys martinicus* con 42 lb, el candil *Myripristis jacobus* con 24.3 lb, el barbero *Acanthurus tractus* con 17.2 lb, la cojinúa *Caranx crysos* con 16.1 lb, la choppa *Kiphusus* sp. con 12.4 lb, el loro manchado *Sparisoma aurofrenatum* con 10.9 lb, el cirujano azul *Acanthurus coeruleus* y el ronco francés *Haemulon flavolineatum* cada uno con 10.5 lb, y el loro brillante *Sparisoma viride* con 9.3 lb. En total estas especies conformaron el 61.7 % de la biomasa (**Tabla 4.3.1**).

En total se censaron 10 especies reportadas en el Libro Rojo de peces marinos de Colombia en diferente grado de amenaza. En categoría En Peligro (EN): la esposa vieja o pez ballesta *Balistes vetula*, el loro azul *Scarus coeruleus*, y el loro guacamayo *Scarus guacamaia*; en categoría Vulnerable (VU): el burrito rayado *Anisotremus moricandi*, la cherna negra *Mycteroperca bonaci*; en categoría Casi Amenazado (NT): la rabirrubia *Ocyurus chrysurus*, el loro reina *Scarus vetula*, y el loro brillante *Sparisoma viride*; en Preocupación Menor (LC): el pargo rayado *Lutjanus synagris*; en categoría Datos Insuficientes (DD): el pargo perro *Lutjanus jocu*. (**Tabla 4.3.1; Figura 4.3.1**). En la bahía de Taganga se registraron ocho de estas especies con una abundancia relativa de 7.5, mientras que en la bahía de Gaira se observaron seis especies con 15.6 individuos. En la bahía de Pozos Colorados solo se observó una especie con 1.1 individuos.

La riqueza promedio por estación fue de 37.8 especies ($DE \pm 9.3$) con ámbitos entre 6 y 51. El promedio más elevado se encontró en Punta Gaira con 46.5 ($DE \pm 3.5$) valores entre 43 y 51, seguido de Punta Venado con una media de 45 ($DE \pm 2.9$) ámbitos entre 42 y 48, y Punta Varadero con promedio de 44.5 ($DE \pm 1.9$) y una riqueza que osciló entre 43 y 47. La riqueza más baja se encontró en Punta La Loma con una media de 9.25 ($DE \pm 3.9$) e Inca Inca Centro con promedio de 33 ($DE \pm 3.1$) (**Figura 4.3.2**).

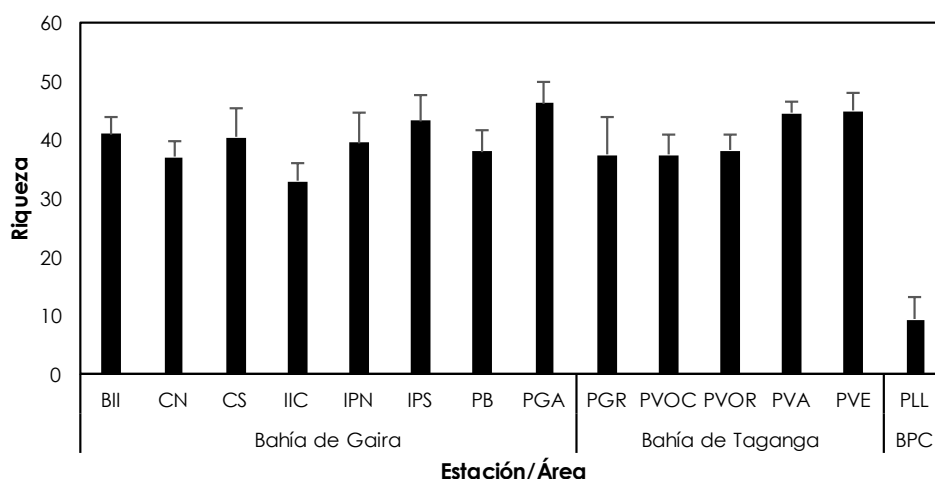


Figura 4.3.2 Promedio de riqueza de peces en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma).

La abundancia relativa por estación tuvo una media de 129.92 individuos ($DE \pm 59.2$) ámbitos entre 3.6 y 308.8. El promedio más elevado se encontró en Punta Venado con 224.5 ($DE \pm 23.1$) con valores entre 198 y 252.2, seguido del Bajo Inca Inca con 200.7 ($DE \pm 72.3$) ámbitos entre 155.2 y 308.8, y Playa Vaca Oriental con media de 171.3 ($DE \pm 49.7$) y valores de 106.4 a 218.6; la abundancia más baja se encontró en Punta La Loma con 8.95 ($DE \pm 6.6$) y Punta Varadero con 91.4 ($DE \pm 17.3$) (**Figura 4.3.3**).

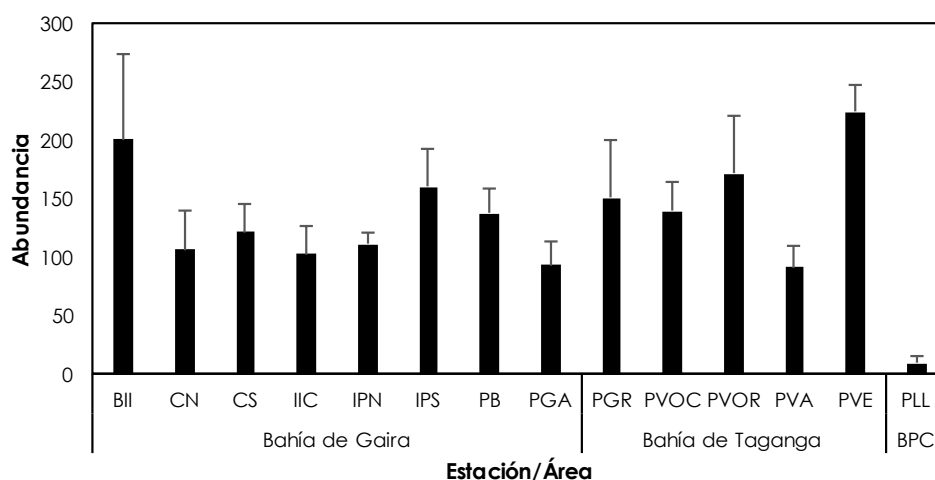


Figura 4.3.3 Promedio de abundancia relativa de peces en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla

Pelícano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma).

La biomasa relativa estimada por estación tuvo un promedio de 12.9 lb ($DE \pm 7.8$) con ámbitos entre 0.17 y 43.3 lb. La biomasa media más alta se estimó en Playa Vaca Occidental con 21.3 lb ($DE \pm 16.2$) con valores que oscilaron entre 7.2 y 43.3 lb, seguido de Isla Pelícano Norte con 18.8 lb ($DE \pm 5.7$) ámbitos entre 10.7 y 24.3, y Playa Vaca Oriental con 16.5 ($DE \pm 9.6$) con biomasa que fluctuaron de 4.3 a 27.5; la biomasa más reducida se estimó en Punta La Loma con 0.8 ($DE \pm 0.8$) y Playa Grande con 7.7 ($DE \pm 1.8$) (**Figura 4.3.4**).

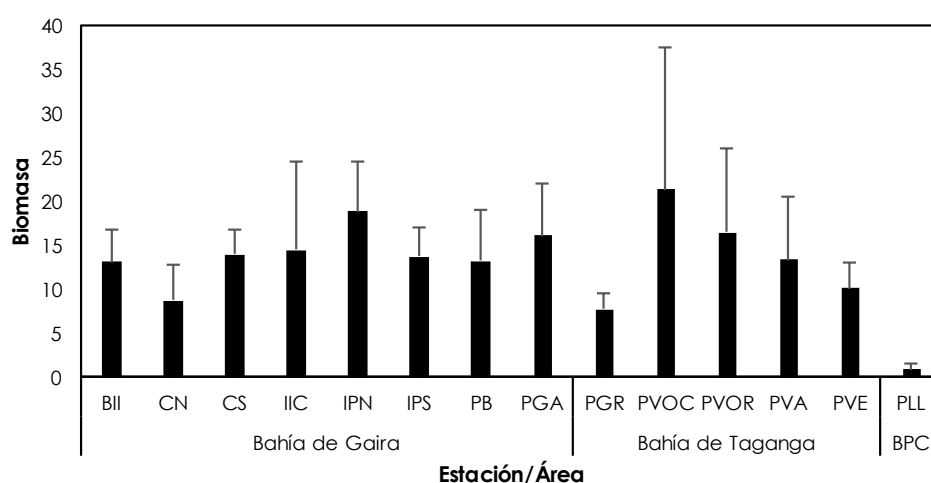


Figura 4.3.4 Promedio de biomasa (lb) relativa estimada de peces en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelícano Norte; IPS: Isla Pelícano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma).

4.3.2 Descriptores ecológicos de la comunidad de peces

La diversidad de Shannon-Wiener presentó un promedio de 1.07 ($DE \pm 0.14$) con ámbitos entre 0.59 y 1.34; la diversidad media más alta se registró en Punta Gaira con 1.26 ($DE \pm 0.06$) y valores que fluctuaron entre 1.20 y 1.34, seguida de Punta Varadero con 1.21 ($DE \pm 0.09$) ámbitos entre 1.10 y 1.30, e Isla Pelícano Sur con 1.15 ($DE \pm 0.05$) valores de 1.08 a 1.20; la menor diversidad se encontró en Punta La Loma con 0.74 ($DE \pm 0.09$) y Punta Venado 0.99 ($DE \pm 0.09$) (**Figura 4.3.5**).

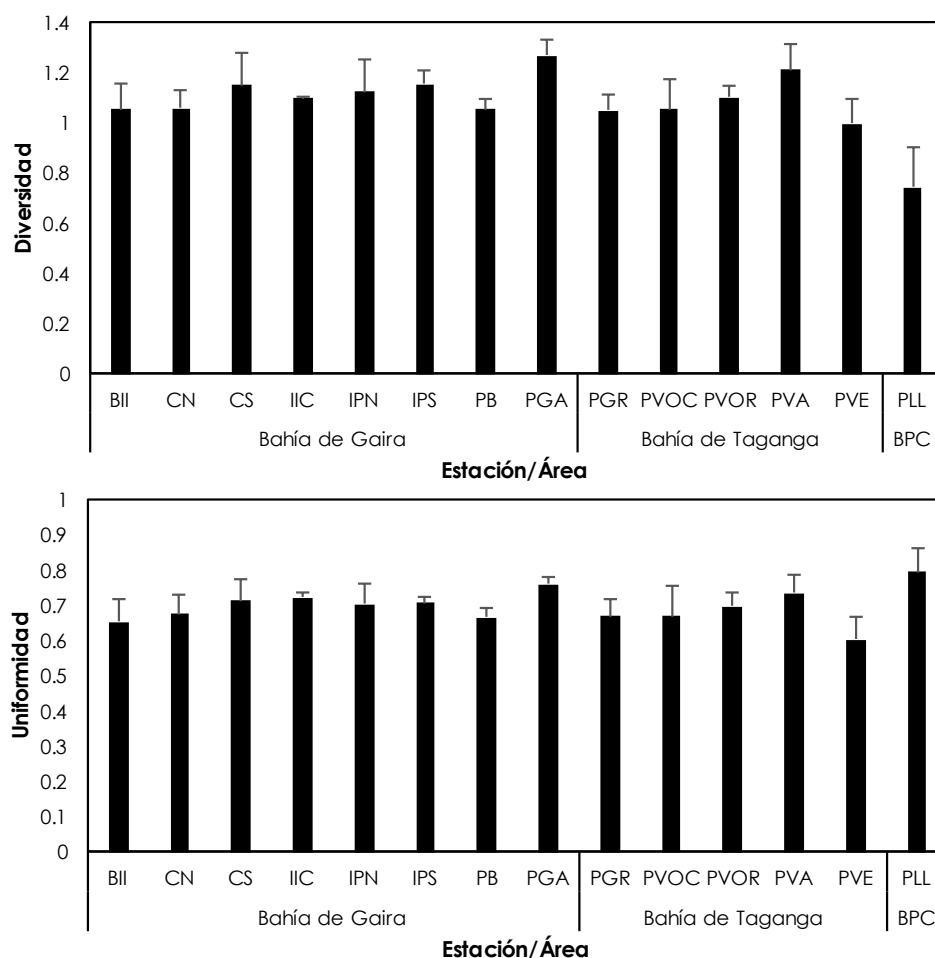


Figura 4.3.5 Promedio de diversidad de Shannon-Wiener (H') y uniformidad de Pielou (J') de la comunidad de peces en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma).

La uniformidad de Pielou obtuvo una media de 0.69 ($DE \pm 0.09$) con ámbitos entre 0.53 y 0.88; el valor más elevado se encontró en Punta La Loma con un promedio de 0.79 ($DE \pm 0.06$) con datos entre 0.73 y 0.88, seguido de Punta Gaira 0.76 ($DE \pm 0.02$) y valores que oscilaron de 0.73 a 0.79, y Punta Varadero con 0.73 ($DE \pm 0.05$), ámbitos de 0.67 y 0.78; la uniformidad más reducida se registró en Punta Venado con 0.60 ($DE \pm 0.06$) y Bajo Inca Inca con 0.65 ($DE \pm 0.06$) (**Figura 4.3.5**).

4.3.3 Variación espacial de la comunidad de peces en los arrecifes de coral

El análisis de Kruskal-Wallis evidenció diferencias estadísticamente significativas de la riqueza, la abundancia, diversidad de Shannon-Wiener y uniformidad de Pielou entre el factor estaciones. Para las demás variables y por el factor sector no se encontraron diferencias (**Tabla 4.3.2**).

Tabla 4.3.2 Prueba de Kruskal-Wallis (H) para comparar las variables biológicas y los descriptores ecológicos de la comunidad de peces en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; GL: grados de libertad).

Variable	Factor	H	GL	Valor P
Riqueza	Estación	27.813	12	0.005**
	Sector	0.29936	1	0.584
Abundancia	Estación	32.603	12	0.001**
	Sector	3.1931	1	0.073
Biomasa	Estación	12.531	12	0.404
	Sector	0.84941	1	0.356
Diversidad	Estación	22.831	12	0.02*
	Sector	1.1494	1	0.283
Uniformidad	Estación	21.512	12	0.04*
	Sector	1.834	1	0.175

En concordancia con la prueba anterior, el análisis de ordenamiento no-métrico de escalamiento multidimensional basado en la abundancia de peces con un nivel de stress igual a 0.1, evidenció la formación de grupos en su mayoría sin un claro patrón espacial por sector. Con un 40 % se formaron dos grupos con estaciones exclusivamente de la bahía de Gaira, uno de ellos conformado por el Bajo Inca Inca, Playa Blanca e Isla Pelicano Norte, y el otro por Calderón Norte y Sur, y la estación Inca Inca Centro. Al 60 % de similaridad se formaron tres grupos y además la estación de Punta Venado que se separó de las demás. Un grupo constituido por Playa Grande e Isla Pelicano Sur, otro por Playa Vaca Oriental y Occidental, y el último por Punta Gaira y Punta Varadero (**Figura 4.3.6**).

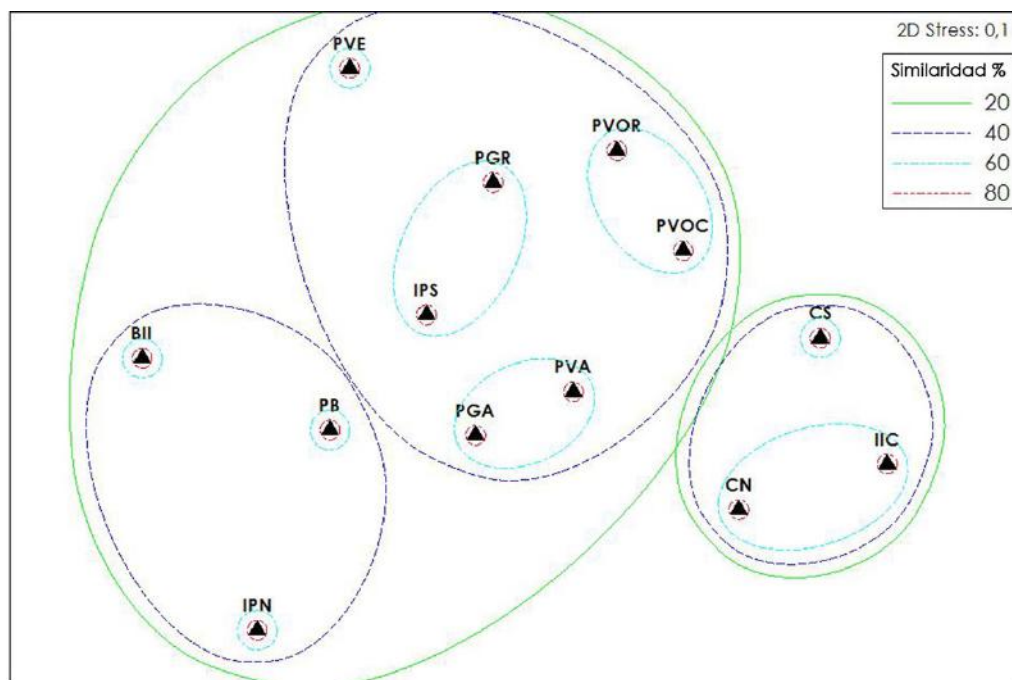


Figura 4.3.6 Ordenación no-métrica de escalamiento multidimensional basada en los valores de abundancia promedio, la matriz de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento completo de peces en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado).

Tabla 4.3.3 Composición y biomasa relativa estimada de peces (aproximada a un decimal) registrados en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca centro; IPN: Isla Pelicano norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma) (* especie en Libro Rojo; + especie invasora; - especie registrada fuera de censos).

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
Familia/Especie															
Acanthuridae															
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0.6	4.2	5.6	18.2	0.5	6.2	0.2	1.6	0.4	25.9	0.6	7.1	0.1		71.2
<i>Acanthurus coeruleus</i>			0.3	0.1	0.3	0.4	0.1	0.1	0.0		8.8	0.1	0.1		10.5
<i>Acanthurus tractus</i>	0.3	1.0	4.3	3.7	0.2	0.9	0.5	0.6	0.8	2.3	1.5	0.7	0.4		17.2
Apogonidae															
<i>Apogon maculatus</i>				0.0						0.0					0.0
<i>Apogon pseudomaculatus</i>										0.0					0.0
Aulostomidae															
<i>Aulostomus maculatus</i>			0.4		0.2	0.3	0.5	0.9	0.3	0.7	0.9	1.0	1.0		6.3
Balistidae															
<i>Balistes capriscus</i>									0.1						0.1
<i>Balistes vetula*</i>								0.2	0.2						0.4
Blenniidae															
<i>Ophioblennius macclurei</i>		0.0						0.0							0.0
Carangidae															
<i>Carangoides ruber</i>	0.0	0.3	0.1	0.2	0.0		0.0	0.6	0.0			0.0			1.2
<i>Caranx crysos</i>	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	7.8		0.0	0.8	4.9	0.0	1.5		16.1
<i>Caranx latus</i>										0.0					0.0
<i>Decapterus macarellus</i>			1.6		0.0			0.8							2.3
<i>Seriola rivoliana</i>	0.1				1.5			0.1		0.1					1.7

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
Chaenopsidae															
<i>Acanthemblemaria betinensis</i>												0.0	0.0		0.0
Chaetodontidae															
<i>Chaetodon capistratus</i>	0.0	0.1	0.7	0.0	0.2	0.1	0.1	0.2	0.0	0.3	0.1	0.3	0.5	0.0	2.6
<i>Chaetodon ocellatus</i>	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3	0.1		1.6
<i>Chaetodon sedentarius</i>	0.2	0.1	0.4	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.0	2.7
<i>Chaetodon striatus</i>		0.0	0.0	0.0	0.0			0.0			0.0	0.1	0.1	0.0	0.3
<i>Prognathodes aculeatus</i>	0.0				0.0			0.0				0.0	0.0		0.1
Cirritidae															
<i>Amblycirrhitus pinos</i>					0.0	0.0		0.0		0.0	0.0	-	-		0.0
Clupeidae															
<i>Opisthonema oglinum</i>									1.3						1.3
<i>Sardinella aurita</i>			0.0												0.0
Dactylopteridae															
<i>Dactylopterus volitans</i>				0.1					0.0						0.1
Dasyatidae															
<i>Himantura schmardae</i>												-			-
Diodontidae															
<i>Chilomycterus antillarum</i>									0.1						0.1
<i>Diodon holocanthus</i>	0.1	0.9	0.4	0.9	0.3	0.3	0.6		0.2	1.2	0.5	0.3	0.3		5.8
<i>Diodon hystrix</i>	2.3								2.3	0.8					5.4
Ephippidae															
<i>Chaetodipterus faber</i>								-	0.0			1.2			1.3
Gerreidae															
<i>Eucinostomus melanopterus</i>				0.0											0.0

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
<i>Gerres cinereus</i>				0.0			0.0			0.0					0.0
Gobiidae															
<i>Coryphopterus glaucofraenum</i>		0.0		0.0					0.0				0.0		0.0
<i>Coryphopterus personatus</i>	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
<i>Elacatinus illecebrosus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0
<i>Gnatholepis thompsoni</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.1
<i>Tigrigobius</i> sp.							0.0								0.0
Haemulidae															
<i>Anisotremus moricandi</i> *														0.2	0.2
<i>Anisotremus surinamensis</i>						0.0		-				0.1	-		0.1
<i>Anisotremus virginicus</i>		0.1	0.5	0.1	0.1	0.2		0.1		0.0	0.1	0.1		0.0	1.2
<i>Haemulon aurolineatum</i>				0.2							0.1			0.0	0.3
<i>Haemulon carbonarium</i>										0.0					0.0
<i>Haemulon chrysargyreum</i>	0.0		0.2		0.1	0.1	0.0	0.1		0.1	0.0	0.2			0.9
<i>Haemulon flavolineatum</i>	0.9	2.7	0.8	0.1	1.3	0.6	0.6	0.6	0.0	1.0	0.6	0.9	0.5	0.0	10.5
<i>Haemulon macrostomum</i>	0.0														0.0
<i>Haemulon melanurum</i>										0.1	0.2				0.4
<i>Haemulon plumieri</i>			0.2	0.2			0.0	0.1	0.1		0.1	0.0	0.2	0.0	0.9
<i>Haemulon steindachneri</i>	3.3			0.0										0.1	3.4
Holocentridae															
<i>Holocentrus adscensionis</i>	0.1			0.3			0.0	0.0				0.0			0.5
<i>Holocentrus rufus</i>	0.0	0.0	0.0				0.0	0.0				0.0			0.1
<i>Myripristis jacobus</i>	4.4	1.0	0.3		2.4	4.1	5.9	3.0		0.1		2.0	1.1		24.3
Kyphosidae															
<i>Kyphosus</i> sp.					12.4										12.4

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
Labridae															
<i>Bodianus pulchelus</i>	0.0							0.0							0.0
<i>Bodianus rufus</i>	0.5	0.2	0.4	0.4	0.5	0.4	0.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0.3	0.4		4.3
<i>Clepticus parrae</i>	0.4	0.0			0.9	2.5	0.3	0.6	0.2	0.2	0.0	0.6	1.2		6.9
<i>Cryptotomus roseus</i>		0.0		0.0						0.0			0.0		0.0
<i>Halichoeres bivittatus</i>		0.3	0.1	0.9		0.1		0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.6
<i>Halichoeres garnoti</i>	0.2		0.1	0.0	0.1	0.3	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1		1.3
<i>Halichoeres poeyi</i>				0.0											0.0
<i>Halichoeres radiatus</i>						-									0.0
<i>Scarus coeruleus*</i>									0.1						0.1
<i>Scarus guacamaia*</i>											4.8				4.8
<i>Scarus iseri</i>	0.2	0.2	1.2	0.2	0.0	0.3	0.0	0.4	0.9	0.5	0.6	0.2	0.3		4.8
<i>Scarus taeniopterus</i>	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.5		1.7
<i>Scarus vetula*</i>			0.1												0.1
<i>Sparisoma atomarium</i>									0.0				0.0		0.0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.5	0.5	0.8	0.1	0.8	1.4	0.7	1.0	0.9	0.8	1.3	1.1	1.0		10.9
<i>Sparisoma chrysopterum</i>		0.2	1.4	0.1	0.0			0.1		0.1	0.3	0.3	0.0	0.1	2.7
<i>Sparisoma rubripinne</i>		0.1	0.1	1.0	0.0				0.1	0.1	0.1	0.3		0.4	2.2
<i>Sparisoma viride*</i>	0.0	0.2	2.4	0.0	1.2	1.0	0.7	0.9	0.7	0.5	0.0	0.7	0.9		9.3
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.1	0.2	0.2	0.3	0.0	0.1	0.2	0.1	0.5	0.8	0.5	0.2	0.3		3.7
Labrisomidae															
<i>Labrisomus nuchipinnis</i>														0.0	0.0
Lutjanidae															
<i>Lutjanus apodus</i>								0.5							0.5
<i>Lutjanus bucanella</i>	0.5														0.5

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
<i>Lutjanus griseus</i>			0.2					1.6	0.4			0.2			2.3
<i>Lutjanus jocu</i> *		0.1	0.2		0.1			0.7				-	-		1.0
<i>Lutjanus mahogoni</i>	0.2					0.1	0.3	0.0				0.0	-		0.6
<i>Lutjanus synagris</i> *	0.6		0.0	0.1						0.1					0.8
<i>Ocyurus chrysurus</i> *													0.2		0.2
Microdesmidae															
<i>Ptereleotris calliura</i>							0.0								0.0
<i>Ptereleotris helenae</i>	0.0	0.0		0.0											0.0
Monacanthidae															
<i>Cantherhines macrocerus</i>								0.2		0.2					0.4
<i>Cantherhines pullus</i>			0.0			0.1		-				0.0			0.1
Mullidae															
<i>Mulloidichthys martinicus</i>	3.8	0.9	2.0	0.1	11.3	2.1	3.0	11.2	0.9	0.7	1.8	1.4	2.8		42.0
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	0.2	0.7	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.3	0.9	1.0	0.4	0.3		4.9
Muraenidae															
<i>Echidna catenata</i>								0.1		0.0					0.1
<i>Gymnothorax funebris</i>								0.1							0.1
<i>Gymnothorax miliaris</i>													0.1		0.1
<i>Gymnothorax moringa</i>	0.7	0.3	0.0	0.0		0.7	0.4	0.6	0.8	0.5	0.0	0.5	0.7		5.2
<i>Gymnothorax vicinus</i>					0.1				0.1						0.2
Narcinidae															
<i>Narcine bancroftii</i>								0.5							0.5
Ostracidae															
<i>Acanthostracion polygonus</i>	0.3	0.2	0.6		0.2	0.0	0.0	0.5		0.2	0.6	0.3	0.5		3.5
<i>Acanthostracion quadricornis</i>		0.1				0.0		0.2				0.1			0.4

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
<i>Lactophrys bicaudalis</i>			0.0			0.2	0.0		0.1	0.0			0.0		0.3
<i>Lactophrys triqueter</i>	0.1	0.1	0.2		0.1	0.1	0.1	0.1		0.1	0.3	0.5	0.1		1.7
Pomacanthidae															
<i>Centropyge argi</i>	0.0							0.0							0.0
<i>Holacanthus ciliaris</i>	0.0		0.0	0.0	0.2	0.9	0.0	0.2		0.0		0.4	0.5		2.4
<i>Holacanthus tricolor</i>	0.3	0.2	0.2		0.0	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.6	0.4		3.0
<i>Pomacanthus arcuatus</i>									0.1						0.1
<i>Pomacanthus paru</i>			0.1		0.5	0.4	0.9	0.0	0.4	0.2		0.3	0.4		3.1
Pomacentridae															
<i>Abudefduf saxatilis</i>	0.0	0.3	0.3	0.4		0.1	0.8	0.3	0.1	0.4	1.6	0.5	0.4		5.2
<i>Chromis cyanea</i>	0.1	0.0	0.0		0.0	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1		0.9
<i>Chromis enchrysur</i>												0.0			0.0
<i>Chromis insolata</i>	1.2	0.0			0.1	0.3	0.0	0.2	0.0				0.1		1.9
<i>Chromis multilineata</i>	0.3	0.0	0.1		0.0	0.4	0.0	0.5	0.6	1.0	0.6	0.1	1.1		4.8
<i>Microspathodon chrysurus</i>		0.0	0.2		0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0		0.7
<i>Stegastes adustus</i>		0.5	0.3	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0		0.1	0.0	0.0		0.2	1.7
<i>Stegastes diencaeus</i>						0.0									0.0
<i>Stegastes partitus</i>	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0		1.0
<i>Stegastes planifrons</i>	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0		0.1	0.0	0.1	0.0	0.0		0.6
<i>Stegastes variabilis</i>				0.0							0.0				0.0
Priacanthidae															
<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>					0.1	0.1									0.1
Sciaenidae															
<i>Equetus lanceolatus</i>												0.0			0.0
<i>Equetus punctatus</i>		0.0		0.0	0.0	0.0	0.1						0.0		0.1

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
<i>Odontoscion dentex</i>	0.0		0.0		0.2	0.1	0.0	0.1				0.0		0.4	0.8
<i>Pareques acuminatus</i>								0.0		0.0		0.1			0.1
Scorpaenidae															
<i>Pterois volitans</i>	0.3	1.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0		0.0		2.5
<i>Scorpaena plumieri</i>	0.2	0.0		0.3							0.0	0.0		0.0	0.6
Serranidae															
<i>Cephalopholis cruentata</i>	0.5	0.3	0.0	0.1	0.5	0.5	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1	0.4	0.5		4.3
<i>Cephalopholis fulva</i>	0.0							0.0					0.0		0.1
<i>Cephalopholis furcifer</i>										0.0					0.0
<i>Diplectrum bivittatum</i>	0.0	0.0		0.0							0.0	0.0			0.0
<i>Hypoplectrus puella</i>	0.0		0.0		0.0	0.0	0.0	0.0					0.0		0.1
<i>Hypoplectrus unicolor</i>	0.1					0.0	0.0	0.0			0.0		0.0		0.2
<i>Mycteroperca bonaci*</i>	1.2	0.0									0.0	1.2	0.6		3.1
<i>Mycteroperca interstitialis</i>							0.0	0.0					0.1		0.1
<i>Parasphyraenops incisus</i>													0.0		0.0
<i>Rypticus saponaceus</i>									0.0						0.0
<i>Serranus baldwini</i>									0.0		-		0.0		0.0
<i>Serranus flaviventris</i>		0.0												0.0	0.0
<i>Serranus tigrinus</i>	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0		0.3
Sparidae															
<i>Calamus penna</i> -												-			-
<i>Diplodus argenteus caudimacula</i>									0.4		-				0.4
Sphyraenidae															
<i>Sphyraena guachancho</i> -													-		-
Synodontidae															

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
<i>Synodus intermedius</i>						0.1			0.2		0.1	0.2	0.3		0.9
<i>Synodus synodus</i>	0.1		0.0	0.0			0.0				0.0				0.1
Tetraodontidae															
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.6
<i>Sphoeroides spengleri</i>		0.1		0.0			0.0		0.1	0.0	0.1	0.0	0.0		0.4
Biomasa Total	26.1	17.5	28.0	29.0	37.7	27.3	26.5	32.2	15.5	42.6	33.0	26.6	20.2	1.6	363.8

4.4 DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS EN LOS ARRECIFES DE CORAL

4.4.1 Estructura de la comunidad de macroinvertebrados móviles

Por medio de los censos visuales durante el estudio se registró un total de 34 especies de macroinvertebrados móviles, pertenecientes a 29 familias de cuatro phyla, con una abundancia relativa estimada de 866.5 individuos. En la bahía de Gaira se observaron 27 especies y 429.6 individuos, en la bahía de Taganga 19 especies y 323.5 individuos, y en la bahía de Pozos Colorados nueve especies y 116.8 individuos (**Tabla 4.4.1**).

La mayor riqueza se encontró en la estación de Isla Pelicano Sur con 13 especies, seguida de Playa Blanca y Playa Vaca Occidental cada una con 12 especies. De otra parte, los valores más elevados de abundancia relativa se registraron en Playa Vaca Oriental con 175.5 individuos, seguida de Calderón Norte con 149.1 y Punta La Loma con 116.8 (**Tabla 4.4.1**).

El phylum Echinodermata (erizos, estrellas, pepinos) presentó el mayor número de especies 16 y 205.2 individuos, mientras que el phylum Arthropoda (cangrejos, camarones, langostas) tuvo 11 especies y dominó en abundancia con 637.7 individuos. Las especies más abundantes en orden descendente fueron los camarones marsupiales *Mysis* sp. con 614.5, seguidos del lirio de mar *Davidaster rubiginosus* con 101.2, el erizo *Diadema antillarum* con 71.5, el gusano de fuego *Hermodice carunculata* con 20.5, el erizo lápiz *Eucidaris tribuloides* con 17.4 y el cangrejo flecha *Stenorhynchus seticornis* (**Tabla 4.4.1; Figura 4.4.1**)

En total se censaron tres especies reportadas en el Libro Rojo de invertebrados marinos de Colombia en diferente grado de amenaza. En categoría Vulnerable (VU) a la langosta espinosa *Panulirus argus* y el cangrejo moro *Carpilius corallinus* y en categoría Datos Insuficientes (DD) al erizo *Diadema antillarum* (**Tabla 4.4.1; Figura 4.4.1**).

La riqueza promedio por estación fue de 5.1 especies ($DE \pm 1.83$) con ámbitos entre 2 y 10 especies. El promedio más elevado se registró en Calderón

Tabla 4.4.1 Composición y abundancia relativa de macroinvertebrados móviles registrados en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca centro; IPN: Isla Pelicano norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado) (* especie en Libro Rojo; - observado fuera de los censos).

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
Phylum/Especie															
Phylum Mollusca															
<i>Cerithium</i> sp.				1.5											1.5
<i>Chicoreus brevifrons</i> -						-									-
<i>Felimare</i> cf. <i>kempfi</i>							0.1								0.1
<i>Octopus</i> sp.			-				0.1								0.1
<i>Sepioteuthis sepioidea</i>		0.2								0.1					0.3
<i>Vasum muricatum</i>			0.1	0.2	0.2	0.1			0.1	0.1	0.1	0.2			1.1
Phylum Annelida															
<i>Hermodice carunculata</i>	5.1	0.6	0.4	0.1	3.1	1	4.7	4.5	0.2	0.2	0.4			0.2	20.5
Phylum Arthropoda															
<i>Carpilius corallinus</i> *					0.2										0.2
<i>Charybdis helleri</i>														0.1	0.1
<i>Lysmata grabhami</i>							0.2			0.4					0.6
<i>Mysis</i> sp.	90	122			30	7	87	8		20	165		80.5	5	614.5
<i>Paguristes</i> sp.							0.1								0.1
<i>Panulirus argus</i> *			2.7											0.2	2.9
<i>Periclimenes pedersoni</i>		0.1		0.1	0.1							0.4	1.6		2.3
<i>Stenopus hispidus</i>	0.8	0.9	0.2	0.1	0.2	0.5	0.4	0.2	0.5	0.1	0.7	0.1	0.2	0.1	5
<i>Stenopus scutellatus</i>									0.1						0.1
<i>Stenorhynchus seticornis</i>	0.9	1.3	0.5	1.7		0.1	1.3	0.8	2	0.2	0.5	0.8	1.5		11.6

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					BPC	
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	PLL	TOTAL
<i>Thor amboinensis</i>				0.3											0.3
Phylum Echinodermata															
<i>Astropyga magnifica</i>											0.1				0.1
<i>Clypeaster</i> sp. -						-									-
<i>Davidaster rubiginosus</i>					0.1	0.3								100.8	101.2
<i>Davidaster</i> sp.														1.7	1.7
<i>Diadema antillarum</i> *		21.6	5	4.3	5.2	1	0.1		0.2	11.9	6.4	13.2	2.6		71.5
<i>Echinometra viridis</i>				-						0.1		0.3			0.4
<i>Eucidaris tribuloides</i>	0.2	1	0.7	2.6	0.1			0.1	0.2	0.4	0.2	4.2		7.7	17.4
<i>Holothuria</i> sp.														0.1	0.1
<i>Isostichopus badiotus</i>		0.1				-				0.1	0.5			0.9	1.6
<i>Linckia guildingi</i>	0.5	1.3	0.9	0.9	0.8	0.1	0.5	0.2	0.2	0.8	1.3				7.5
<i>Lytechinus variegatus</i>			0.2				0.5								0.7
<i>Meoma ventricosa ventricosa</i>					0.2	1.2									1.4
<i>Nemaster grandis</i>									0.1						0.1
<i>Ophiotrix suensoni</i>									0.7		0.3	0.1			1.1
<i>Tripneustes ventricosus</i>							0.1								0.1
<i>Zygothuria thomasi</i>						0.1			0.2						0.3
Abundancia Total	97.5	149.1	10.7	11.8	40.2	11.4	95.1	13.8	4.5	34.4	175.5	19.3	86.4	116.8	866.5
Riqueza Total	6	10	10	11	11	13	12	6	11	12	11	8	5	10	34

Norte con 7.25 ($DE \pm 0.5$), valores entre 7 y 8, seguida de Playa Vaca Oriental con 6.75 ($DE \pm 2.5$) ámbitos que oscilaron de 4 a 10, y la estación de Playa Blanca con una media de 6 ($DE \pm 1.83$) y riqueza que fluctuó entre 4 y 8 (**Figura 4.4.2**).



Figura 4.4.1 Especies de macroinvertebrados móviles abundantes (A: erizo lápiz *Eucidaris tribuloides*; B: cangrejo flecha *Stenorhynchus seticornis*), típicas (C: camarón limpiador *Lysmata grabhami*; D: pulpo común *Octopus vulgaris*; E: pepino *Iostichopus badionotus*; F: estrella cometa *Linckia guildingii*) y reportadas en el Libro Rojo (G: erizo negro *Diadema antillarum*; H: langosta espinosa *Panulirus argus*; I: cangrejo moro *Carpilius corallinus*) en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena.

La abundancia media por estación visitada fue de 30.9 ($DE \pm 1.83$) ámbitos entre 1.8 y 205.2 individuos; la estación con mayor abundancia promedio fue Playa Vaca Oriental con 87.7 ($DE \pm 98.5$) valores de 6.2 a 205.2, seguida de Calderón Norte con 74.5 ($DE \pm 55.1$) con abundancias que oscilaron de 31.2 a 147 y Punta La Loma con una media de 58.4 ($DE \pm 18.6$) datos entre 42 y 79.4 (**Figura 4.4.2**).

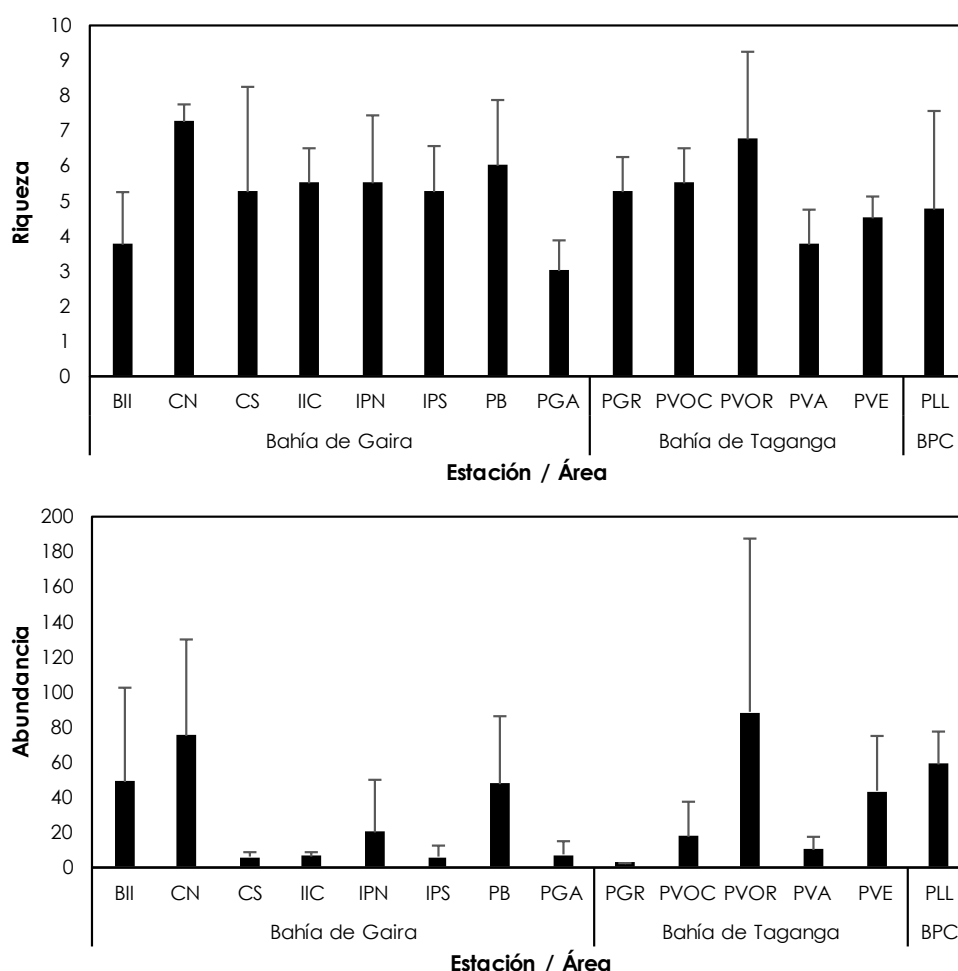


Figura 4.4.2 Promedio de riqueza y abundancia relativa de macroinvertebrados móviles en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta La Loma).

4.4.2 Descriptores ecológicos de la comunidad de macroinvertebrados móviles

La diversidad de Shannon-Wiener presentó una media de 0.34 ($DE \pm 0.21$) ámbitos entre 0.02 y 0.75; el promedio más elevado se registró en la estación de Inca Inca Centro con 0.61 ($DE \pm 0.06$) con valores entre 0.54 y 0.65, seguido por Playa Grande con 0.60 ($DE \pm 0.18$) y diversidades de 0.34 a 0.75, e Isla Pelicano Sur con 0.49 ($DE \pm 0.23$) datos que oscilaron de 0.16 a 0.72 (**Figura 4.4.3**).

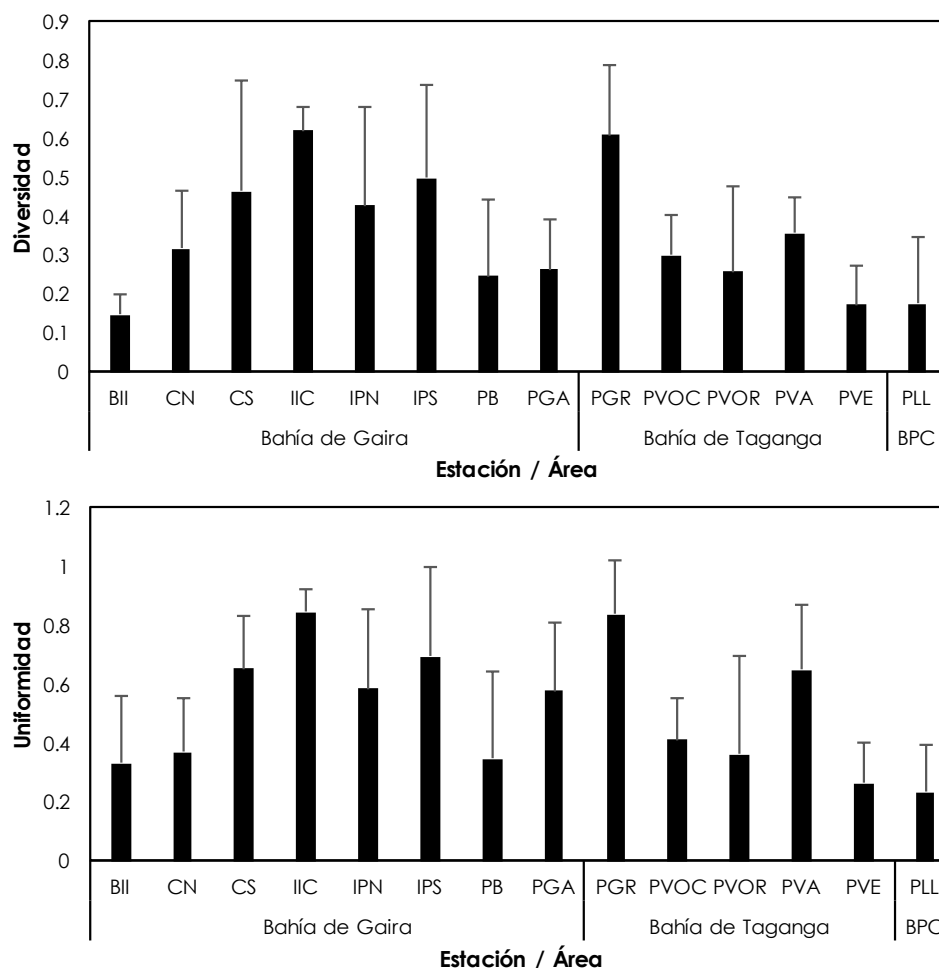


Figura 4.4.3 Promedio de diversidad de Shannon-Wiener (H') y uniformidad de Pielou (J') de la comunidad de macroinvertebrados móviles en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira, bahía de Taganga y bahía de Pozos Colorados (BPC) en el departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado; PLL: Punta la Loma).

La uniformidad tuvo un promedio de 0.51 ($DE \pm 0.27$) con valores que fluctuaron entre 0.07 y 0.97; la estación de Inca Inca Centro obtuvo la media más alta con 0.84 ($DE \pm 0.07$) ámbitos entre 0.74 y 0.91, seguida de Playa Grande con 0.83 ($DE \pm 0.18$) datos de 0.57 a 0.97, e Isla Pelicano Sur con 0.69 ($DE \pm 0.30$) y valores de 0.23 a 0.85 (**Figura 4.4.3**).

4.4.3 Variación espacial de la comunidad de macroinvertebrados móviles en los arrecifes de coral

La prueba de Kruskal-Wallis evidenció diferencias estadísticamente significativas de abundancia, diversidad y uniformidad entre estaciones, pero no por sectores de estudio (**Tabla 4.4.2**).

Tabla 4.4.2 Prueba de Kruskal-Wallis (H) para comparar las variables biológicas y los descriptores ecológicos de la comunidad de macroinvertebrados móviles en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas *p < 0.05; **p < 0.01; GL: grados de libertad).

Variable	Factor	H	GL	Valor P
Riqueza	Estación	21.87	12	0.057
	Sector	0.23584	1	0.888
Abundancia	Estación	31.667	12	0.002**
	Sector	4.3153	1	0.1156
Diversidad	Estación	26.197	12	0.015*
	Sector	3.4222	1	0.18
Uniformidad	Estación	28.968	12	0.006**
	Sector	4.638	1	0.098

En concordancia con la prueba anterior, el análisis de ordenamiento no-métrico de escalamiento multidimensional basado en la abundancia de macroinvertebrados móviles con un nivel de stress menor a 0.2, evidenció la formación de grupos sin claro patrón espacial a nivel de sector. Solo las estaciones de Punta La Loma (bahía de Pozos Colorados) y Playa Grande (bahía de Taganga) se separaron a mayor distancia del resto. Las demás estaciones conformaron grupos con un nivel de similaridad del 40 % en los que se unieron indiscriminadamente estaciones tanto de la bahía de Gaira como de Taganga (**Figura 4.4.4**).

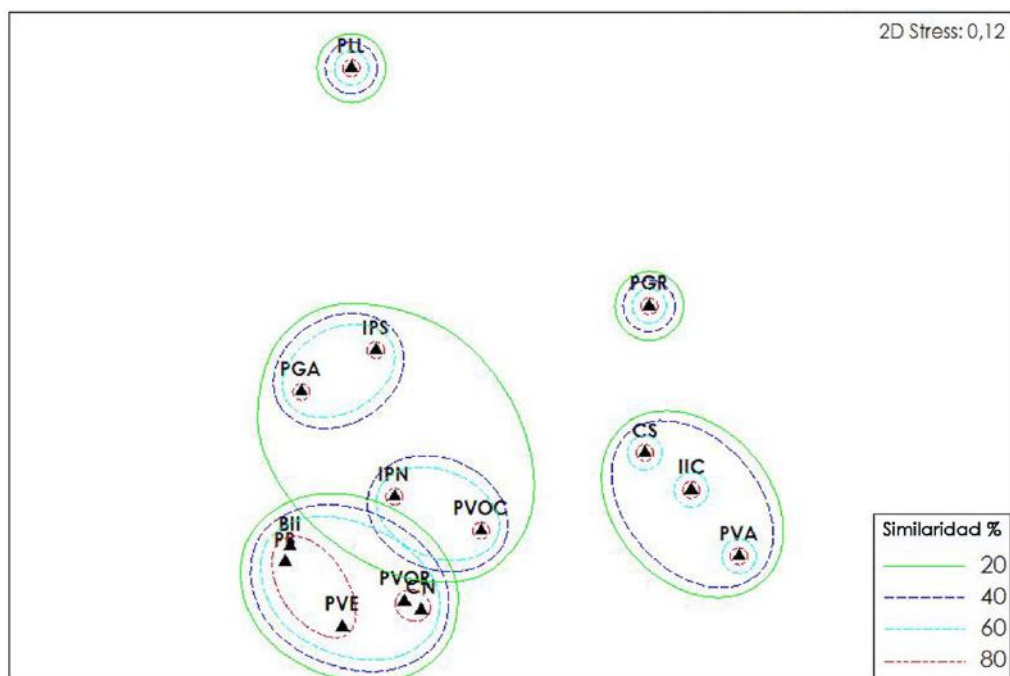


Figura 4.4.4 Ordenación no-métrica de escalamiento multidimensional basada en los valores de abundancia promedio, la matriz de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento completo de macroinvertebrados móviles en los arrecifes de coral del departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca Centro; IPN: Isla Pelicano Norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVA: Punta Varadero; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVE: Punta Venado).

4.5 DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA EN LAS FORMACIONES CORALINAS

4.5.1 Estructura de la comunidad del componente bentónico a nivel de categorías principales de cobertura

El componente bentónico en las formaciones coralinas del Magdalena estuvo conformado por seis categorías principales de cobertura: algas, corales, esponjas, octocorales, sustrato inerte y otros (i.e., zoantídeos, anemonas, coralimorfarios). Las algas obtuvieron la mayor cobertura con un total de 55.8 %, seguidas por el sustrato inerte con 16.5 %, coral con 11 %, octocorales 7.5 %, esponjas 5.2 % y otros con 4 % (Figura 4.5.1).

La estación de Playa Vaca Oriental exhibió la mayor cobertura de algas y sustrato inerte con 64.57 % y 21.38 % respectivamente (Figura 4.5.1; Figura 4.5.2; Figura 4.5.3). Los corales duros mostraron la cobertura más alta en Calderón Sur con 19.4 % y los octocorales en Punta Venado con 26.80 % (Figura 4.5.1; Figura 4.5.4; Figura 4.5.5). Las esponjas y la categoría otros tuvieron una mayor cobertura en Punta Gaira con 13.37 % y 8.98 % respectivamente (Figura 4.5.1; Figura 4.5.6).

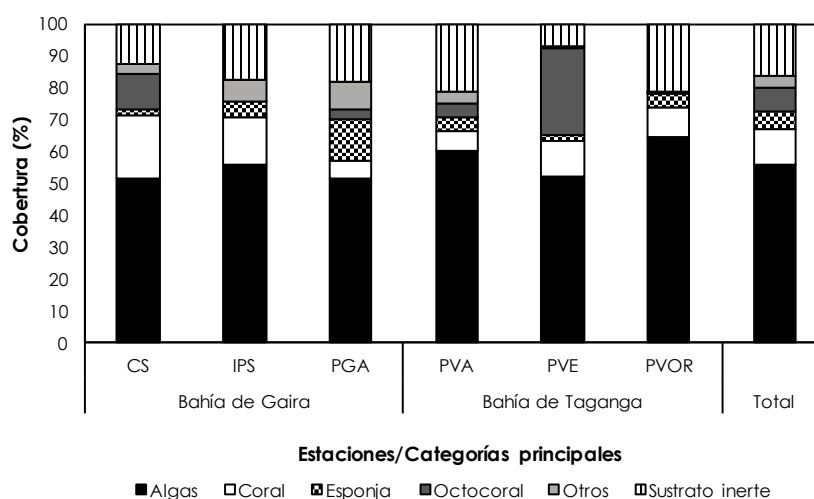


Figura 4.5.1 Porcentaje de cobertura de las categorías principales en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).

La cobertura de algas en promedio fue superior al 50 % en todas las estaciones. En total se encontró una cobertura de 55.9 % (DE \pm 24.83) con ámbitos

entre 0.5 y 99.25 % por cuadrante; el valor más alto se registró en Playa Vaca Oriental con 64.6 % (DE \pm 27.57), seguido de Punta Varadero con 60 % (DE \pm 23.14) e Isla Pelicano Sur con 55.9 % (DE \pm 20.66) (**Figura 4.5.2**).

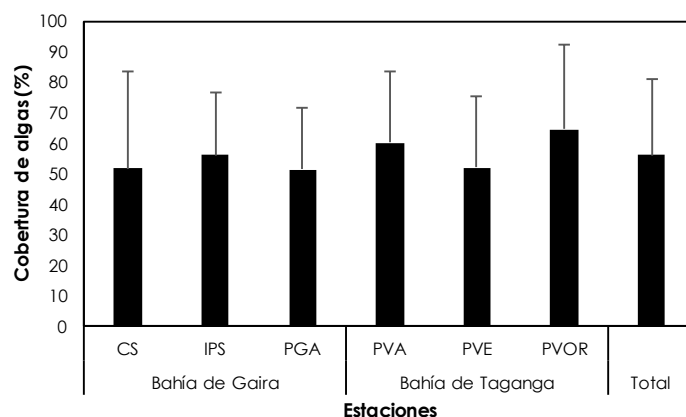


Figura 4.5.2. Porcentaje de cobertura de las algas en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).

De otra parte, la cobertura del sustrato inerte tuvo una media total del 16.52 % (DE \pm 21.60) con valores que oscilaron entre 0.25 y 99.5 % por cuadrante; el más alto lo evidenció la estación Playa Vaca Oriental con 21.3 % (DE \pm 31.38), seguido por Punta Varadero con 21.2 % (DE \pm 14.66) y Punta Gaira con 18.18 % (DE \pm 20.46). El valor más bajo se reportó en Punta Venado con 7.13 % (**Figura 4.5.3**).

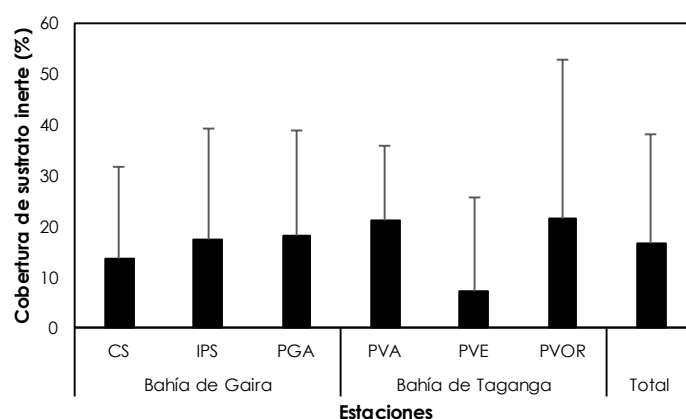


Figura 4.5.3. Porcentaje de cobertura del sustrato inerte en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).

En cuanto a la cobertura coralina, esta presentó un valor promedio total de 11.05 % ($DE \pm 13.85$) con ámbitos entre 0.25 y 54.75 % por cuadrante; la estación que registró la mayor cobertura fue Calderón Sur con 19.44 % ($DE \pm 20.20$), seguida de Isla Pelicano Sur con 14.55 % ($DE \pm 18.05$) y Punta Venado con 11.35 % ($DE \pm 8.49$). El menor porcentaje se encontró en Punta Gaira con 5.48 % ($DE \pm 8.80$) (**Figura 4.5.4**).

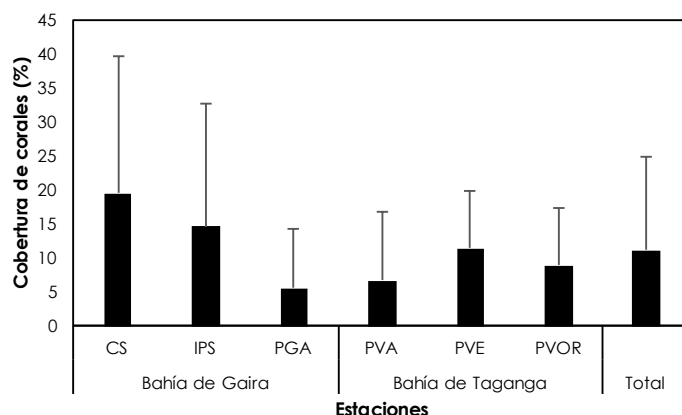


Figura 4.5.4 Porcentaje de cobertura coralina en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).

De otro lado, la cobertura de octocorales tuvo una media general de 7.50 % ($DE \pm 17.36$) con porcentajes por cuadrante que fluctuaron entre 0.25 y 93.25 %; se presentó la cobertura más elevada en Punta Venado con 28.21 % ($DE \pm 4.4$) seguida por Calderón Sur con 11.25 % ($DE \pm 24.4$) y Punta Varadero con 4.18 % ($DE \pm 25.2$). En la estación Isla Pelicano Sur la cobertura de octocorales fue nula (**Figura 4.5.5**).

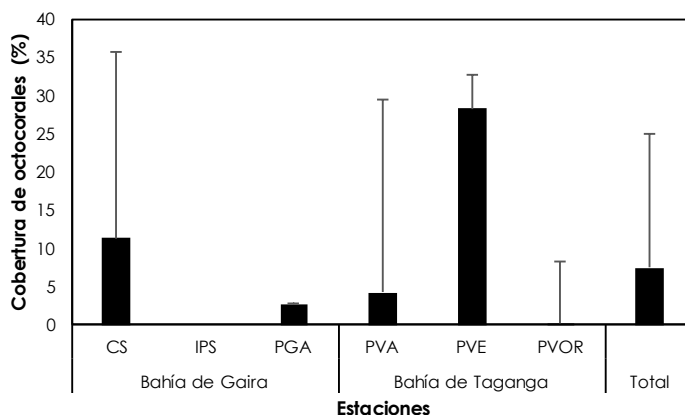


Figura 4.5.5. Porcentaje de cobertura de octocorales en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).

La categoría de esponjas exhibió un valor promedio total de 5.26 % (DE \pm 8.06) con valores que oscilaron entre 0.25 y 40.25 % por cuadrante; el porcentaje más alto se registró en la bahía de Gaira en la estación de Punta Gaira con 13.38 % (DE \pm 9.03), seguida por Isla Pelicano Sur con 5.30 % (DE \pm 5.31) y Playa Vaca Oriental con 4.76 % (DE \pm 4.24) (**Figura 4.5.6**).

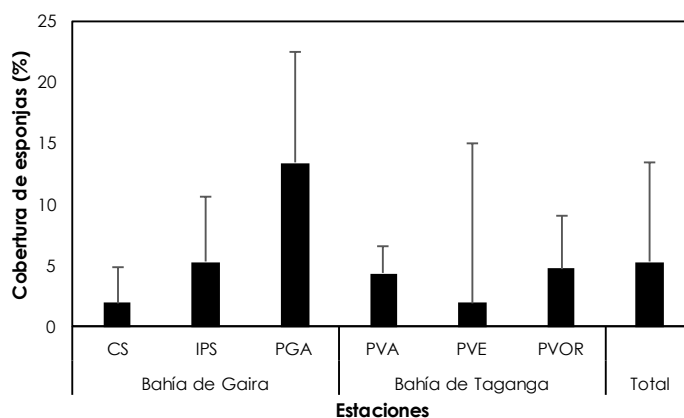


Figura 4.5.6 Porcentaje de cobertura de esponjas en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).

4.5.2 Estructura de la comunidad del componente bentónico a nivel de componentes secundarios de cobertura

En las formaciones coralinas del Magdalena se registró un total de 69 componentes secundarios. La mayor riqueza se registró en Punta Varadero con 42, seguido por Punta Gaira con 41 e Isla Pelicano Sur con 38. Del componente de algas se destacó la cobertura del tapete algal en las estaciones Playa Vaca Oriental y Calderón Sur con 55.45 % y 47.20 %, seguido por las algas costrosas en Punta Venado y Punta Varadero con 22.35 % y 15.69 % respectivamente. En cuanto al sustrato inerte, el cascajo fue dominante en Playa Vaca Oriental con 21.29 % seguido por Punta Varadero con 20.96 % (**Tabla 4.5.1**).

En términos del componente coralino, aquellos que presentaron la mayor cobertura media total fueron el coral cerebro macizo *Colpophyllia natans* con 2.23 %, seguido por el coral lápiz amarillo *Madracis auretenra* con 1.53 %, luego el coral estrella grande *Montastraea cavernosa* con 1.48 % y el coral cerebro simétrico *Pseudodiploria strigosa* (**Figura 4.5.7**) con 1.42 %. A nivel de estación *Colpophyllia*

natans se destacó en Isla Pelicano Sur y Calderón Sur con una cobertura de 7.64 % y 1.83 % mientras que *M. auretenra* únicamente se presentó en Calderón Sur con 9.15 %. Por su parte, *M. cavernosa* tuvo mayor porcentaje en Punta Venado con 2.69 % seguido por Punta Gaira con 2.19 %. Por último, *P. strigosa* tuvo mayor representatividad en las estaciones Punta Venado y Punta Varadero con 2.43 % y 2.15 % respectivamente. Otras especies de menores coberturas (inferiores al 2 %) que se destacaron a nivel general fueron el coral negro *Antipathes* sp. con 1.42 %, el hidrozoo *Millepora complanata* con 1.37 % y el coral bola de golf *Siderastrea siderea* con 0.74 % (**Figura 4.5.7**).



Figura 4.5.7 Especies de corales duros con mayor cobertura (A: *Colpophyllia natans*; B: *Madracis auretenra*; C: *Montastraea cavernosa*; D: *Pseudodiploria strigosa*) y típicos (E: *Diploria labyrinthiformis*; F: *Scolymia lacera*; G: *Orbicella annularis*; H: *Meandrina meandrites*; I: *Mycetophyllia aliciae*) registrados en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena.

En cuanto a los corales blandos, los octocorales (indeterminados) exhibieron la mayor cobertura promedio con 5.22 % la que se observó en su mayoría en las estaciones de Playa Venado con 19.73 %, seguida por Calderón Sur con 9.79 %. El segundo componente más abundante fue el coral alfombra incrustante *Erythropodium caribaeorum* con 1.36 % principalmente en Playa Venado con 6.40 % y Calderón Sur con 1.46 %. Es de resaltar la presencia de algunas especies con coberturas inferiores al 2 % que únicamente se registraron en una estación como lo fueron los corales de vara negros, *Plexaura* sp. y *Plexaurella* sp. y las plumas de mar *Pseudopterogorgia* sp. en Punta Varadero, y *Pterogorgia* sp. en Punta Gaira (Tabla 4.5.1).

Por su parte dentro de las esponjas, el componente de esponja (indeterminado) a nivel general dominó con un promedio de 1.20 %, seguido por *Clathria venosa* con 0.72 % y *Aplysina cauliformis* con 0.58 %. El mayor porcentaje de esponjas se encontró en las estaciones Punta Gaira con 3.71 % seguido por Isla Pelicano Sur con 1.05 %. *Clathria venosa* se destacó en Punta Gaira con 1.38 % seguido por Punta Varadero con 1.24 % y por último, *Aplysina cauliformis* estuvo mejor representada en las estaciones de Punta Gaira con 1.33 % seguida por Calderón Sur con 1.11 %. Algunas especies que se encontraron en una única estación fueron *Agelas clathrodes* y *Tedania ignis* en Isla Pelicano Sur así como *Cliona varians* y *Iotrochota birotulata* en Punta Gaira (Tabla 4.5.1).

Tabla 4.5.1 Porcentaje de cobertura por componentes secundarios en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente) (*especie en Libro Rojo).

Área		Bahía de Gaira			Bahía de Taganga			Prom.
	Componente Secundario	CS	IPS	PGA	PVA	PVE	PVOR	
Algas	Algas costrosas	2.88	0.00	4.19	15.69	22.35	3.93	8.17
	Macroalgas	1.50	13.15	1.69	0.16	3.63	5.20	4.22
	<i>Dictyota</i> sp.	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
	Tapete algal	47.20	41.88	45.36	44.10	26.0	55.45	43.33
Porifera	<i>Agelas conifera</i>	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	<i>Agelas clathrodes</i>	0.00	0.65	0.64	0.00	0.06	0.00	0.23
	<i>Aplysina cauliformis</i>	1.01	1.11	1.33	0.04	0.00	0.00	0.58
	<i>Aplysina insularis</i>	0.01	0.01	0.01	0.10	0.00	0.00	0.02

Área		Bahía de Gaira			Bahía de Taganga			Prom.
	Componente Secundario	CS	IPS	PGA	PVA	PVE	PVOR	
	<i>Clathria venosa</i>	0.03	0.09	1.38	1.24	0.48	1.11	0.72
	<i>Cliona varians</i>	0.00	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00	0.15
	<i>Desmapsamma anchorata</i>	0.00	0.03	0.00	0.11	0.00	0.04	0.03
	<i>Iotrochota arenosa</i>	0.14	0.00	0.05	0.19	0.13	0.95	0.24
	<i>Iotrochota birotulata</i>	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.10
	<i>Ircinia campana</i>	0.00	0.14	0.00	0.33	0.00	0.03	0.08
	<i>Ircinia felix</i>	0.00	0.19	0.00	0.06	0.00	0.04	0.05
	<i>Ircinia</i> sp.	0.00	0.65	0.00	0.05	0.00	0.00	0.12
	<i>Monanchora arbuscula</i>	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.06	0.01
	<i>Niphates digitalis</i>	0.00	0.08	0.03	0.00	0.00	0.06	0.03
	<i>Niphates erecta</i>	0.11	0.18	0.54	1.01	0.06	0.40	0.38
	<i>Prosuberites</i> sp.	0.00	0.09	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02
	<i>Scopalina ruetzleri</i>	0.00	0.51	1.28	0.24	0.30	0.16	0.41
	<i>Tedania ignis</i>	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
	<i>Verongula rigida</i>	0.00	0.28	2.88	0.04	0.00	0.00	0.53
	<i>Xestospongia muta</i>	0.01	0.00	0.04	0.09	0.04	1.70	0.31
	Esponja	0.60	1.05	3.71	0.80	0.83	0.21	1.20
Cnidaria	Clase Hydrozoa							
	Hidrozoos	0.00	1.99	0.73	0.03	0.00	0.34	0.51
	<i>Millepora alcicornis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.01
	<i>Millepora complanata</i>	2.83	0.00	1.61	3.21	0.58	0.00	1.37
	Clase Anthozoa							
	Subclase Hexacorallia							
	Orden Actiniaria	0.00	0.00	0.00	0.16	0.18	0.03	0.06
	Orden Antipatharia							
	<i>Antipathes</i> sp.	0.00	4.73	3.78	0.00	0.00	0.00	1.42
	Orden Corallimorpharia	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
	Orden Scleractinia							
	<i>Agaricia agaricites</i>	0.00	0.70	0.09	0.03	0.03	0.00	0.14
	<i>Agaricia humilis</i>	0.00	0.00	0.11	0.00	0.58	0.01	0.12
	<i>Agaricia lamarcki</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.01
	<i>Colpophyllia natans</i>	1.83	7.64	1.55	0.15	0.79	1.44	2.23
	<i>Dichocoenia stokesi</i>	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.11	0.03
	<i>Pseudodiploria clivosa</i>	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
	<i>Diploria labyrinthiformis</i>	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.30	0.11
	<i>Pseudodiploria strigosa</i>	1.78	2.13	0.05	2.15	2.43	0.00	1.42
	<i>Favia fragum</i>	0.01	0.01	0.01	0.29	0.03	0.00	0.06

Área		Bahía de Gaira			Bahía de Taganga			Prom.
	Componente Secundario	CS	IPS	PGA	PVA	PVE	PVOR	
	<i>Madracis auretenra</i>	9.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53
	<i>Madracis decactis</i>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.96	0.01	0.18
	<i>Manicina areolata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
	<i>Meandrina meandrites</i>	2.01	0.00	0.00	0.00	2.03	2.64	1.11
	<i>Montastraea cavernosa</i>	0.00	1.23	2.19	1.61	2.69	1.14	1.48
	<i>Orbicella annularis</i>	0.00	1.03	0.00	0.00	0.00	0.33	0.23
	<i>Porites astreoides</i>	0.21	0.83	0.01	1.16	1.30	0.30	0.64
	<i>Porites porites</i> *	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.90	0.16
	<i>Scolymia</i> sp.	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01
	<i>Siderastrea radians</i>	1.21	0.00	0.05	0.00	0.01	0.01	0.21
	<i>Siderastrea siderea</i>	1.85	0.29	0.48	0.60	0.34	0.89	0.74
	<i>Solenastrea bournoni</i>	0.85	0.00	0.85	0.08	0.00	0.10	0.31
	<i>Stephanocoenia intersepta</i> *	0.00	0.61	0.03	0.14	0.00	0.73	0.25
	Coral (indeterminado)	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	Coral juvenil	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Subclase Octocorallia							
	<i>Erythropodium caribaeorum</i>	1.46	0.00	0.01	0.26	6.40	0.01	1.36
	<i>Gorgonia ventalina</i> *	0.00	0.00	0.00	0.08	0.68	0.00	0.13
	<i>Plexaura</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01
	<i>Plexaurella</i> sp.	0.00	0.00	0.00	1.84	0.00	0.00	0.31
	<i>Pseudopterogorgia</i> sp.	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.24
	<i>Pterogorgia</i> sp.	0.00	0.00	1.44	0.00	0.00	0.00	0.24
	Octocoral (indeterminado)	9.79	0.00	1.29	0.50	19.73	0.00	5.22
	Orden Zoantharia							
	<i>Palythoa</i> sp.	0.01	0.08	0.04	0.26	0.00	0.00	0.06
	Zoantídeo	0.00	0.00	2.84	0.09	0.00	0.00	0.49
Chordata	Clase Ascidiacea							
	<i>Rhopalaea abdominalis</i>	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sustrato Inerte	Arena	0.26	1.03	0.08	0.01	0.01	0.04	0.24
	Cascajo	10.09	14.78	16.93	20.96	6.96	21.29	15.17
	Indeterminado	0.43	1.15	0.23	0.23	0.08	0.01	0.35
	Roca	2.21	0.49	0.96	0.00	0.09	0.05	0.63
Total de Componentes		30	38	41	42	35	35	69

La riqueza de los componentes secundarios fue de 4.09 (DE \pm 2.25) con ámbitos entre 1 y 9 por cuadrante. La riqueza media más alta se observó en la

bahía de Taganga en la estación de Punta Varadero con 5.55 ($DE \pm 2.54$), seguida por Isla Pelicano Sur con 4.60 ($DE \pm 2.14$) y Punta Venado con 4.55 ($DE \pm 1.93$). (**Figura 4.5.8**). Por su parte, la riqueza promedio total de corales fue de 1.85 ($DE \pm 1.56$) con ámbitos entre 1 y 7 por cuadrante. El valor más alto se registró en la bahía de Taganga en la estación de Punta Venado con 2.75 ($DE \pm 1.07$), seguida de Punta Varadero con 2.10 ($DE \pm 2.07$) y Playa Vaca Oriental con 2 ($DE \pm 1.77$). Punta Gaira fue la estación con el menor valor de riqueza observado con 0.90 ($DE \pm 1.21$) (**Figura 4.5.9**).

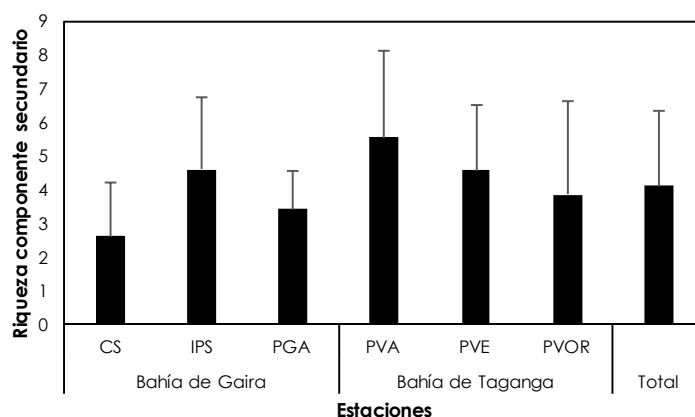


Figura 4.5.8 Riqueza promedio del componente secundario presente en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).

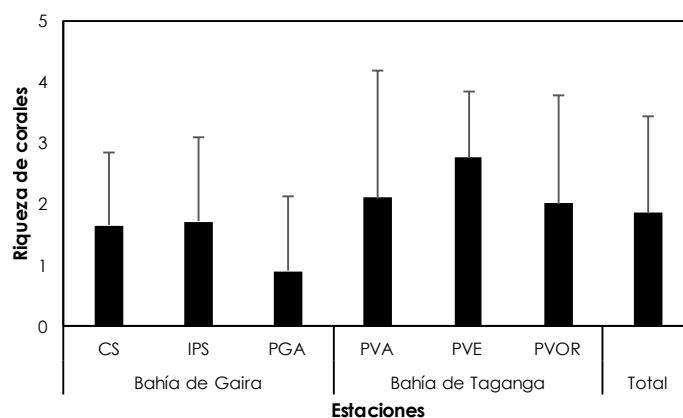


Figura 4.5.9 Riqueza promedio de especies de coral presentes en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).

De manera complementaria, se llevó a cabo un censo de presencia-ausencia a nivel de especies de corales en el que se registraron las observadas dentro de los

cuadrantes de cobertura, así como aquellas en las demás salidas de campo ejecutadas en cada una de las estaciones. De esta manera, se registró un total de 39 especies de coral pertenecientes a 14 familias de la clase Hydrozoa (corales de fuego) y Anthozoa; dentro de esta última las subclases Hexacorallia (corales duros y antipatarios) con 28 especies y Octocorallia (corales blandos) con 9 (**Tabla 4.5.2**).

La estación que presentó la mayor riqueza fue Punta Venado con 25 especies, seguida de Calderón Sur con 24 e Isla Pelicano Sur con 21. Las especies más frecuentes fueron *Colpophyllia natans*, *Montastraea cavernosa* y *Pseudodiploria strigosa* con 76.9 %, seguido de *Diploria labyrinthiformis*, *Meandrina meandrites* y *Siderastrea siderea* con 69.2 %. Adicionalmente se encontraron cuatro especies reportadas en el Libro Rojo de invertebrados marinos. En categoría Vulnerable (VU): el abanico de mar *Gorgonia ventalina*, el coral *Stephanocoenia intersepta* y el coral flor *Eusmilia fastigiata*, en la categoría Preocupación menor (LC) se encontró a *Porites porites* (**Tabla 4.5.2; Figura 4.5.10**).

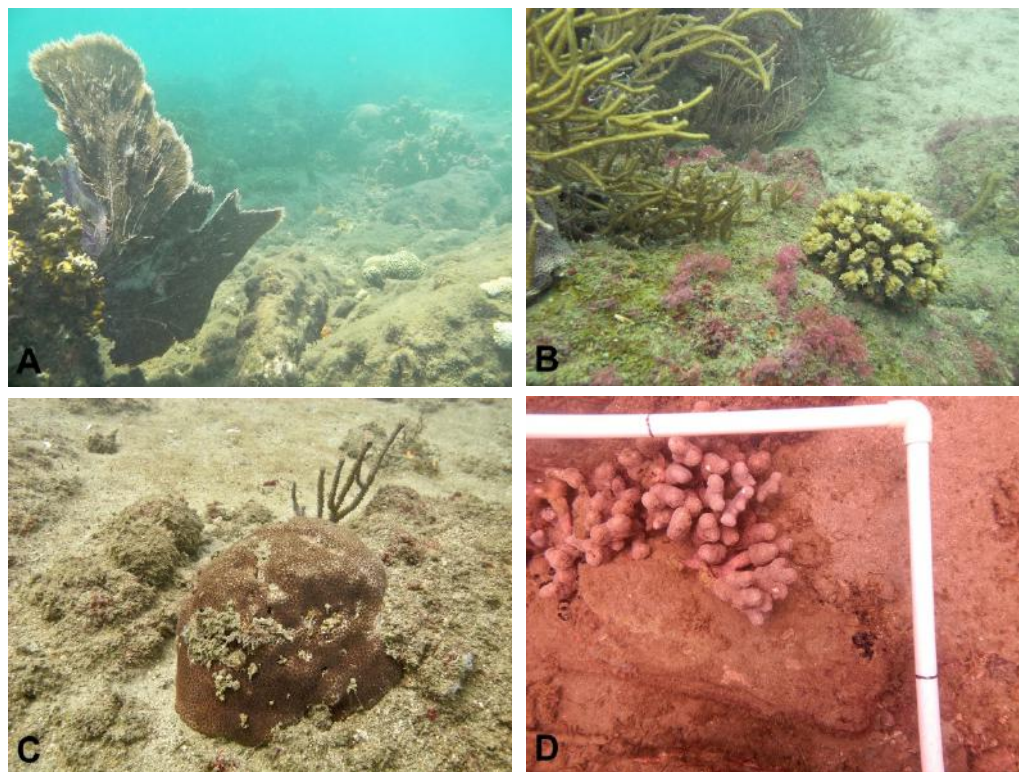


Figura 4.5.10 Especies de coral reportadas en Libro Rojo de invertebrados (A: *Gorgonia ventalina*; B: *Eusmilia fastigiata*; C: *Stephanocoenia intersepta*; D: *Porites porites*) presentes en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena.

4.5.3 Descriptores ecológicos del componente bentónico a nivel de componentes secundarios

Los resultados de los descriptores ecológicos para la cobertura de los componentes secundarios mostraron una diversidad de Shannon-Wiener promedio de 0.36 (DE \pm 0.09) con ámbitos entre 0.01 y 0.80; el valor más alto se registró en Punta Varadero con 0.46 (DE \pm 0.21), seguida de Isla Pelicano Sur con 0.40 (DE \pm 0.21) y Playa Vaca Oriental con 0.40 (DE \pm 0.15). Por su parte, la uniformidad de Pielou tuvo una media de 0.58 (DE \pm 0.12) con valores que oscilaron entre 0.05 y 0.98; la estación Playa Vaca Oriental tuvo la uniformidad más elevada con 0.69 (DE \pm 0.21), seguida por Isla Pelicano Sur con 0.69 (DE \pm 0.19) y Playa Venado con 0.62 (DE \pm 0.29) (**Figura 4.5.11**).

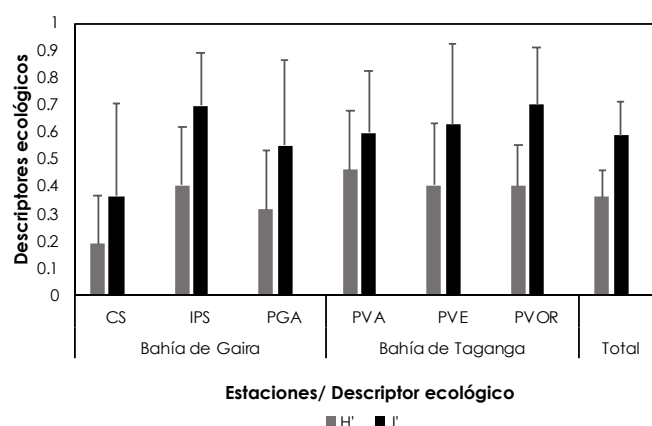


Figura 4.5.11 Promedio de los descriptores ecológicos diversidad de Shannon-Wiener (H') y uniformidad de Pielou (J') de los componentes secundarios de la cobertura bentónica en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).

4.5.4 Complejidad del sustrato bentónico

La rugosidad o complejidad del sustrato en las formaciones coralinas del Magdalena tuvo una media total de 1.82 (DE \pm 0.1) con ámbitos entre 1.58 y 2.22. La rugosidad más alta se estimó en la Bahía de Taganga, en la que Playa Venado tuvo la mayor rugosidad con 1.92 (DE \pm 0.1), seguida por Punta Varadero con 1.87 (DE \pm 0.1) y Playa Vaca Oriental con 1.80 (DE \pm 0.1). La estación con la rugosidad más baja fue Punta Gaira con 0.93 (DE \pm 0.9) (**Figura 4.5.12**).

Tabla 4.5.2 Composición, presencia (X), ausencia y frecuencia de ocurrencia (FO %) de especies de coral registrados en los arrecifes coralinos del departamento del Magdalena (BII: Bajo Inca Inca; CN: Calderón norte; CS: Calderón Sur; IIC: Inca Inca centro; IPN: Isla Pelicano norte; IPS: Isla Pelicano Sur; PB: Playa Blanca; PGA: Punta Gaira; PGR: Playa Grande; PVOC: Playa Vaca Occidente; PVOR: Playa Vaca Oriente; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado) (* especie en Libro Rojo).

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					FO %
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	
Hydrozoa														
<i>Millepora alcornis cf.</i>			X										X	15.4
<i>Millepora complanata</i>			X			X		X		X		X	X	46.1
Anthozoa														
Subclase Hexacorallia														
<i>Agaricia agaricites</i>						X		X				X	X	30.8
<i>Agaricia humilis</i>	X		X			X		X			X		X	46.1
<i>Agaricia lamarcki</i>	X	X			X	X	X						X	46.1
<i>Antiphatas sp. cf.</i>						X	X	X						23.1
<i>Colpophyllia natans</i>	X		X		X	X		X	X	X	X	X	X	76.9
<i>Dichocoenia stokesii</i>		X	X			X		X			X			38.5
<i>Diploria labyrinthiformis</i>		X	X	X		X	X		X	X	X	X		69.2
<i>Eusmilia fastigiata*</i>						X							X	15.4
<i>Favia fragum</i>			X			X		X				X	X	38.5
<i>Helioseris cucullata</i>							X							7.7
<i>Madracis auretenra</i>			X						X					15.4
<i>Madracis decactis</i>			X								X		X	23.1
<i>Manicina areolata</i>													X	7.7
<i>Meandrina meandrites</i>	X	X	X			X	X		X	X	X		X	69.2
<i>Montastraea cavernosa</i>	X	X	X		X		X	X		X	X	X	X	76.9
<i>Mycetophyllia aliciae</i>													X	7.7

Área	Bahía de Gaira								Bahía de Taganga					FO %
Estaciones	BII	CN	CS	IIC	IPN	IPS	PB	PGA	PGR	PVOC	PVOR	PVA	PVE	
<i>Orbicella annularis</i>		X		X		X	X		X	X	X			53.8
<i>Porites astreoides</i>			X			X		X		X		X	X	53.8
<i>Porites porites</i> *											X		X	15.4
<i>Pseudodiploria clivosa</i>		X	X										X	23.1
<i>Pseudodiploria strigosa</i>			X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	76.9
<i>Scolymia</i> sp.	X							X						7.7
<i>Scolymia lacera</i>						X	X							15.4
<i>Siderastrea radians</i>			X			X		X			X		X	15.4
<i>Siderastrea siderea</i>		X	X			X	X	X	X		X	X	X	69.2
<i>Solenastrea boumoui</i>	X		X				X	X			X	X		46.1
<i>Stephanocoenia intersepta</i> *			X			X	X	X	X		X	X		53.8
<i>Stichopathes</i> sp. cf.						X								7.7
Subclase Octocorallia														
<i>Eunicea</i> sp.		X	X					X		X		X	X	46.2
<i>Erythropodium caribaeorum</i>			X				X	X			X	X	X	46.2
<i>Gorgonia ventalina</i> *		X	X			X				X		X	X	46.2
<i>Muricea</i> sp. Cf.			X							X			X	23.1
<i>Plexaura</i> sp. cf.												X		7.7
<i>Plexaurella</i> sp. cf.						X				X	X	X	X	38.5
<i>Pseudoplexaura</i> sp.			X										X	15.4
<i>Pseudopterogorgia</i> sp.	X		X			X	X	X				X		46.2
<i>Pterogorgia</i> sp.								X				X		15.4
Riqueza Total	8	10	24	3	4	21	13	19	8	12	17	18	25	39

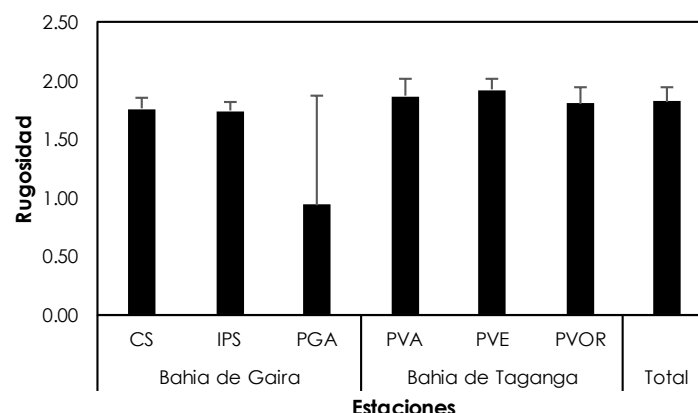


Figura 4.5.12 Promedio de la rugosidad en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente).

4.5.5 Variación espacial de la comunidad del componente bentónico

Los resultados del análisis de varianza ANOVA a una vía evidenciaron diferencias significativas en el factor de profundidad para las categorías principales cobertura de algas y cobertura del sustrato abiótico. De otra parte, todas las categorías del componente secundario tuvieron diferencias significativas por estación, sector y profundidad a excepción de la riqueza del componente secundario que no mostró diferencias entre profundidades, y la rugosidad que fue evaluada únicamente por estación (**Tabla 4.5.3**).

Tabla 4.5.3 Análisis de varianza (ANOVA) de una vía para comparar variables biológicas y descriptores ecológicos de la comunidad bentónica entre los diferentes factores en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas * < 0.05; ** p < 0.01; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrado medio).

Categoría	Variable	Factor	Fuente de Variación	SC	GL	CM	F radio	Valor p
Categorías principales	Cobertura algas	Estación	Entre grupos	67	1	66.8	0.107	0.744
			Dentro de grupos	73325	118	621.4		
		Sector	Entre grupos	1408	1	1408	2.308	0.131
			Dentro de grupos	71984	118	610		
		Profundidad	Entre grupos	2379	1	2378.5	3.952	0.049*
			Dentro de grupos	71013	118	601.8		
	Cobertura sustrato abiótico	Estación	Entre grupos	241	1	241.3	0.517	0.474
			Dentro de grupos	55121	118	467.1		

		Sector	Entre grupos	14	1	13.7	0.029	0.865
			Dentro de grupos	55348	118	469.1		
		Profundidad	Entre grupos	2625	1	2625	5.874	0.016*
			Dentro de grupos	52737	118	446.9		
Componente secundario	Riqueza	Estación	Entre grupos	41.14	1	41.14	8.395	0.004**
			Dentro de grupos	578.3	118	4.9		
		Sector	Entre grupos	30.1	1	30.142	6.035	0.015*
			Dentro de grupos	589.3	118	4.994		
		Profundidad	Entre grupos	12	1	12.033	2.338	0.129
			Dentro de grupos	607.4	118	5.148		
	Uniformidad	Estación	Entre grupos	0.347	1	0.347	7.764	0.006**
			Dentro de grupos	5.279	118	0.044		
		Sector	Entre grupos	0.396	1	0.396	8.936	0.003**
			Dentro de grupos	5.23	118	0.443		
		Profundidad	Entre grupos	0.214	1	0.214	4.669	0.032*
			Dentro de grupos	5.412	118	0.045		
	Rugosidad	Estación	Entre grupos	0.114	1	0.114	8.126	0.006**
			Dentro de grupos	0.589	42	0.014		

La prueba de Kruskal-Wallis evidenció diferencias estadísticamente significativas entre estación de las categorías principales cobertura de esponjas y cobertura de octocorales, y en las categorías del componente secundario de riqueza de corales e índice de diversidad de Shannon-Wiener. Por su parte, entre sectores se encontraron diferencias en los componentes secundarios de cobertura y riqueza de corales, y la diversidad de Shannon-Wiener. Por último, entre profundidades se encontraron diferencias únicamente en la riqueza de corales (**Tabla 4.5.4**).

De otra parte, el ordenamiento no-métrico de escalamiento multidimensional basado en la cobertura de las categorías principales con un nivel de stress de 0.15 evidenció una discriminación de las estaciones por sectores. Las estaciones de la bahía de Taganga conformaron un grupo con una similaridad del 20 %, en el que además se incluyó la estación somera de Calderón Sur. Igualmente, las estaciones pertenecientes a la bahía de Gaira conformaron un único grupo con similaridad del 20 %, a excepción de Calderón Sur profundo la que se separó de las demás estaciones (**Figura 4.5.13**).

Tabla 4.5.4 Prueba de Kruskal-Wallis (H) para comparar las variables biológicas y descriptores ecológicos de la comunidad bentónica en las formaciones coralinas de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas * $p < 0.05$; $p < 0.01$; gl: grados de libertad).

	Variable	Factor	H	GL	Valor p
Categorías principales	Cobertura de corales	Estación	10.933	5	0.052
		Sector	0.8124	1	0.812
		Profundidad	2.2744	1	0.131
	Cobertura de esponjas	Estación	22.276	5	0.0004**
		Sector	2.2767	1	0.131
		Profundidad	0.539	1	0.462
	Cobertura de octocorales	Estación	42.373	5	<0.0001**
		Sector	15.69	1	<0.0001**
		Profundidad	0.024	1	0.875
Componente secundario	Riqueza de corales	Estación	13.629	5	0.018*
		Sector	7.014	1	0.008**
		Profundidad	6.1315	1	0.013*
	Diversidad	Estación	12.004	5	0.034*
		Sector	4.9	1	0.026*
		Profundidad	2.15	1	0.141

En cuanto al ordenamiento no-métrico de escalamiento multidimensional basado en la cobertura de los componentes secundarios, con un stress de 0.12, se encontró una relación general del 40 % de similitud entre todas las estaciones pero sin una discriminación clara por sector (bahías) y profundidad. Por ejemplo, al 60 % de similitud Punta Venado y Calderón Sur somero conformaron un grupo. También al 60 % Punta Varadero profundo, Isla Pelicano y Playa Vaca Oriente en sus dos profundidades constituyeron otro, y al 40 % Punta Gaira y Playa Vaca somero. Por último, las estaciones de Playa Venado profundo y Calderón sur profundo se segregaron independientemente de las demás (**Figura 4.5.14**).

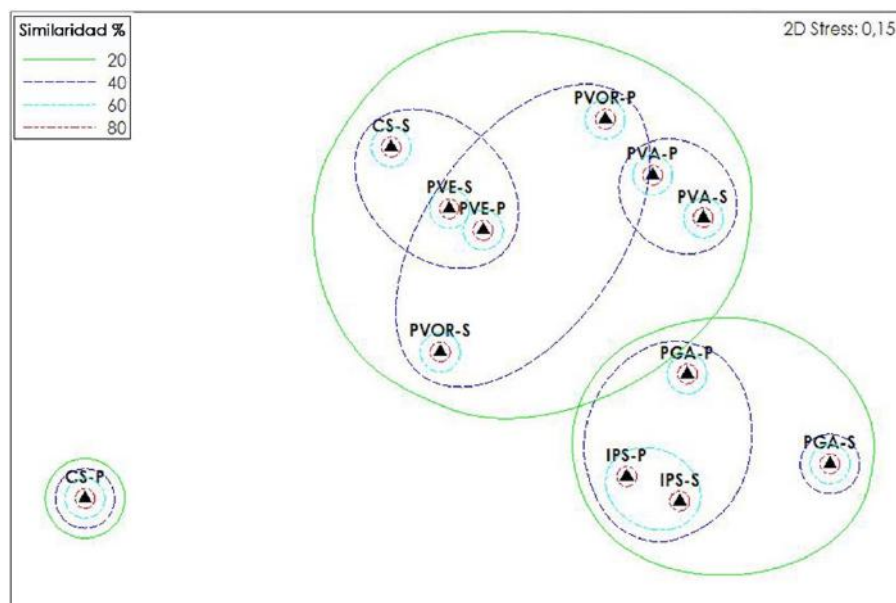


Figura 4.5.13 Ordenación no-métrica de escalamiento multidimensional MDS en dos dimensiones, basado en los valores promedio del porcentaje de cobertura de las categorías principales del componente bentónico, la matriz de similitud de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento completo en los arrecifes de coral de la bahía de Gaira y Taganga en el departamento del del Magdalena (CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente; P: Profundo; S: Somero).

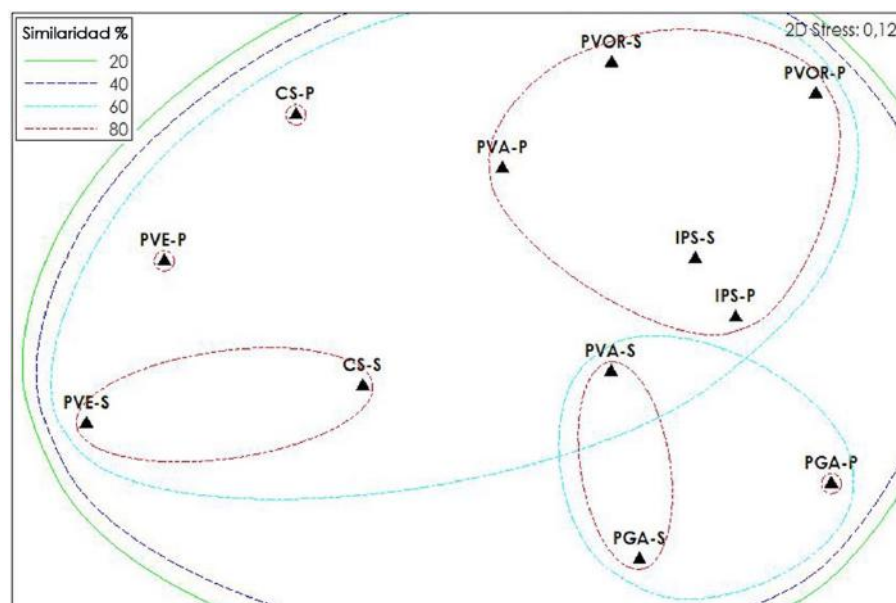


Figura 4.5.14 Ordenación no-métrica de escalamiento multidimensional MDS en dos dimensiones, basado en los valores promedio del porcentaje de cobertura del componente secundario de la comunidad bentónica, la matriz de similitud de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento completo de los arrecifes de coral del Magdalena CS: Calderón Sur; IPS: Isla Pelicano Sur; PGA: Punta Gaira; PVA: Punta Varadero; PVE: Punta Venado; PVOR: Playa Vaca Oriente; P: Profundo; S: Somero).

4.6 ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS

4.6.1 Estructura de las praderas de pastos marinos

En esta evaluación se encontraron cinco parches de praderas de pastos marinos. El pasto de tortuga *Thalassia testudinum* se registró en el sector de Playa Grande en Taganga y en la bahía de Santa Marta con profundidades entre 1.5 y 2.8 m. El pasto manatí *Syringodium filiforme* se registró en el sector de Inca Inca y en El Rodadero a profundidades de 1.8 a 4 m. El pasto de paleta *Halophila decipiens* se encontró en pequeños fragmentos a 10 m de profundidad en la bahía de Taganga. Otros fragmentos de esta última especie se observaron en El Rodadero y la bahía de Santa Marta.

Las praderas de *Thalassia testudinum* presentaron una cobertura promedio de 49.7 % (DE \pm 8.81) y 48.8 % (DE \pm 4.72) en la bahía de Santa Marta y Playa Grande respectivamente. La especie *Syringodium filiforme* tuvo una cobertura media de 41.4 % (DE \pm 11.5) y 33.4 % (DE \pm 7.05) (**Figura 4.6.1**).

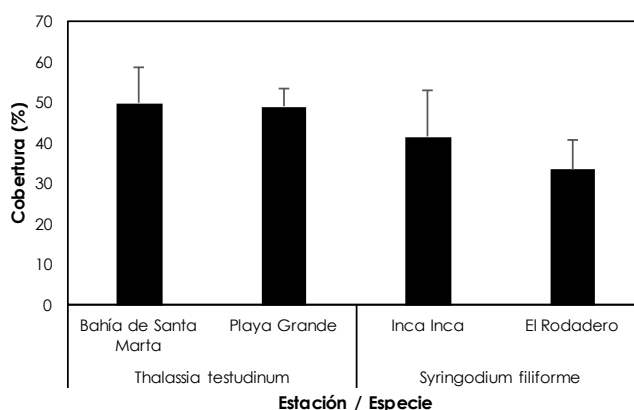


Figura 4.6.1 Promedio del porcentaje de cobertura en las praderas de *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme* en el departamento del Magdalena.

La densidad de *Thalassia testudinum* en la bahía de Santa Marta registró una media de 437.5 vástagos*m² (DE \pm 46.7) y en Playa Grande de 258.3 vástagos*m² (DE \pm 60.5). De otra parte, *Syringodium filiforme* presentó un promedio de 895.8 vástagos*m² (DE \pm 165.3) y 1179.1 vástagos*m² (DE \pm 116.6) (**Figura 4.6.2**).

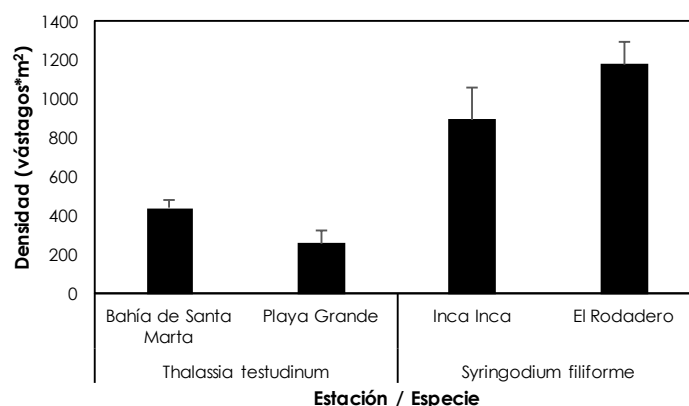


Figura 4.6.2 Promedio de densidad (vástagos*m²) en las praderas de *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme* en el departamento del Magdalena.

La biomasa en las praderas de *Thalassia testudinum* tuvo una media de 1217.2 gps*m⁻² (DE ± 770.5) en la bahía de Santa Marta y 1504.3 gps*m⁻² en Playa Grande (DE ± 101.4). Para la especie *Syringodium filiforme* la biomasa promedio fue de 274.4 (DE ± 39.7) en Inca Inca y 112.1 (DE ± 33.0) en El Rodadero (**Figura 4.6.3**).

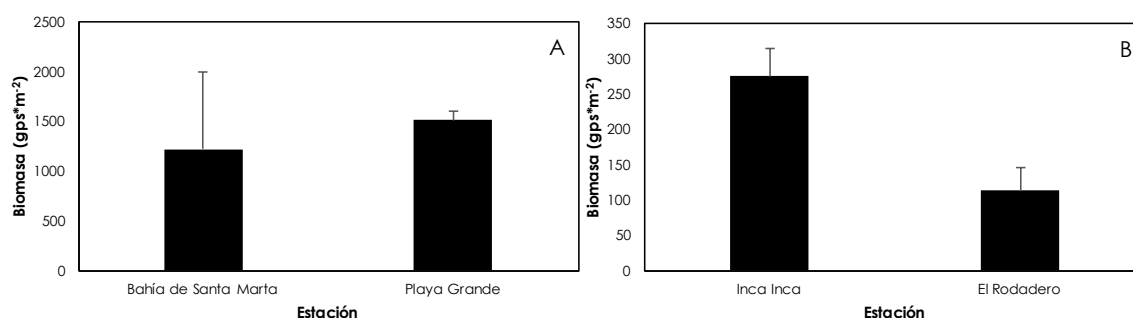


Figura 4.6.3 Promedio de biomasa (gps*m²) en las praderas de *Thalassia testudinum* (A) y *Syringodium filiforme* (B) en el departamento del Magdalena.

El promedio de la longitud y ancho de hojas de *Thalassia testudinum* en la bahía de Santa Marta fue de 22.2 cm (DE ± 3.26) y 1.4 cm (DE ± 0.27) respectivamente, mientras que en Playa Grande fue de 20.5 cm (DE ± 4.2) y 1.2 cm (DE ± 0.17) respectivamente. La especie *Syringodium filiforme* tuvo una media de longitud y ancho de hojas en Inca Inca de 19.3 cm (DE ± 33.0) y 0.1 cm (DE ± 0.02) respectivamente, mientras que en El Rodadero de 16.5 cm (DE ± 2.2) y 0.1 (DE ± 0.03) (**Figura 4.6.4**).

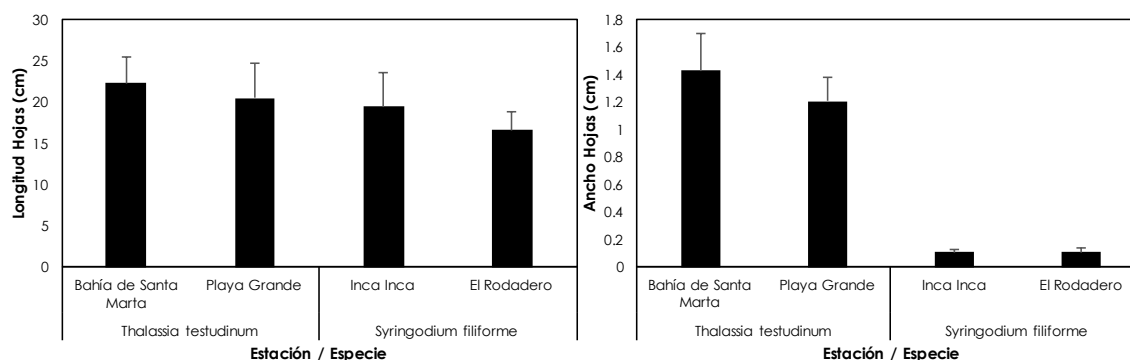


Figura 4.6.4 Promedio de longitud y ancho de hojas (cm) en las praderas de *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme* en el departamento del Magdalena.

El área folial media de las hojas de *Thalassia testudinum* fue de 31.8 cm² (DE \pm 7.8) en la bahía de Santa Marta y 25.4 cm² (DE \pm 5.8) en Playa Grande. La especie *Syringodium filiforme* tuvo un promedio de 2.06 cm² (DE \pm 0.62) en Inca Inca y de 1.74 cm² (DE \pm 5.8) en El Rodadero (**Figura 4.6.5**).

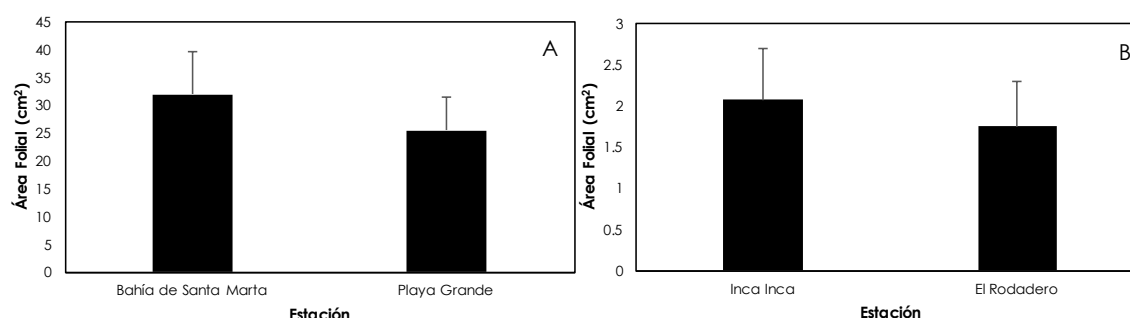


Figura 4.6.5 Promedio de área folial (cm²) de hojas en las praderas de *Thalassia testudinum* (A) y *Syringodium filiforme* (B) en el departamento del Magdalena.

Las pruebas estadísticas revelaron diferencias significativas de densidad de vástagos y ancho de hojas entre estaciones para *Thalassia testudinum*, así como de densidad y longitud de hojas para *Syringodium filiforme* (**Tabla 4.6.1**; **Tabla 4.6.2**).

Tabla 4.6.1 Prueba t-student (t) para comparar variables biológicas de la estructura de pastos marinos entre las estaciones de la bahía de Gaira, Santa Marta y Taganga en el departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas * p < 0.05; ** p < 0.01; gl: grados de libertad).

Especie	Variable	t	GL	Valor - p
<i>Thalassia testudinum</i>	Densidad vástagos	5.6172	5	0.002**
	Cobertura	0.38012	5	0.719
	Longitud hojas	1.1908	16.234	0.25
	Área Folial	2.1209	10.2	0.059

<i>Syringodium filiforme</i>	Densidad vástagos	3.7141	5	0.013*
	Cobertura	1.2556	5	0.264
	Longitud hojas	3.1142	44.789	0.003**
	Ancho hojas	0.0233	22.608	0.9816
	Área Folial	1.8209	34.894	0.077
	Biomasa	4.2671	2	0.05

Tabla 4.6.2 Prueba de Wilcoxon (W) para comparar variables biológicas de la estructura de pastos marinos entre las estaciones de la bahía de Santa Marta y Taganga en el departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas * $p < 0.05$).

Especie	Variable	W	Valor - p
<i>Thalassia testudinum</i>	Ancho hojas	131.5	0.019*
	Biomasa	3	0.7

4.6.2 Comunidad de peces en las praderas de pastos

En cinco praderas de pastos evaluadas en el área de estudio se registró un total de 55 especies de peces pertenecientes a 26 familias con una abundancia relativa total de 676.8 individuos. Las familias más representativas en términos de riqueza fueron Labridae con 10 especies y Haemulidae con seis. Los peces más abundantes en orden descendente fueron el ronco latino *Haemulon steindachneri* con 205.2 individuos, seguido del ronco francés *Haemulon flavolineatum* con 97.6, el pejerrey *Atherinella* sp. con 80, el ronco jeniguano *Haemulon aurolineatum* con 77.8 y la macarela *Decapterus macarellus* con 50 (**Tabla 4.6.3; Figura 4.6.6**).

La mayor riqueza se encontró en la pradera de *Halophila decipiens* y *Dyctiota* sp. en la bahía de Taganga con 32 especies, seguida de la pradera de *Syringodium filiforme* en El Rodadero con 24 especies. En la estación de Inca Inca (*Syringodium filiforme*) se observó la mayor abundancia relativa con 184 individuos, seguida de la bahía de Santa Marta (*Thalassia testudinum*) con 163.7 (**Tabla 4.6.3; Figura 4.6.6**).

En total se censaron cinco especies reportadas en el Libro Rojo de peces marinos de Colombia en diferente grado de amenaza. En categoría Vulnerable (VU) el pargo palmero *Lutjanus analis* y la mojarra rayada *Eugerres plumieri*; en categoría Casi Amenazado (NT) al loro brillante *Sparisoma viride* y la rabirrubia

Ocyurus chrysurus; en Preocupación Menor (LC) el pargo rayado *Lutjanus synagris* (Tabla 4.6.3; Figura 4.6.6).

Tabla 4.6.3 Composición y abundancia relativa de peces registrados en los parches de pastos marinos en el departamento del Magdalena (BT: bahía de Taganga; ER: El Rodadero; II: Inca Inca; BSM: bahía de Santa Marta; PG: Playa Grande) (* especie en Libro Rojo; + especie invasora; - especie registrada fuera de censos).

Fanerógama	<i>H. decipiens</i>		<i>S. filiforme</i>		<i>T. testudinum</i>	
Estación	BT	ER	II	BSM	PG	Total
Familia/Especie						
Acanthuridae						
<i>Acanthurus chirurgus</i>	16.6	12.9	2.8	0.9		33.2
<i>Acanthurus tractus</i>	6.2	2		0.4	0.7	9.3
Achiridae						
<i>Achirus</i> sp. -		-				-
Apogonidae						
<i>Apogon maculatus</i>	0.1					0.1
Atherinopsidae						
<i>Atherinella</i> sp.					80	80
Aulostomidae						
<i>Aulostomus maculatus</i>			0.1		0.1	0.2
Carangidae						
<i>Caranx crysos</i>		0.8				0.8
<i>Decapterus macarellus</i>		50		0.1		50.1
<i>Oligoplites</i> sp.		0.6		1.5		2.1
Chaetodontidae						
<i>Chaetodon capistratus</i>					0.2	0.2
<i>Chaetodon ocellatus</i>	0.3					0.3
<i>Chaetodon sedentarius</i>	2.2					2.2
Diodontidae						
<i>Diodon holocanthus</i>	0.1	0.1		0.1	0.4	0.7
Gerreidae						
<i>Eucinostomus</i> sp.		5.5	1.6	1.9		9
<i>Eugerres plumieri</i> *		1.8				1.8
Gobiidae						
<i>Gnatholepis thompsoni</i>	1.3				0.1	1.4
Haemulidae						
<i>Haemulon aurolineatum</i>		0.1	77.6	0.1		77.8
<i>Haemulon flavolineatum</i>	1	3.6	61.7	31.3		97.6

Fanerógama	H. decipiens	S. filiforme		T. testudinum		
Estación	BT	ER	II	BSM	PG	Total
<i>Haemulon plumieri</i>	1.8	2.3	12.1	1.5	3	20.7
<i>Haemulon</i> sp. -	-					-
<i>Haemulon steindachneri</i>	24.6	54.8	14.1	111.7		205.2
<i>Haemulon striatum</i>			0.4			0.4
Holocentridae						
<i>Holocentrus adscensionis</i>			0.2			0.2
<i>Myripristis jacobus</i>	0.1					0.1
Labridae						
<i>Cryptotomus roseus</i>	1.1	1	0.9	0.8	0.7	4.5
<i>Halichoeres bivittatus</i>	0.8	0.1	1.5	0.7	2.6	5.7
<i>Halichoeres poeyi</i>		0.2	0.1	0.2	0.5	1
<i>Scarus iseri</i>	0.8			0.7	1.8	3.3
<i>Sparisoma atomarium</i>	2.7	2	0.1	4.5	3.9	13.2
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0.4			0.8		1.2
<i>Sparisoma radians</i>		3.2	1.3	3.9	2	10.4
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0.1		0.2	0.2		0.5
<i>Sparisoma viride*</i>					0.3	0.3
<i>Thalassoma bifasciatum</i>	0.7				1.3	2
Lutjanidae						
<i>Lutjanus analis*</i>		3.1		0.3		3.4
<i>Lutjanus synagris*</i>		2.9	8.3	1.7		12.9
<i>Ocyurus chrysurus*</i>				0.1		0.1
Microdesmidae						
<i>Ptereleotris calliura</i>	0.5					0.5
Mugilidae						
<i>Mugil curema</i>		0.1			1.5	1.6
Mullidae						
<i>Mulloidichthys martinicus</i>		1.9	0.3		0.2	2.4
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	0.9	0.5	0.6		0.8	2.8
Muraenidae						
<i>Gymnothorax moringa</i>	0.1					0.1
Opistognathidae						
<i>Opistognathus macrognathus</i>	0.2					0.2
Pomacanthidae						
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0.2					0.2
<i>Pomacanthus paru</i>	0.4					0.4
Pomacentridae						
<i>Stegastes adustus</i>				0.1		0.1

Fanerógama	<i>H. decipiens</i>	<i>S. filiforme</i>		<i>T. testudinum</i>		
Estación	BT	ER	II	BSM	PG	Total
<i>Stegastes partitus</i>	0.7			0.2	8.6	9.5
Sciaenidae						
<i>Equetus lanceolatus</i>	0.2					0.2
<i>Odontoscion dentex</i>					1.1	1.1
Scorpaenidae						
<i>Pterois volitans</i> +	1.8					1.8
Serranidae						
<i>Cephalopholis cruentata</i>	0.4					0.4
<i>Diplectrum bivittatum</i>	1.7	0.8				2.5
Synodontidae						
<i>Synodus intermedius</i>	0.2				0.1	0.3
Tetraodontidae						
<i>Canthigaster rostrata</i>	0.4				0.3	0.7
<i>Sphoeroides spengleri</i>			0.1			0.1
Abundancia Total	68.6	150.3	184	163.7	110.2	676.8
Riqueza Total	32	24	19	23	22	55

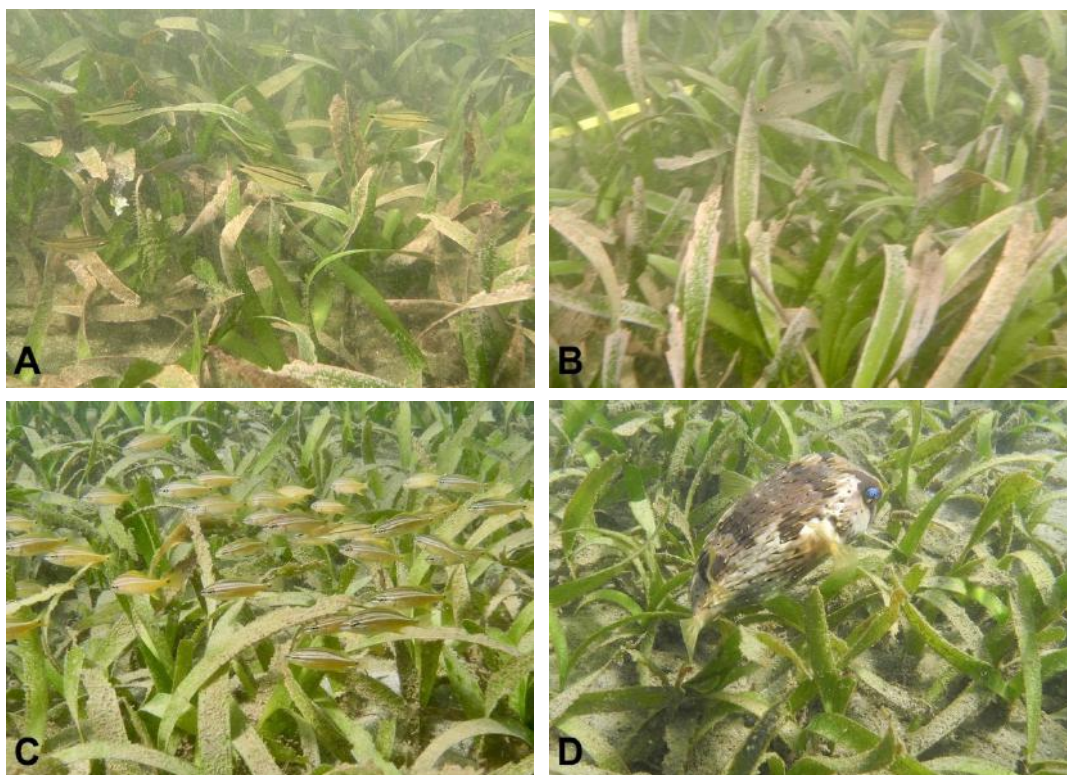


Figura 4.6.6 Especies de peces abundantes (A: ronco latino *Haemulon steindachneri*) reportadas en el Libro Rojo (B: pargo palmero *Lutjanus analis*) y otras típicas (C: ronco bocacolorá *Haemulon*

plumierii; D: pez globo *Diodon holocanthus*) en las praderas de pastos del departamento del Magdalena.

La riqueza promedio en las praderas de pastos fue de 9.2 especies ($DE \pm 3.38$) con ámbitos entre 2 y 18. La estación con la media más alta de riqueza fue *Thalassia testudinum* en la bahía de Santa Marta con 10.3 especies ($DE \pm 4.11$), seguida de *Syringodium filiforme* en El Rodadero con 10.1 ($DE \pm 2.51$). La abundancia relativa media de los pastos fue de 135.3 individuos ($DE \pm 107.2$) y valores que oscilaron de 12 a 629 individuos (**Figura 4.6.7**).

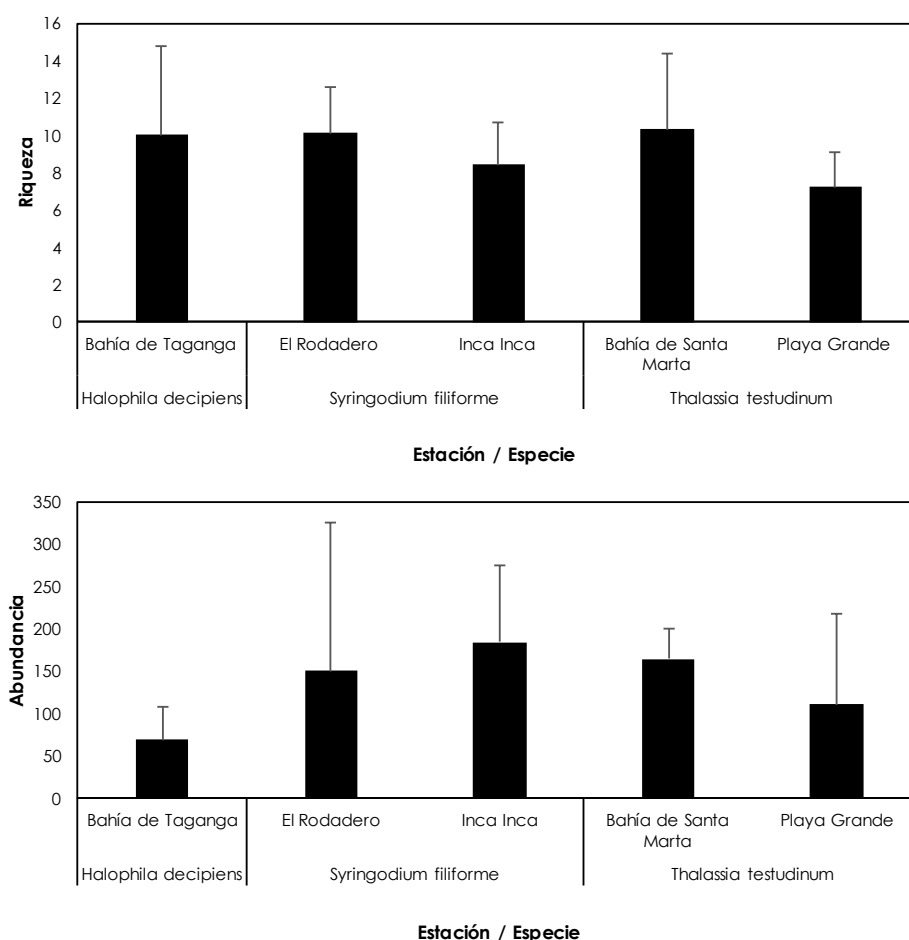


Figura 4.6.7 Promedio de riqueza y abundancia relativa total de la comunidad de peces en las praderas de pastos marinos del departamento del Magdalena.

4.6.2.1 Descriptores ecológicos de peces en las praderas de pastos

La diversidad de Shannon-Wiener presentó un promedio de 0.54 ($DE \pm 0.2$) con ámbitos de 0.03 a 0.92. El valor medio más elevado se registró en *Syringodium*

filiforme en El Rodadero con 0.61 ($DE \pm 0.18$), seguido de *Halophila decipiens* en la bahía de Taganga con 0.60 ($DE \pm 0.19$) (**Figura 4.6.8**).

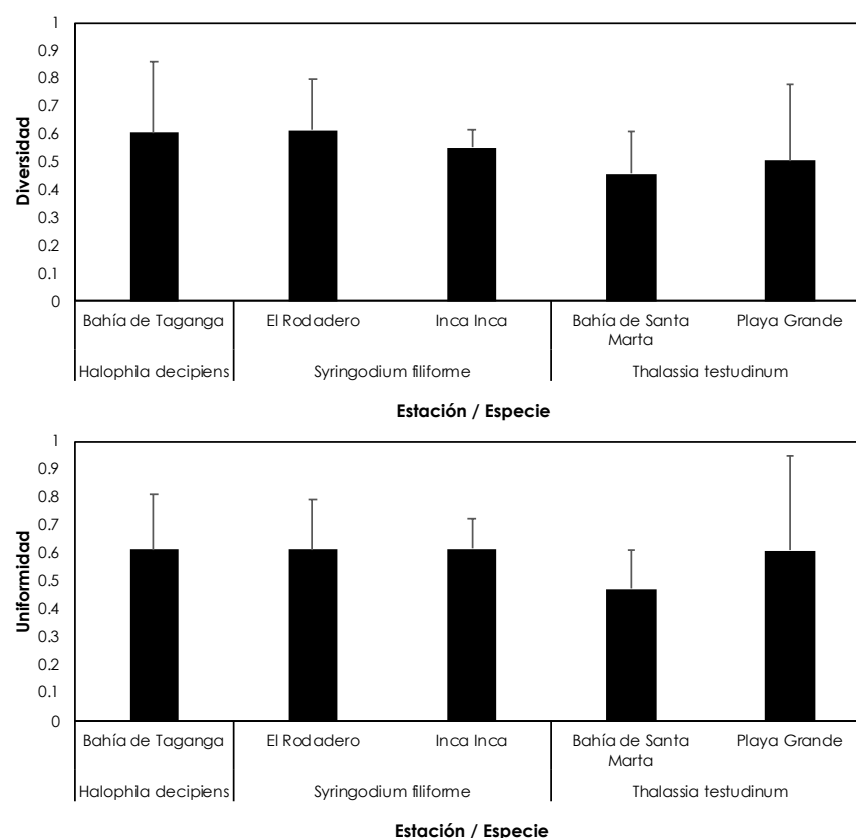


Figura 4.6.8 Promedio de diversidad de Shannon-Wiener (H') y uniformidad de Pielou (J') de la comunidad de peces en las praderas de pastos marinos del departamento del Magdalena.

La uniformidad de Pielou tuvo una media de 0.58 ($DE \pm 0.2$) y valores que oscilaron de 0.06 a 0.94. En *S. filiforme* de Inca Inca se registró el promedio más alto con 0.615 ($DE \pm 0.1$), seguido de *H. decipiens* en Taganga 0.613 ($DE \pm 35.5$) (**Figura 4.6.8**).

4.6.2.2 Variación espacial de peces en las praderas de pastos

El análisis de Kruskal-Wallis evidenció diferencias estadísticamente significativas solo para la abundancia entre estaciones (**Tabla 4.6.4**).

Tabla 4.6.4 Prueba de Kruskal-Wallis (H) para comparar las variables biológicas y los descriptores ecológicos de la comunidad de peces por estación en las praderas de pastos del departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; GL: grados de libertad).

Variable	H	GL	Valor P
Riqueza	8.2869	4	0.081
Abundancia	12.588	4	0.013*
Diversidad	8.011	4	0.091
Uniformidad	6.406	4	0.178

El análisis de ordenamiento no-métrico de escalamiento multidimensional basado en la abundancia de peces con un stress de cero, evidenció la formación de grupos sin un claro patrón espacial por sector o por la especie de pasto marino presente. Al 20 % de similaridad se formó un grupo con las estaciones de bahía de Taganga, Santa Marta y El Rodadero, mientras que las estaciones de Playa Grande e Inca Inca se separaron de las demás (**Figura 4.6.9**).

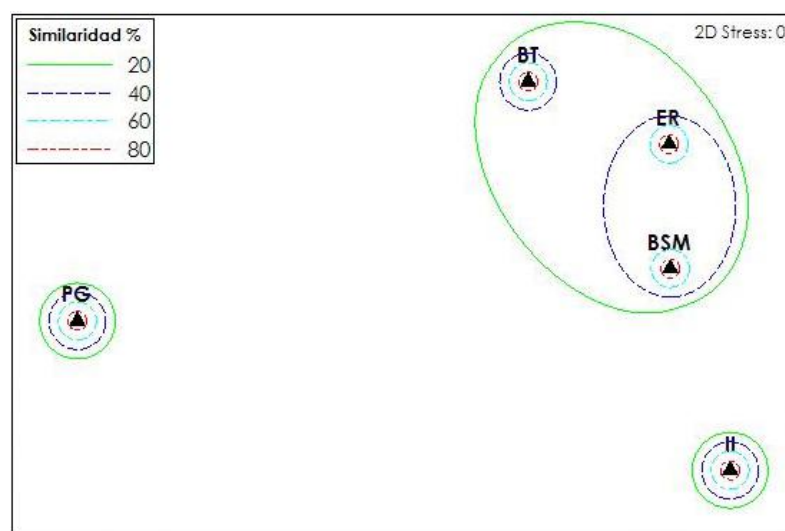


Figura 4.6.9 Ordenación no-métrica de escalamiento multidimensional basada en los valores de abundancia promedio, la matriz de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento completo de peces en las praderas de pastos del departamento del Magdalena (BSM: bahía de Santa Marta; BT: bahía de Taganga; ER: El Rodadero; II: Inca Inca; PG: Playa Grande).

4.6.3 Comunidad de macroinvertebrados móviles en las praderas de pastos

En cinco praderas de pastos evaluadas se registraron un total de nueve macroinvertebrados pertenecientes a nueve familias y cuatro phyla con una abundancia relativa total de siete individuos. El phylum más representativo en términos de riqueza fue Arthropoda con cinco especies, seguido de Echinodermata con dos. Las especies más abundantes fueron el erizo abigarrado *Lytechinus variegatus* con 3.2 y el cangrejo flecha *Stenorhynchus seticornis* con 1.9 individuos (**Tabla 4.6.5**).

La pradera de *H. decipiens* en la bahía de Taganga presentó la mayor riqueza y abundancia total con siete especies y 3.4 individuos, seguida de *T. testudinum* en Playa Grande con tres especies y dos individuos. En la estación de Inca Inca sobre *S. filiforme* no se registraron invertebrados móviles (**Tabla 4.6.5**).

Tabla 4.6.5 Composición y abundancia relativa de macroinvertebrados móviles registrados en los parches de pastos marinos en el departamento del Magdalena (BT: bahía de Taganga; ER: El Rodadero; II: Inca Inca; BSM: bahía de Santa Marta; PG: Playa Grande) (* especie en Libro Rojo; + especie invasora; - especie registrada fuera de censos).

Fanerógama	<i>H. decipiens</i>		<i>S. filiforme</i>		<i>T. testudinum</i>	
Estación	BT	ER	II	BSM	PG	Total
Phylum/Especie						
Phylum Mollusca						
<i>Turbinella angulata</i>	0.2					0.2
Phylum Annelida						
<i>Hermodice carunculata</i>	0.3				0.3	0.6
Phylum Arthropoda						
<i>Carpilius corallinus</i>	0.1					0.1
<i>Damithrax cf. hispidus</i>	0.1					0.1
<i>Panulirus argus</i> *	0.4					0.4
<i>Stenopus hispidus</i>	0.4					0.4
<i>Stenorhynchus seticornis</i>	1.9					1.9
Phylum Echinodermata						
<i>Lytechinus variegatus</i>		0.7		0.9	1.6	3.2
<i>Ophiothrix suensoni</i>					0.1	0.1
Abundancia Total	3.4	0.7	0	0.9	2	7
Riqueza Total	7	1	0	1	3	9

De otra parte, se encontraron dos especies reportadas en el Libro Rojo de invertebrados en categoría de amenaza vulnerable (VU), la langosta espinosa *Panulirus argus* y el cangrejo moro *Carpilius corallinus* (Tabla 4.6.5).

La riqueza promedio fue de 0.84 especies ($DE \pm 0.99$) con ámbitos de 0 a 4 especies, mientras que la abundancia tuvo una media de 1.4 individuos ($DE \pm 1.78$) y valores que oscilaron de 0 a 8 (Figura 4.6.10).

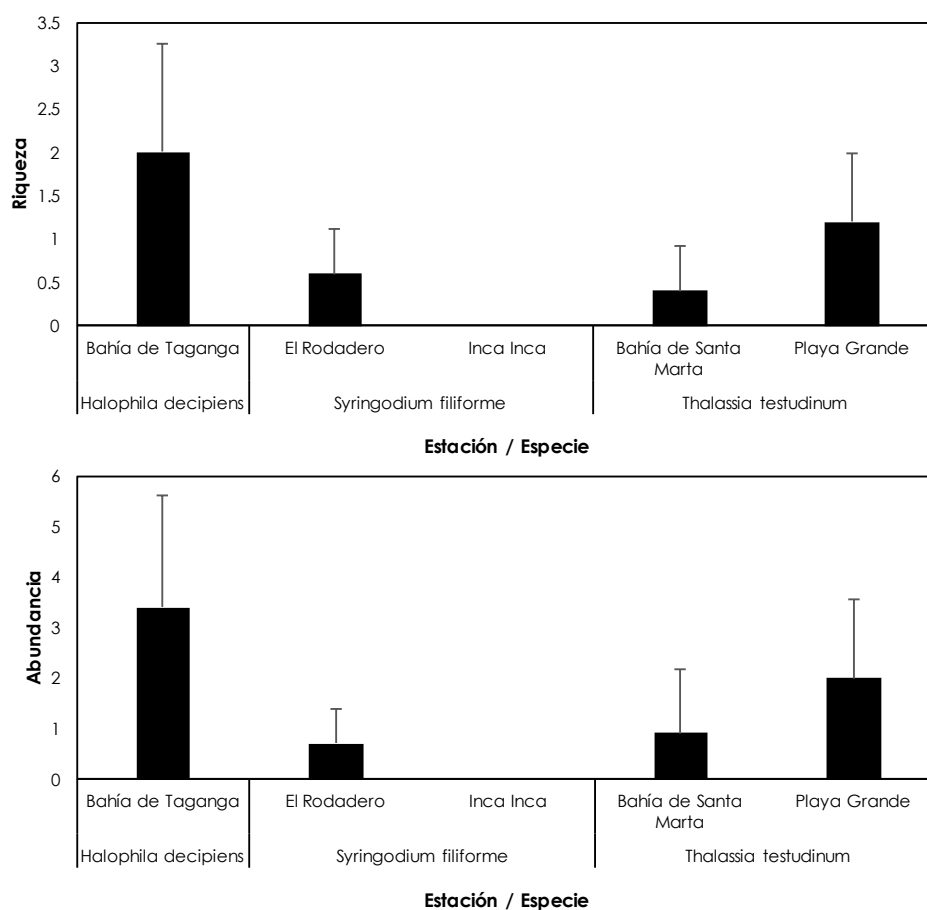


Figura 4.6.10 Promedio de riqueza y abundancia relativa total de la comunidad de macroinvertebrados móviles en las praderas de pastos marinos del departamento del Magdalena.

4.6.3.1 Variación espacial de macroinvertebrados móviles en las praderas de pastos

El análisis de Kruskal-Wallis evidenció diferencias estadísticamente significativas de riqueza y abundancia entre las estaciones de muestreo (Tabla 4.6.6).

Tabla 4.6.6 Prueba de Kruskal-Wallis (H) para comparar las variables biológicas de la comunidad de macroinvertebrados móviles por estación en las praderas de pastos del departamento del Magdalena (diferencias estadísticamente significativas * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; GL: grados de libertad).

Variable	H	GL	Valor P
Riqueza	25.854	4	<0.01**
Abundancia	12.588	4	<0.01**

El análisis de ordenamiento no-métrico de escalamiento multidimensional basado en la abundancia de macroinvertebrados móviles con un stress de cero, evidenció la formación de grupos sin un claro patrón espacial por sector o por la especie de pasto marino presente. Al 20 % de similaridad se formó un grupo con las estaciones de bahía de Santa Marta, El Rodadero y Playa Grande, mientras que las estaciones de la bahía de Taganga e Inca Inca se separaron de las demás (**Figura 4.6.11**).

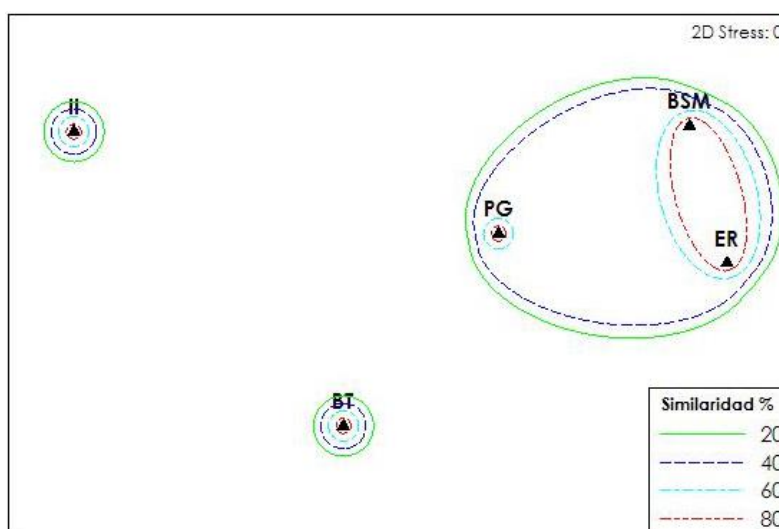


Figura 4.6.11 Ordenación no-métrica de escalamiento multidimensional basada en los valores de abundancia promedio, la matriz de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento completo de macroinvertebrados móviles en las praderas de pastos del departamento del Magdalena (BSM: bahía de Santa Marta; BT: bahía de Taganga; ER: El Rodadero; II: Inca Inca; PG: Playa Grande).

4.7 VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN LOS ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS

Las variables físicas y químicas durante el estudio siguieron el patrón general registrado para el área. La nubosidad presentó una media de 52.8 % (DE \pm 31.4) con ámbitos entre 0 y 87.5 %, y el valor más alto en abril y mayo con 75 %. Esta

variable obtuvo promedios similares de 51.1 (DE \pm 27.3) y 53.9 % (DE \pm 38.6) en la bahía de Gaira y Taganga respectivamente (**Figura 4.7.1**).

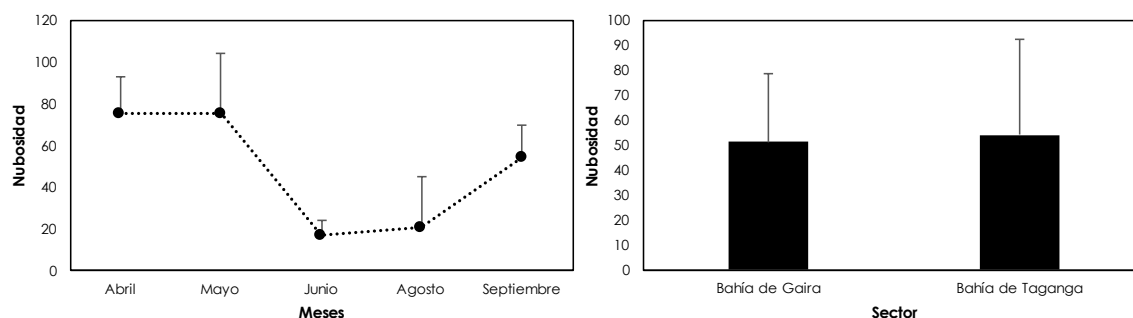


Figura 4.7.1 Porcentaje de nubosidad durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.

El estado del mar tuvo un promedio de 1.07 (DE \pm 0.42) con valores que fluctuaron de 0 (calma) a 2 (marejadilla), y el valor más elevado en agosto con 1.25; en la bahía de Gaira la media fue de 1.04 (DE \pm 0.38) y en Taganga de 1.12 (DE \pm 0.5) (**Figura 4.7.2**).

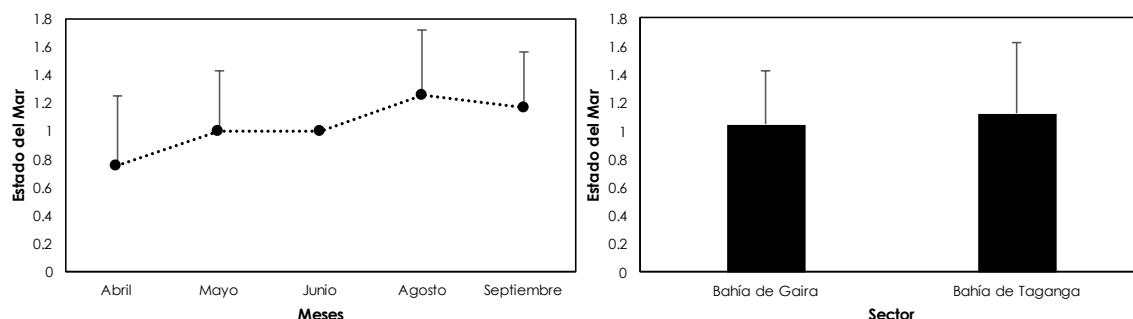


Figura 4.7.2 Estado del mar durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.

La transparencia del agua durante el periodo de estudio presentó una media de 8.92 m (DE \pm 2.79) ámbitos entre 2.75 y 16 m, con el valor más elevado en el mes de agosto con 11.1 m; en la bahía de Gaira el promedio fue de 8.42 m (DE \pm 2.79) y en Taganga de 10.32 m (DE \pm 2.79) (**Figura 4.7.3**).

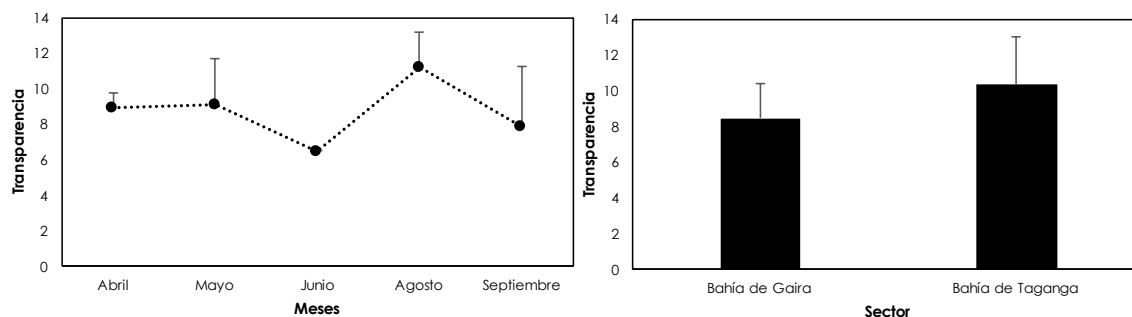


Figura 4.7.3 Transparencia del agua (m) durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.

La temperatura profunda promedio del agua fue de 26.4 °C ($DE \pm 1.27$) con valores de 24 a 29 °C y la temperatura más alta en el mes de septiembre con 27.9 °C ($DE \pm 0.51$). En la bahía de Gaira se registró una media de 26.5 °C ($DE \pm 1.5$) y en Taganga de 26.0 °C ($DE \pm 0.44$) (**Figura 4.7.4**).

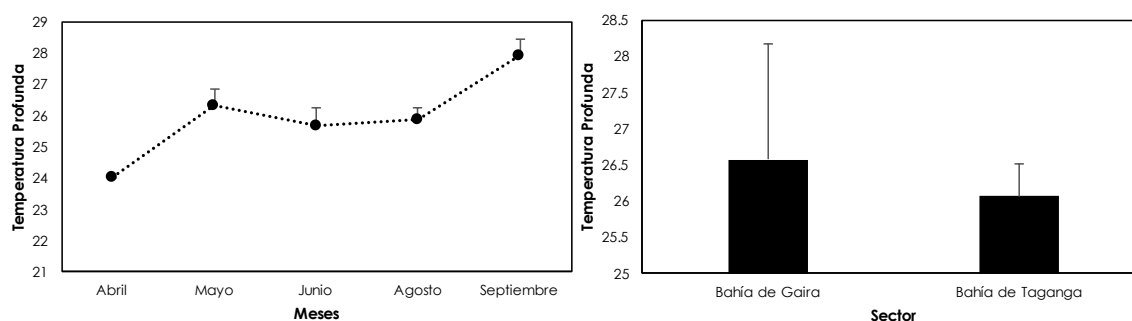


Figura 4.7.4 Temperatura profunda del agua (°C) durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.

La temperatura superficial del agua registró una media de 28.3 °C ($DE \pm 1.27$) ámbitos de 26.1 a 30.1 °C, y la temperatura más elevada en septiembre con 29.1 °C ($DE \pm 0.50$). La temperatura promedio en la bahía de Gaira y Taganga fue de 28.22 °C ($DE \pm 1.15$) y 28.25 °C ($DE \pm 0.51$) (**Figura 4.7.5**).

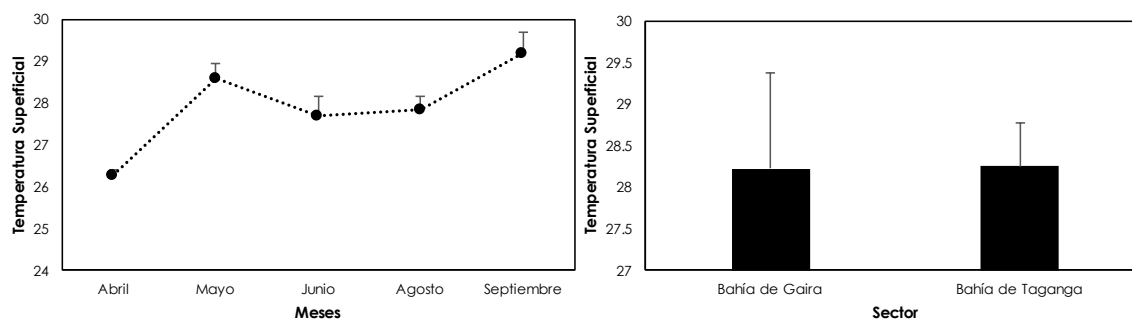


Figura 4.7.5 Temperatura superficial del agua (°C) durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.

La salinidad promedio en el área de estudio fue de 37.5 ($DE \pm 0.39$) valores de 36.9 a 38.4, y la media más elevada durante agosto con 38.06 ($DE \pm 0.19$). En la bahía de Gaira fue de 37.4 ($DE \pm 0.27$) y en Taganga 37.5 ($DE \pm 0.52$) (**Figura 4.7.6**). El pH tuvo una media de 7.67 ($DE \pm 0.20$) ámbitos entre 7.02 y 7.98, y el promedio más alto en el mes de agosto con 7.75. Los valores de pH tuvieron una media de 7.65 ($DE \pm 0.22$) y 7.70 ($DE \pm 0.17$) en la bahía de Gaira y Taganga respectivamente (**Figura 4.7.7**).

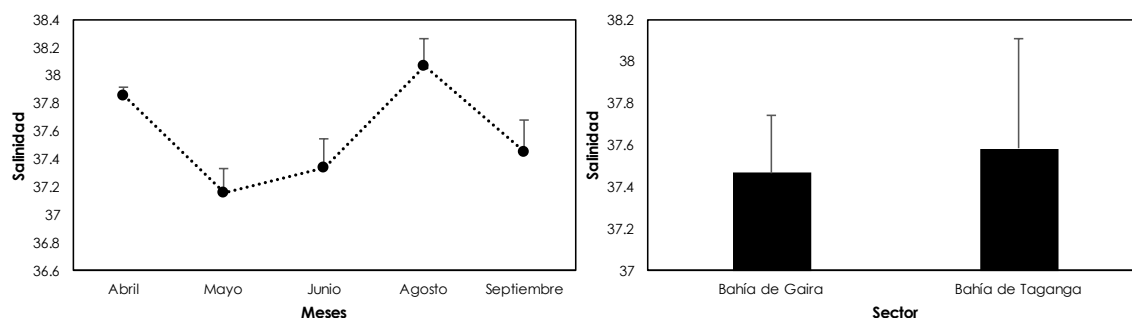


Figura 4.7.6 Salinidad superficial del agua durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.

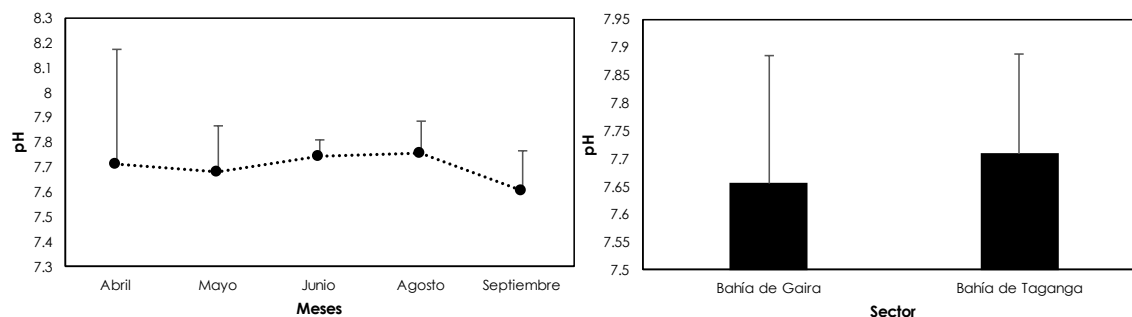


Figura 4.7.7 pH superficial del agua durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.

El total de sólidos disueltos tuvo una media $35.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ($\text{DE} \pm 0.27$) con datos que oscilaron de 35.1 a 36.6, y el valor más elevado en agosto con 36.26 ($\text{DE} \pm 0.19$). El promedio en la bahía de Gaira fue de 35.80 ($\text{DE} \pm 0.34$) y en la bahía de Taganga de 35.87 ($\text{DE} \pm 0.45$) (**Figura 4.7.8**).

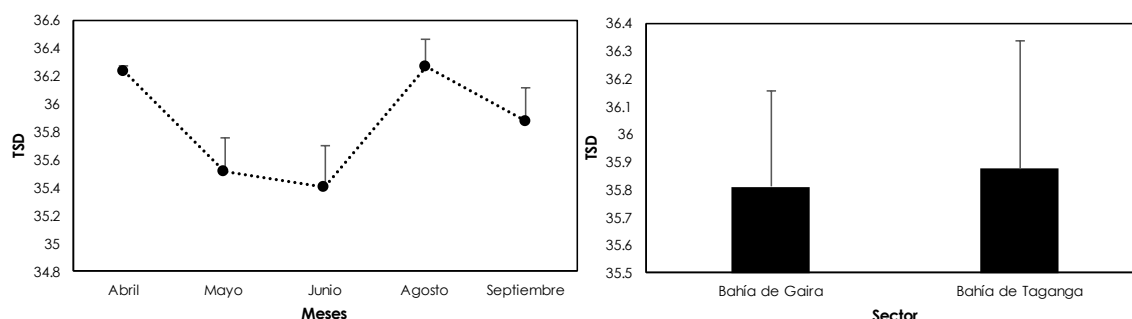


Figura 4.7.8 Total de sólidos disueltos ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) en la superficie del agua durante el periodo de estudio y en los sectores evaluados del departamento del Magdalena.

4.8 DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se realizaron dos socializaciones de los resultados de este estudio el 14 de diciembre de 2018 a actores institucionales (i.e., academia, institutos, entidades públicas) y de la comunidad en la jornada de la mañana. En la jornada de la tarde al gremio empresarial de la región. En total se obtuvo una participación de 27 personas de 8 y 9 entidades en la mañana y en la tarde respectivamente. Durante esta jornada de divulgación se presentó además la fase de formulación del plan de manejo ambiental preliminar para hacer los ajustes de manera participativa. Las opiniones

y sugerencias quedaron consignadas en las memorias del evento, así como el listado de los asistentes (**Anexo 1**).

De otra parte, la información de diversidad resultante de este estudio y sistematizada en matrices de Excel, se ajustó al formato Darwin Core con la herramienta Open Refine (www.openrefine.org) y se registró en el Sistema de Información sobre Biodiversidad en Colombia - SiB y en el Global Biodiversity Information Facility bajo el siguiente enlace: <https://doi.org/10.15472/ce2uim> (**Figura 4.8.1**).



Figura 4.8.1 Imagen del portal del Sistema de Información sobre Biodiversidad en Colombia – SiB con la publicación de los registros de biodiversidad del presente estudio.

4.9 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PRELIMINAR: DIAGNÓSTICO Y FORMULACIÓN

El plan de manejo preliminar planteado para las formaciones coralinas y pastos marinos en la jurisdicción de CORPAMAG se enfocó en las fases de diagnóstico y formulación.

4.9.1 Fase de diagnóstico

La fase de diagnóstico correspondió a la descripción de la información histórica y estado actual de los ecosistemas objetos de estudio (**secciones 4.1 a 4.7**). En este apartado se incluyó una descripción de las debilidades para abordar el plan de manejo y las amenazas a las que están expuestos los arrecifes y pastos.

Debilidades

- Carencia de inversión para mantener un monitoreo ecológico y de la diversidad de los ecosistemas estratégicos, así como de las poblaciones de especies amenazadas y clave, lo que es necesario para la generación de alertas tempranas sobre el estado de los mismos.
- Vacíos de información sobre grupos biológicos indicadores como macroinvertebrados móviles y algunos del componente bentónico (i.e., algas, esponjas, hidroides, briozoos, ascidias)
- Escasa investigación sobre componentes esenciales en el establecimiento de planes de manejo (e.g., calidad de agua y sedimentos, dinámica de corrientes, pesca artesanal).
- Falta de apoyo financiero e institucional para la creación de una batería de indicadores de estado, presión y respuesta de los ecosistemas estratégicos del departamento del Magdalena.
- Los estresores de origen natural y los relacionados con el cambio climático que afectan a los ecosistemas son difíciles de pronosticar y algunas veces de determinar, lo que impone un alto grado de incertidumbre a la efectividad de las medidas de manejo establecidas.
- Mínima intervención de las autoridades para la vigilancia y control de actividades antrópicas deletéreas para los ecosistemas entre estas la pesca ilegal con explosivos y redes de arrastre, fuentes de contaminación, obras costeras, erosión de las cuencas y turismo irresponsable.
- Veeduría precaria en la validación de los estudios de impacto ambiental para las obras de desarrollo costero (i.e., puertos, muelles, marinas, protección costera, edificios, etc.).

- Limitación en el trabajo interdisciplinario e interinstitucional de los diferentes actores en la región.
- Falta de campañas públicas de impacto para la divulgación y protección de los ecosistemas estratégicos.
- Inexistencia de una normativa para el uso de los ecosistemas estratégicos o de la capacidad de carga de las áreas aledañas.

Amenazas humanas

- La pesca artesanal con explosivos y arrastre en las formaciones coralinas representa una amenaza alta y actual, pues destruye el hábitat estructurante para el mantenimiento de la diversidad
- Buceo a pulmón y con tanque ejecutado de manera irresponsable y con exceso de visitantes representa una amenaza alta y actual, en especial con el incremento de las actividades de turismo en el distrito.
- El tránsito excesivo, incontrolado y a altas velocidades de las embarcaciones en las áreas de los ecosistemas estratégicos.
- La calidad del agua es una amenaza actual y creciente en las formaciones coralinas y praderas de pastos, especialmente por la carencia de un sistema adecuado de tratamiento de aguas y las malas prácticas en el manejo de residuos que se evidencian en todo el distrito.
- La sedimentación y la turbidez del agua al igual que la contaminación son una amenaza actual y creciente para las formaciones coralinas y las praderas de pastos pues se encuentran dentro del área de influencia directa de los ríos Manzanares y Gaira, así como el Córdoba, Toribio, la CGSM y también del río Magdalena en menor medida. El manejo deficiente de las cuencas de estos ríos a lo largo de todo su recorrido y durante su paso por los centros poblados son una fuente constante de estas variables estresantes en los ecosistemas.
- La capacidad de carga de turistas en las áreas de las formaciones coralinas y pastos es incierta.
- Actividades de desarrollo costero sin planificación y validación de los estudios de impacto ambiental.

- El cambio climático tiene efectos de diferente índole en los arrecifes con el incremento en la temperatura del agua y la acidificación.

Presiones naturales

- Especies invasoras como el pez león *Pterois volitans* que afecta la diversidad de peces e invertebrados móviles.
- Incidencia de diferentes enfermedades coralinas que afectan la salud de las especies de coral.
- Fenómeno de El Niño que por el incremento en la temperatura del agua genera eventos de blanqueamiento y muerte coralina.

4.9.2 Fase de formulación

La fase de formulación se basó en un enfoque ecosistémico para la protección de la estructura, biodiversidad, funcionamiento y procesos ecológicos clave. De esta forma se tuvieron en cuenta tanto aspectos biológicos y ecológicos, como los relacionados con los servicios ecosistémicos. Esta fase estuvo conformada por las líneas de acción: 1) investigación y monitoreo 2) identificación y evaluación de amenazas, 3) mitigación de amenazas, 4) divulgación de conocimiento, y 5) capacitación, educación y participación. En total para las cinco líneas de acción se estimaron 12 objetivos (**Tabla 4.9.1; Tabla 4.9.2; Tabla 4.9.3; Tabla 4.9.4; Tabla 4.9.5**).

Tabla 4.9.1 Línea de acción investigación y monitoreo para la consolidación de información biológica, ecológica, ambiental y geográfica.

Línea de Acción 1 - Investigación y monitoreo: consolidación de información biológica, ecológica, ambiental y geográfica				
Objetivo estratégico	Objetivo específico	Metas	Prioridad	Responsables
1. Explorar, delimitar, describir y monitorear los ecosistemas arrecifales y de pastos marinos en la jurisdicción de CORPAMAG	1. Hacer la caracterización cartográfica, batimétrica, ambiental y oceanográfica de los principales ecosistemas arrecifales y de	Ejecutar campañas de exploración para generar mapas de escala 1:5000 actualizados con información de localización, extensión, batimetría y oceanografía en	Corto plazo	Institutos de investigación, universidades, empresa privada, CORPAMAG y apoyo actores sociales

Línea de Acción 1 - Investigación y monitoreo: consolidación de información biológica, ecológica, ambiental y geográfica				
Objetivo estratégico	Objetivo específico	Metas	Prioridad	Responsables
	pastos marinos de la jurisdicción de CORPAMAG	áreas no evaluadas previamente.		
	2. Consolidar la información sobre la diversidad taxonómica presente en los arrecifes y pastos de la jurisdicción de CORPAMAG	Evaluación y monitoreo de la biodiversidad de los ecosistemas que permita generar listados taxonómicos de los diferentes grupos biológicos para formular adecuadamente las actividades relacionadas con su conservación.	Corto plazo	Institutos de investigación, universidades, empresa privada, CORPAMAG y apoyo de actores sociales
	3. Caracterizar biológica y ecológicamente las especies de importancia comercial, ecológica y amenazadas de los ecosistemas arrecifales y de pastos marinos con el fin de establecer y aplicar indicadores de presión estado y respuesta para generar alertas tempranas.	Hacer monitoreo ecológico sistemático de las comunidades de peces, macroinvertebrados móviles, organismos bentónicos y las variables ambientales para aplicar indicadores de estado presión y respuesta.	Corto plazo	Institutos de investigación, universidades, empresa privada, actores sociales de pescadores, autoridades ambientales
		Evaluar la biología y ecología de las poblaciones de especies de importancia comercial, ecológica y amenazadas.	Mediano plazo	Institutos de investigación, universidades, empresa privada
		Investigar la correlación entre las comunidades biológicas y especies con los aspectos abióticos de los ecosistemas.	Mediano plazo	Institutos de investigación, universidades, empresa privada
	4. Comprender los procesos de reabastecimiento del arrecife (reclutamiento, desarrollo, sucesión)	Ejecutar proyectos de investigación sobre el reclutamiento y sucesión de las comunidades y especies prioritarias en los ecosistemas.	Mediano-largo plazo	Institutos de investigación, empresa privada, universidades

Línea de Acción 1 - Investigación y monitoreo: consolidación de información biológica, ecológica, ambiental y geográfica				
Objetivo estratégico	Objetivo específico	Metas	Prioridad	Responsables
2. Evaluar la importancia de los servicios ecosistémicos que prestan los ecosistemas arrecifales y de pastos marinos de la jurisdicción de CORPAMAG	1. Establecer las tendencias de aprovisionamiento de los principales servicios ecosistémicos que los arrecifes y pastos marinos están prestando a la comunidad	Identificar y cuantificar participativamente los servicios ecosistémicos y las tendencias de aprovisionamiento a través de ejercicios de talleres, monitoreo y encuestas.	Corto plazo	Institutos de investigación, universidades, empresa privada, actores sociales, autoridades ambientales
		Evaluar el servicio de aprovisionamiento pesquero y el efecto de la actividad pesquera en las formaciones coralinas y pastos mediante el estudio de la pesca artesanal en dichas áreas.	Corto plazo	Institutos de investigación, empresa privada, actores sociales de pescadores, autoridades ambientales
		Valorar el uso de tipo recreativo, turístico y comercial de las formaciones coralinas y pastos marinos.	Mediano plazo	Autoridades ambientales, actores sociales, empresa privada, empresas turísticas, comerciantes
3. Publicar y divulgar los resultados de las investigaciones	1. Ejecutar actividades y material divulgativo para los diferentes actores.	Hacer publicaciones científicas, institucionales, talleres y seminarios para presentar los resultados del estado de los ecosistemas y su biodiversidad.	Corto plazo	Institutos de investigación, universidades, empresa privada, actores sociales, autoridades ambientales

Tabla 4.9.2 Línea de acción identificación y evaluación de amenazas.

Línea de Acción 2 – Identificación y evaluación de amenazas				
Objetivo estratégico	Objetivo específico	Metas	Prioridad	Responsables
1. Identificar las amenazas directas e indirectas de los arrecifes coralinos y pastos marinos en la jurisdicción de	1. Identificar preliminarmente las amenazas potenciales, directas e indirectas sobre los arrecifes y pastos marinos	Ejecutar evaluaciones para obtener información primaria y secundaria para identificar las amenazas de los ecosistemas	Corto plazo	Autoridades ambientales, institutos de investigación, empresa privada

Línea de Acción 2 – Identificación y evaluación de amenazas				
Objetivo estratégico	Objetivo específico	Metas	Prioridad	Responsables
CORPAMAG y sus efectos sobre estos		arrecifales y de pastos marinos		
	2. Caracterización de la calidad del agua, sedimentos y evaluación de cumplimiento de los parámetros establecidos por la norma colombiana con el fin de evaluar el efecto de estos sobre los ecosistemas	Cuantificar las variables de calidad de agua y los sedimentos especialmente en áreas críticas como desembocadura de ríos, puertos, muelles, marinas, sector hotelero y en los ecosistemas de interés	Corto plazo	Institutos de investigación, empresa privada, universidades, autoridades ambientales
	3. Evaluar el impacto de la pesca en las poblaciones de peces, invertebrados y el componente bentónico de los arrecifes y pastos marinos	Estudiar la capacidad de la flota pesquera, la dinámica, biodiversidad e impacto de la pesca artesanal en el área de influencia de las formaciones coralinas y pastos marinos.	Corto plazo	Institutos de investigación, empresa privada, universidades, autoridades ambientales
	4. Evaluar el impacto de la actividad turística sobre los arrecifes y pastos marinos	Determinar la capacidad de carga de los ecosistemas para el turismo, así como las características de esta actividad, la utilización e impacto sobre los ecosistemas.	Corto-mediano plazo	Institutos de investigación, empresa privada, actores sociales, autoridades ambientales
	5. Evaluar el impacto de la sedimentación sobre los arrecifes y pastos marinos	Determinar la tasa de sedimentación, su relación con la cobertura de bosques en las cuencas y su impacto sobre la estructura de la comunidad biológica durante las diferentes épocas climáticas en los arrecifes y pastos	Mediano plazo	Institutos de investigación, empresa privada, universidades, gremio hotelero y turístico, autoridades ambientales
	6. Evaluar el impacto del desarrollo portuario y costero sobre los ecosistemas	Hacer monitoreo de los impactos potenciales de las actividades de desarrollo costero, con énfasis en puertos	Corto-mediano plazo	Autoridades ambientales, institutos de investigación, empresa

Línea de Acción 2 – Identificación y evaluación de amenazas				
Objetivo estratégico	Objetivo específico	Metas	Prioridad	Responsables
	arrecifales y de pastos marinos	y marinas sobre la estructura y diversidad de las formaciones coralinas y pastos		privada, universidades

Tabla 4.9.3 Línea de acción de mitigación de amenazas.

Línea de Acción 3 - Mitigación de amenazas				
Objetivo estratégico	Objetivo específico	Metas	Prioridad	Responsables
1. Mitigar los efectos de la contaminación en las formaciones coralinas y praderas de pastos	1. Implementar estrategias que permitan disminuir el efecto de los diferentes tipos de contaminantes provenientes de fuentes variadas en el ecosistema marino.	Diseñar e implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales que respondan a las necesidades de los municipios costeros del área de estudio	Corto plazo	Autoridades ambientales, gremios hoteleros y turísticos, empresa privada
		Ejecutar acciones de prevención, control y vigilancia del manejo de calidad de agua y residuos en puertos, marinas, principales sectores turísticos y de grandes construcciones.	Corto plazo	Autoridades ambientales
		Aumentar la cobertura de redes de acueducto y alcantarillado en las zonas rurales y urbanas de los municipios costeros	Mediano-largo plazo	Autoridades ambientales, entes territoriales
2. Implementar medidas de prevención y mitigación de las actividades pesqueras y turísticas que causan disminución de los recursos hidrobiológicos	1. Diseñar y ejecutar estrategias que permitan realizar un aprovechamiento sostenible del recurso hidrobiológico y aumentar las acciones de prevención, control y vigilancia	Crear un distrito de manejo integrado o zona de manejo especial marino-costera con el establecimiento de zonas de exclusión pesquera y turística en áreas con presencia de formaciones coralinas y pastos marinos.	Corto plazo	Autoridades ambientales, empresa privada, institutos de investigación, universidades, actores sociales
		Identificar y delimitar zonas de	Corto plazo	Autoridades ambientales,

Línea de Acción 3 - Mitigación de amenazas				
Objetivo estratégico	Objetivo específico	Metas	Prioridad	Responsables
		fondeo sin utilización de anclas para prevenir el daño al componente bentónico		empresa privada, institutos de investigación, universidades, actores sociales
		Construir e implementar un plan de ordenamiento pesquero con enfoque ecosistémico y de co-manejo para las formaciones coralinas y pastos de la región de Santa Marta	Corto plazo	Autoridades ambientales, organismos de control
		Prohibir el empleo de artes de pesca de alto impacto en los arrecifes y pastos como las redes (chinchorro, agallera, boliche), arpón y dinamita.	Corto plazo	Autoridades ambientales, organismos de control
	2. Desarrollar alternativas productivas sostenibles dirigidas a la comunidad de pescadores. Las alternativas deberán priorizarse y ajustarse a las necesidades y particularidades de cada comunidad o grupo de pescadores	Implementar arrecifes artificiales multipropósito para protección de formaciones coralinas y pastos, conservación de la diversidad, actividades de turismo y educación, y para incrementar la productividad biológica.	Corto plazo	Autoridades ambientales, entes territoriales, actores sociales,
		Promover las actividades de acuicultura de pequeña y mediana escala de especies nativas y de importancia comercial como alternativa para disminuir la presión directa sobre el recurso pesquero.	Corto-mediano plazo	Autoridades ambientales, actores sociales

Línea de Acción 3 - Mitigación de amenazas				
Objetivo estratégico	Objetivo específico	Metas	Prioridad	Responsables
		Fomentar el procesamiento de productos pesqueros bajo esquemas de certificación que garanticen cadenas productivas sostenibles	Mediano plazo	Autoridades ambientales, actores sociales
		Establecer negocios verdes en turismo pesquero responsable como una alternativa económica para las comunidades	Mediano plazo	Autoridades ambientales, actores sociales
		Generar acciones y acuerdos de conservación por medio de incentivos económicos para la conservación de las formaciones coralinas, pastos marinos, especies amenazadas y de importancia ecológica.	Largo plazo	Autoridades, ambientales, actores sociales, institutos de investigación, empresa privada, gremio turístico y hotelero
3. Mitigar los impactos generados por la actividad turística irresponsable	1. Regular la actividad turística de alto impacto sobre los arrecifes y pastos marinos	Crear la normativa para el uso de las formaciones coralinas y pastos de la región de Santa Marta.	Corto plazo	Autoridades, ambientales, actores sociales, institutos de investigación, empresa privada, gremio turístico y hotelero
		Controlar, vigilar y sancionar el cumplimiento de la capacidad de carga de visitantes a las áreas de influencia de las formaciones coralinas y pastos marinos.	Corto plazo	Autoridades, ambientales, actores sociales, institutos de investigación, empresa privada, gremio turístico y hotelero
		Implementar un programa de educación	Corto plazo	Autoridades, ambientales, actores

Línea de Acción 3 - Mitigación de amenazas				
Objetivo estratégico	Objetivo específico	Metas	Prioridad	Responsables
		ambiental sobre diversidad, amenazas, impactos y manejo de los ecosistemas para todos los usuarios (i.e., pescadores, turistas, centros de buceo)		sociales, institutos de investigación, empresa privada, gremio turístico y hotelero
		Establecer jornadas de limpieza submarina cada dos semanas que involucren a los usuarios del sector turístico con incentivos para su participación	Corto plazo	Autoridades, ambientales, actores sociales, institutos de investigación, empresa privada, gremio turístico y hotelero
4. Sedimentación	1. Diseñar estrategias para disminuir la sedimentación	Reforestar, rehabilitar y recuperar las cuencas con especies vegetales nativas que eviten la erosión y arrastre de sedimentos	Mediano-Largo plazo	Autoridades, ambientales, actores sociales, institutos de investigación, empresa privada
		Implementar hábitats artificiales para bioremediación de áreas con sedimentación.	Corto plazo	Autoridades, ambientales, actores sociales, institutos de investigación, empresa privada
5. Posicionar a los requerimientos de conservación y manejo de los ecosistemas en portafolios de compensaciones para orientar las medidas de	1. Diseñar e implementar un portafolio de compensaciones por pérdida de biodiversidad en formaciones coralinas y pastos en la jurisdicción de CORPAMAG	Formular el portafolio de compensaciones para obras de desarrollo costero	Corto-mediano plazo	Autoridades, ambientales, entidades territoriales, institutos de investigación, empresa privada

Línea de Acción 3 - Mitigación de amenazas				
Objetivo estratégico	Objetivo específico	Metas	Prioridad	Responsables
manejo y conservación dentro de las actividades desarrolladas en proyectos económicos regionales (desarrollo costero, agroindustrias, urbanos, etc)		Instaurar convenios con la empresa privada a través de fondos de compensación o inversión voluntaria para desarrollar investigación de calidad sobre los arrecifes del Magdalena	Mediano plazo	Autoridades, ambientales, entidades territoriales, institutos de investigación, empresa privada
	2. Desarrollar acciones concretas de restauración, rehabilitación y recuperación de los ecosistemas arrecifales y de pastos marinos	Hacer repoblamiento de especies de importancia ecológica y pesquera como la langosta, el mero y las chernas, el cangrejo moro, entre otros con el empleo de hábitats artificiales.	Corto, mediano y largo plazo	Actores sociales, autoridades ambientales, empresa privada, institutos de investigación
		Evaluar el potencial de realizar cultivos de especies de corales con buen crecimiento asexual o por fragmentación, con el fin de contribuir a la rehabilitación arrecifal	Largo plazo	Autoridades ambientales, actores sociales, institutos de investigación, empresa privada
		Implementar arrecifes artificiales multipropósito para restauración de formaciones coralinas y pastos	Corto plazo	Autoridades ambientales, Institutos de investigación, empresa privada, actores sociales

Tabla 4.9.4 Línea de acción divulgación de conocimiento.

Línea de Acción 4 - Divulgación de conocimiento				
Objetivo Estratégico	Objetivo específico	Acciones	Prioridad	Responsables
1. Desarrollar estrategias participativas para la divulgación del conocimiento	1. Diseñar estrategias de comunicación que involucren a todo público a nivel local	Divulgar guías impresas con información sobre la distribución y diversidad de las	Corto y mediano plazo	Autoridades ambientales, entes territoriales, empresa

Línea de Acción 4 - Divulgación de conocimiento				
Objetivo Estratégico	Objetivo específico	Acciones	Prioridad	Responsables
sobre las formaciones coralinas y pastos de la jurisdicción de CORPAMAG	y regional en pro de la conservación de estos ecosistemas arrecifales	formaciones coralinas y pastos en la jurisdicción de CORPAMAG		privada, institutos de investigación
		Establecer vayas informativas en áreas de aglomeración de turistas (marina, muelles, malecón) con información sobre la distribución y diversidad de las formaciones coralinas y pastos en la jurisdicción de CORPAMAG	Corto plazo	Gremio turístico, autoridades ambientales, entes territoriales, empresa privada, institutos de investigación
		Hacer presentaciones institucionales y comunitarias para la presentación de los resultados de las investigaciones.	Corto plazo	Autoridades ambientales, entes territoriales, empresa privada, institutos de investigación
2. Hacer publicaciones científicas e institucionales	1. Publicar los resultados de las evaluaciones de las formaciones coralinas y pastos	Someter artículos en revistas indexadas nacionales o internacionales	Corto plazo	Autoridades ambientales, empresa privada, institutos de investigación

Tabla 4.9.5 Línea de acción de capacitación, educación y participación

Línea de Acción 5 - Capacitación, educación y participación				
Objetivo estratégico	Objetivo específico	Metas	Prioridad	Responsables
1. Fortalecer el conocimiento en ecosistemas marinos y costeros en centros educativos	1. Fortalecer los grupos de investigación dentro de las instituciones educativas gubernamentales que se enfoquen en la temática de los arrecifes del Magdalena	Ejecutar investigaciones sobre biología, ecología y diversidad de comunidades y especies en ecosistemas marinos y costeros	Corto plazo	Entes territoriales, Institutos educativos
	2. Diseñar un plan de educación ambiental a nivel	Implementación de las temáticas de estado y	Largo plazo	Entes territoriales,

Línea de Acción 5 - Capacitación, educación y participación				
Objetivo estratégico	Objetivo específico	Metas	Prioridad	Responsables
	escolar sobre distribución, diversidad y estado de los ecosistemas marinos y costeros del departamento	conservación de los arrecifes en los colegios a nivel departamental		Institutos educativos
2. Generar programas de capacitación ambiental para fortalecer procesos participativos con actores clave	1. Capacitación a las comunidades locales en monitoreo participativo de la diversidad	Fortalecer la investigación participativa y monitoreos continuos que aseguren la constante generación de conocimiento, divulgación y apropiación por parte de las comunidades locales	Corto y mediano plazo	Autoridades ambientales, empresa privada, institutos de investigación, actores sociales
	2. Entrenar, capacitar y certificar guías turísticos en biodiversidad y buenas prácticas ambientales para la difusión del conocimiento	Crear el equipo de guías turísticos y guardianes ambientales de las formaciones coralinas y pastos de jurisdicción de CORPAMAG.	Corto y mediano plazo	Autoridades ambientales, empresa privada, institutos de investigación, actores sociales, gremio turístico

5. DISCUSIÓN

La importancia de los arrecifes coralinos y praderas de fanerógamas es reconocida a nivel mundial por su belleza estética y por la capacidad de albergar, alimentar y proteger a una gran diversidad de organismos que habitan allí, así como a las poblaciones humanas que de ellos dependen para obtener su sustento. Es inminente conservar y restaurar estos ecosistemas que se encuentran en estados vulnerables a causa de los impactos a los que han estado sometidos. Lo anterior no sólo por los estresantes de orden natural como el calentamiento global y el aumento de la temperatura del mar, sino en mayor medida por aquellos relacionados con los efectos antrópicos.

Las poblaciones del Caribe al ser una región del planeta en vía de desarrollo sin una adecuada planificación, han generado un fuerte impacto resultado de las diferentes actividades del desarrollo costero. Entre estas la degradación de ecosistemas, contaminación, sobreexplotación pesquera, eutrofización del agua e incremento de la sedimentación. De esta manera se ocasionan cambios estructurales en los distintos componentes de los ecosistemas como la transformación a arrecifes con mayor presencia de algas, baja cobertura coralina, reducción en extensión de las praderas, pérdida de productividad y biodiversidad, así como de especies depredadoras, de importancia ecológica y reducción en las tallas.

La región de Santa Marta en el Magdalena por contener algunos de los relictos de formaciones coralinas y pastos que aún sobreviven en el departamento, debe considerar seriamente una propuesta para el monitoreo, conservación, protección, manejo y control de estos ecosistemas. De su estabilidad ecológica depende un sinnúmero de servicios que presta a la sociedad y que son esenciales para la economía local como el aprovisionamiento pesquero y el turismo.

5.1 CONOCIMIENTO DE LOS ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS EN EL MAGDALENA

La larga historia de trabajos ejecutados en los arrecifes coralinos del departamento del Magdalena se ha enfocado principalmente al Parque Nacional Natural Tayrona (revisar **sección 4.1**) y a la bahía de Santa Marta. Como era de esperarse, las áreas con menor extensión de este ecosistema han recibido menos atención como es el caso de la bahía de Taganga, bahía de Gaira y el golfo de Salamanca, en donde se ubica la bahía de Pozos Colorados. Con los resultados registrados en esta investigación se actualiza la información correspondiente a este ecosistema y se pone al descubierto la necesidad de ampliar el alcance de los trabajos por los vacíos de información que aún existen, en cuanto al área de estos ecosistemas y a la diversidad de algunos grupos biológicos. En este estudio se reportan una serie de formaciones (revisar **sección 4.2**) que pasaron desapercibidas desde hace décadas en las zonas previamente mencionadas, localizadas en el radio de acción inmediato de universidades e institutos de investigación que operan en el departamento.

De otra parte, los sectores después del límite oriental del Parque Nacional Natural Tayrona en la desembocadura del río Piedras y hasta la frontera con el departamento de La Guajira en la desembocadura del río Palomino no han sido explorados nunca. Por conocimiento tradicional de las comunidades de pescadores se sabe de la presencia de formaciones arrecifales en diferentes áreas como lo Naranjos, MendiHuaca, Buritaca y en proximidades con Palomino, los que deben ser evaluados en futuros esfuerzos de investigación.

Con respecto a la información de diversidad en las formaciones coralinas del área de jurisdicción de CORPAMAG en el Magdalena, esta se ha dirigido principalmente a la ecología del componente bentónico, enfocado a los corales, algas y en menor medida a las esponjas (revisar **sección 4.1.1.1**). Extrañamente el estudio de la dinámica de la comunidad de peces arrecifales ha sido limitado a pesar de la importancia económica y ecológica de este grupo. Además, este es uno de los principales componentes que se evalúa en los arrecifes de coral de todo el mundo. Otros grupos que en términos generales han recibido escasa atención

fueron la mayoría de invertebrados sésiles (hidroides, octocorales, briozoos, ascidias) y completamente obviados fueron los macroinvertebrados móviles y vágiles, organismos indicadores de la calidad ambiental y de gran importancia en la red trófica de estos ecosistemas.

En cuanto a los pastos marinos la situación es alarmante pues este ecosistema ha sido completamente relegado de los estudios de diversidad en el país y son contadas las iniciativas para su evaluación. El Magdalena no es la excepción y los pocos estudios se han ejecutado en el parque, por lo que el conocimiento de su dinámica ecológica y estado ambiental es mínimo en otros sectores del departamento.

En definitiva, esta revisión bibliográfica revela la distribución espacial y el enfoque de los estudios que se han elaborado desde la década del 70 en estos ecosistemas. A pesar de ser una de las áreas geográficas del Caribe colombiano con mayor esfuerzo de investigación, es evidente que existen vacíos de información en diversos aspectos. Por ejemplo la cartografía de estos ecosistemas en diferentes sectores del departamento, la dinámica ecológica de la comunidad de peces ha sido escasamente abordada, la diversidad de grupos de invertebrados de menor interés, así como el impacto de diferentes actividades de origen antrópico como la actividad pesquera, turismo y calidad del agua. Es necesario continuar con los esfuerzos de evaluación en el departamento para conocer la verdadera extensión, diversidad, dinámica ecológica e impactos para entender los procesos de conectividad y así implementar estrategias adecuadas para la conservación y manejo de los recursos naturales.

5.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS

En el departamento del Magdalena las formaciones arrecifales tienen su mayor distribución y representatividad en el AMP del PNNT y en el Banco de las Ánimas. La extensión total de las áreas coralinas estimada para el parque, incluidos los sectores entre Taganga y Gaira fue de 9.3 km², mientras que para las Ánimas fue 70.5 km². De esta extensión el área ocupada por formaciones coralinas recientes fue de 6.7

km² y 7.6 km² respectivamente (Díaz et al 2000). A pesar de la consistente historia de estudios ejecutados en el Magdalena desde la década de 1970, ninguno de estos abordó una evaluación de la distribución y extensión de este ecosistema afuera del AMP, por lo cual no hay referencia de la superficie previamente ocupada por este ecosistema.

En el presente estudio, el área estimada de formaciones coralinas para la jurisdicción de CORPAMAG en la bahía de Taganga, bahía de Gaira y bahía de Pozos Colorados reveló un incremento de 27.55 ha (0.27 km²) del área de formaciones arrecifales para el Magdalena con respecto al total referenciado por Díaz et al (2000), lo que está fundamentado en el reporte de formaciones coralinas no descritas anticipadamente.

Por ejemplo, en la bahía de Taganga entre la playa de Sisiguaca y Monoguaca, y desde Punta Petaca hasta después de Punta Varadero se estimaron cerca de 11.65 ha (0.11 km²) de arrecife. En la bahía de Gaira y sector de Inca Inca desde el costado oriental del Acuario y hasta Punta Cabeza de Negro, y en el sector de Puerto Luz se registraron aproximadamente 6.18 ha (0.06 km²). Estas formaciones corresponden a las típicas presentes de esta área que se establecen en los acantilados rocosos formados por las estribaciones de la SNSM en forma de arrecifes y tapetes coralinos franjeantes, además de algunos parches (Díaz et al 2000).

Para la bahía de Pozos Colorados en el sector del aeropuerto desde Punta Brava hasta Punta Cabeza de Zorra se encontró un aproximado de 9.72 ha (0.09 km²) de parches arrecifales y algunos segmentos de barrera. En esta zona las formaciones difieren del esquema típico descrito previamente, pues las estribaciones de la SNSM no se adentran directamente en el mar y junto a la franja costera se encuentran abanicos aluviales de pendiente mínima (Idárraga-García et al 2011). Para este sector se había referenciado un arrecife fósil por parte de von Erffa y Geister (1976) y más recientemente Ramírez-Calle y Valencia-Rodríguez (2005) evaluaron el litoral rocoso, e hicieron mención a la presencia de fondos rocosos pero sin una estimación de su extensión y distribución.

Estos nuevos registros eran de esperarse teniendo en cuenta que en el trabajo de Díaz et al (2000) la escala empleada fue de 1:100000 y la metodología consistió

en revisión de información bibliográfica y el análisis de imágenes satelitales con la respectiva verificación en campo únicamente en las zonas de mayor representatividad de formaciones arrecifales. En el presente estudio se hicieron prospecciones batimétricas con sonda multi-haz sobre transectos separados cada 25-30 metros y los modelos de profundidad se visualizaron a escala 1:5000, lo que permitió obtener un mayor detalle de la geomorfología del fondo como se puede apreciar en los perfiles y modelos batimétricos de la sección de resultados.

La presencia de estas formaciones no descritas previamente está en línea con recientes hallazgos en diferentes áreas del Caribe colombiano. Por ejemplo, en el golfo de Morrosquillo se registraron una serie de arrecifes coralinos en zonas previamente identificadas como praderas de pastos marinos (MoAm 2013) y López-Victoria et al (2015) referenciaron la presencia de un arrecife de gran desarrollo bajo condiciones ambientales sub-óptimas en una de las bocas de la bahía de Cartagena conocido como Varadero. Más recientemente, este arrecife fue caracterizado ecológicamente por Pizarro et al (2017).

Con respecto a los pastos marinos, las prospecciones realizadas permitieron constatar la reducción en la extensión de este ecosistema para la jurisdicción de CORPAMAG. Los pastos se distribuyeron en parches discretos en la bahía de Taganga, Santa Marta y Gaira. Según Díaz et al (2003) el área del Santa Marta tenía una extensión aproximada de 29 ha con la mayoría de estos en la bahía de Santa Marta desde las inmediaciones con el puerto hasta cercanías de la desembocadura del río Manzanares. El total reportado en este trabajo dista de ser alentador para el futuro de los pastos en la jurisdicción del Magdalena, pues solo se encontró una extensión de 0.327 ha. Esto es posible debido a las presiones antrópicas como las obras costeras que se han ejecutado desde ese entonces, las que se consideran uno de los principales impactos en los pastos. Además, el empobrecimiento de la calidad del agua a través del incremento de nutrientes, aguas servidas industriales y domésticas, contaminación y sedimentación cuyo efecto también degrada a las praderas. El efecto de estos factores fue reportado para la bahía de Cartagena con una pérdida casi total de este ecosistema (Díaz y Gómez 2003), así como en otros lugares del Caribe y el mundo (Díaz et al 2003; Ralph et al 2006; Govers et al 2014; Suykerbuyk et al 2016).

Uno de los impactos que probablemente tuvo mayor consecuencia en la reducción de cobertura de pastos en el Magdalena fue la marina internacional que se construyó en la bahía de Santa Marta. En ese sector existía una extensión aproximada de ocho hectáreas de acuerdo a los cálculos realizados con base en el trabajo de Díaz et al (2003). Actualmente en la bahía solo hay tres parches de pastos que en total suman 0.07 ha. Es necesario entonces implementar alternativas para salvaguardar los relictos de praderas que aún permanecen en todas las bahías por fuera del parque. Esto con el propósito de al menos mantener parte de la conectividad que generan con otros ecosistemas y los servicios ecosistémicos que proporcionan como la estabilización del sustrato, erosión costera y hábitat nodriza para una considerable diversidad de especies asociadas.

En suma, los resultados de estas prospecciones demuestran la importancia de emplear herramientas acústicas asociadas a sistemas de información geográfica para la caracterización de ecosistemas marinos a una escala más detallada. Este tipo de prospecciones debe extenderse a lo largo de toda la costa del departamento, para tener una fotografía real de la distribución y características de los ecosistemas o hábitats que están presentes en la jurisdicción de la corporación.

5.3 ESTADO ACTUAL DE LA COMUNIDAD DE PECES EN LAS FORMACIONES CORALINAS

Los peces son componentes esenciales de las comunidades arrecifales con incidencia en la transferencia de energía y materia entre los diferentes grupos biológicos presentes en el ecosistema, y además modifican la estructura de la comunidad béntica. Estos organismos históricamente han sido fuente alimenticia para las comunidades del Caribe que emplean los arrecifes como subsistencia a través del servicio ecosistémico de aprovisionamiento pesquero, y también de los beneficios relacionados con el ecoturismo. No obstante, la sobrepesca y la sobreexplotación del recurso en estos ecosistemas, conforman uno de los principales impactos sobre la salud arrecifal, funcionalidad y productividad (Bellwood y Wainwright 2004; Hawkins y Roberts 2004; Nagelkerken 2009; Burke et al 2011).

El conocimiento de la diversidad y dinámica ecológica de los peces arrecifales es determinante para valorar su estado y definir medidas de manejo para su protección y conservación. A pesar de que la región de Santa Marta es una de las más ampliamente evaluadas en el Caribe colombiano y la ictiofauna ha sido de gran interés para investigadores de las diferentes instituciones del país, paradójicamente el estudio de su dinámica ecológica ha sido limitado a unos cuantos estudios, y principalmente enfocado al AMP del PNNT.

Para el área del Magdalena comprendida entre El Rodadero y Guachaquita, Acero y Garzón (1987) indicaron la presencia de al menos 372 peces relacionados con fondos duros o formaciones coralinas, los que fueron registrados con una variedad de técnicas. Más recientemente y por medio de censos visuales, Cuadrado-González (2002) reportaron 129 especies en diferentes estaciones de Isla Aguja en el PNNT, mientras que Grijalba-Bendeck et al (2004) para Isla Pelicano con datos registrados en 1995 encontraron 109 especies. Por su parte Reyes-Nivia et al (2004) reportaron 149 peces para la bahía de Chengue y Olaya-Herrera (2006) observó 180 desde El Rodadero hasta Cinto, y solo para el área entre Taganga y El Rodadero encontró 131.

La riqueza de especies del presente estudio (137) se encuentra dentro de los ámbitos para esta región del Caribe, así como las familias con mayor riqueza y especies más abundantes. Estos resultados sugieren que los ensamblajes ícticos han mantenido una estructura similar en el tiempo, aparentemente con un alto grado de resiliencia a las continuas presiones a los que están sometidos. La capacidad de adaptación y respuesta de los peces ante diversas perturbaciones, diferentes escalas y hasta cierto nivel (e.g., tormentas, sobrepesca, pérdida de coral vivo, reducción de la complejidad estructural) ha sido observada en arrecifes coralinos de diferentes partes del mundo (Halford et al 2004; Wilson et al 2006; Holbrook et al 2014). Esos impactos posiblemente se reflejen en la abundancia y biomasa de las especies, esta última directamente relacionada con la talla de los mismos. Lamentablemente, la estimación de biomasa a partir de información de censos visuales no se ha ejecutado en los estudios colombianos y debido a que se han empleado diferentes metodologías de censos, las comparaciones de abundancia son difíciles de interpretar. No obstante, los impactos son evidentes en la baja

cantidad y talla reducida de especies especialistas, carnívoras y depredadoras en los arrecifes como es el caso de los meros (Serranidae) y pargos (Lutjanidae) principalmente, además de roncós (Haemulidae) y cojinúas, medregales, jureles (Carangidae) . Eso es un indicador de la salud del ecosistema y su ausencia revela los posibles efectos de la pesca y la degradación del hábitat en procesos biológicos como la reproducción, reclutamiento y desarrollo de las especies en los arrecifes. El efecto sobre los especialistas ha sido registrado en otros arrecifes del Caribe y el mundo (Alvárez-Filip et al 2015; Boaden y Kinsford 2015). Estos resultados están en línea con los reportados por Olaya-Herrera et al (2008) quienes encontraron baja abundancia de estas especies en las formaciones del Magdalena atribuido a la degradación del hábitat y sobrepesca.

Las especies más abundantes en este estudio y en trabajos previos han sido aquellas de baja importancia comercial, además de tener requerimientos en el uso del hábitat y los recursos alimenticios que no se ven afectados por la degradación específica de los corales, como es el caso de las damiselas y castañetas (Pomacentridae), loros y doncellas (Labridae) y cirujanos (Acanthuridae) (Cuadrado-González 2002; Grijalba-Bendeck et al 2004; Olaya-Herrera et al 2008). Esto refuerza la idea del impacto de la actividad pesquera y degradación del hábitat en estos ecosistemas, ya que las especies poco valoradas y en algunos casos generalistas se han mantenido en el tiempo, como también fue observado en otros estudios del Caribe (Alvárez-Filip et al 2015; Boaden y Kinsford 2015)

Es de anotar que uno de los factores que tienen gran incidencia en la diversidad de peces arrecifales es la complejidad estructural (Delgadillo-Garzón y Zapata-Ramírez 2009; Newman et al 2015). En este estudio se valoró en términos de rugosidad, así como con la cobertura del componente bentónico. Estas variables en términos generales se han mantenido estables en el tiempo (ver componente bentónico en la **sección 4.5.1, 4.5.2, 4.5.4** de resultados y **sección 5.5.2** de discusión). Además, las formaciones coralinas de la región de Santa Marta se desarrollan principalmente sobre las estribaciones de la SNSM que entran al mar (Díaz et al 2000). La complejidad de estas formaciones no se ve afectada directamente por las perturbaciones ambientales, debido a que la arquitectura y heterogeneidad depende tanto de la formación rocosa como de la composición

de la comunidad coralina. Por consiguiente, la degradación del componente bentónico no afecta a todos los peces pues algunos no dependen directamente de las especies coralinas y por el contrario tienen mayor asociación con el sustrato que provee la formación rocosa como tal. Esto sustenta la noción de una estructura comunitaria de peces relativamente persistente en el tiempo, aunque con signos de afectación como se mencionó en párrafos previos.

En comparación con el trabajo de Olaya-Herrera (2006), la riqueza por estaciones presentó valores superiores (entre 67 y 84 especies) a los de esta investigación (entre 55 y 71 especies, sin tener en cuenta Pozos Colorados). Esto responde principalmente al mayor esfuerzo de muestreo en dicho estudio, factor que es ampliamente conocido por tener efectos en las variables biológicas.

La biomasa estimada en esta investigación (luego de hacer una conversión en unidad y área), osciló entre 0.51 y 130.9 g*m⁻² por estación. Estos valores se encuentran en el ámbito inferior de los reportes para diferentes arrecifes coralinos del Gran Caribe (i.e., cayos de la Florida en USA, barrera mesoamericana en México y Belice, Cuba y Jamaica) con valores entre 14 y 593 g*m⁻² (Newman et al 2006). En dichos países los arrecifes coralinos son de gran desarrollo y los valores más altos fueron encontrados en AMP de más de 100 km² y 10 años de creación. Esto es muy diferente a la situación ecosistémica y de manejo en la región de Santa Marta, por lo cual las diferencias en biomasa eran de esperarse. Hasta donde es de nuestro conocimiento, el presente estudio es uno de los primeros trabajos que hace estimación de biomasa a partir de la longitud de peces en los censos visuales. Esta variable es de gran relevancia para el entendimiento de la dinámica ecológica de los arrecifes coralinos, en cuanto que muestra otra perspectiva de la dominancia de especies y los posibles factores que operan en el ecosistema, como es el caso de la sobreexplotación pesquera lo que se refleja en las tallas y asimismo en la biomasa.

A nivel de estaciones evaluadas, la mayor riqueza se encontró principalmente en aquellas ubicadas en los extremos de las bahías o cerca de estos, como fue el caso de Punta Gaira, Punta Venado y Punta Varadero. Este patrón posiblemente responde a una mayor dinámica oceanográfica, especialmente la incidencia de las corrientes en estos puntos con respecto a los demás y que probablemente

permita un flujo más continuo de especies, así como de nutrientes, especialmente para la estación de Punta Varadero que se encuentra cercana al área del emisario submarino (Hamner et al 1988; Floeter et al 2007). Asimismo, en estas estaciones se estimó una mayor diversidad de los organismos bentónicos a nivel de componentes secundarios (i.e., corales, octocorales, esponjas), lo que también favorece a la variedad de especies por efecto de la complejidad estructural (Glenn 2004; Mellin et al 2006; Delgadillo-Garzón y Zapata-Ramírez 2009). Las diferencias en riqueza de estas estaciones con las ubicadas dentro de las bahías fueron corroboradas por los análisis estadísticos.

En cuanto a la abundancia la tendencia fue variable y también presentó una aparente relación con la localización de las estaciones. Las diferencias estuvieron mediadas principalmente por la presencia de grandes cardúmenes de algunas especies planctívoras como las castañetas *Chromis cyanea*, *Chromis insolata* y *Chromis multilineata* probablemente favorecidas por la disponibilidad de alimento en las formaciones coralinas expuestas como Bajo Inca Inca, Isla Pelicano Sur y Punta Venado con respecto a las demás. Esta dinámica también ha sido registrada en otros arrecifes del Caribe y el mundo con la mayor abundancia en las zonas menos resguardadas (Gust et al 2001; Delgadillo-Garzón y Zapata-Ramírez 2009). Lamentablemente, debido a que no existen valores históricos de abundancia en escalas comparables para los arrecifes del Magdalena, la tendencia de esta variable en el tiempo es difícil de entender. Sin embargo, es posible que siga el patrón de descenso registrado en el Gran Caribe por Paddack et al (2009), quienes aseguran que los peces ya están respondiendo negativamente a la degradación del ecosistema. Esto se hace más evidente por la escasa presencia de peces de gran talla, lo que también fue la regla en el Magdalena y probablemente sea un reflejo del impacto de varios factores antrópicos en la región, como la sobrepesca y sobreexplotación, y empleo de artes destructivos como la dinamita y las redes.

La biomasa por su parte presentó un patrón inverso, con los valores más altos principalmente en algunas de las estaciones protegidas como Isla Pelicano Norte, Playa Vaca Oriental y Occidental. Las especies que dominaron en biomasa tuvieron mayor asociación al sustrato como *Acanthurus chirurgus*, *A. coeruleus*, *Kyphosus* sp. y *Mulloidichthys martinicus*. Ello posiblemente por la mayor

disponibilidad de alimento. En estas estaciones se encontró la cobertura más elevada de algas (**sección 4.5.1**), así como diversidad y en algunas abundancia de organismos bentónicos (**sección 4.4.1**) quienes son ítems alimenticios claves para estas especies (Choat et al 1991; Jones et al 1991). La ausencia casi completa de especies de gran tamaño en los arrecifes, en concordancia con los bajos valores de biomasa referidos en párrafos previos, robustece la idea de una comunidad de peces con tendencia al descenso, aunque estable en cuanto a su riqueza.

Con los descriptores ecológicos se evidenció lo representado para las variables previas por la relación entre la riqueza y abundancia. Así pues, se destacaron Punta Varadero y Punta Gaira porque presentaron mayor riqueza y una distribución más homogénea de la abundancia, en posible concordancia con su localización en sectores de flujo alto a moderado de agua, heterogeneidad del sustrato bentónico y nutrientes. Esto aparentemente facilita el establecimiento y presencia de una mayor variedad de peces. Esa dinámica de las variables biológicas y descriptores se vio reflejada en la distribución espacial de la comunidad de peces a través del MDS. En este se percibió como el ensamblaje guarda similitudes entre algunas estaciones de los sectores (Taganga y Gaira) posiblemente por características compartidas de otras variables biológicas (e.g., cobertura del componente béntico, presencia de macroinvertebrados) y físicas del arrecife (e.g., exposición, tipo de formación, profundidad, inclinación). De otra parte, la cercanía espacial y posibles particularidades ambientales entre estaciones, así como los efectos antropogénicos localizados, mantuvo unidas ciertas estaciones en sus respectivos sectores.

En conclusión, las comunidades de peces en las formaciones coralinas de la región de Santa Marta aún conservan características descritas en años previos, pero con un posible descenso en su abundancia y biomasa por los impactos antropogénicos, especialmente de las especies de importancia comercial y con cierto grado de especialización en el uso de los recursos. La presencia de especies amenazadas y de importancia ecológica, además de los beneficios de estas asociaciones en términos de servicios de aprovisionamiento pesquero y turismo de naturaleza, obligan a tomar medidas de manejo drásticas con el objetivo de

mantener su integridad y buscar la restauración para su conservación en el futuro inmediato.

5.4 ESTADO ACTUAL DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS MÓVILES EN LAS FORMACIONES CORALINAS

Las asociaciones de macroinvertebrados móviles están conformadas por organismos de diversas formas, comportamientos, requerimientos ecológicos y estrategias de vida. Por ello cumplen variadas funciones en el ambiente como bioindicadores de contaminación, estrés ambiental y se consideran eslabones de gran importancia en la red trófica (Hawkins et al 1994; Oehlmann y Schulte-Oehlmann 2003; Wildsmith et al 2011). Realizar un seguimiento a este grupo tan amplio que permita elucidar su dinámica y funcionamiento en los arrecifes es relevante, en especial cuando en la literatura de estos ambientes existe un vacío tan amplio de información al respecto.

En el período evaluado se observó un número considerable de especies asociadas a las formaciones arrecifales (34: 16 equinodermos, 11 artrópodos, 6 moluscos y 1 anélido), a pesar del evidente deterioro del ecosistema. Esto es posible ya que la estructura bentónica y coralina favorece en mayor proporción la diversidad de invertebrados por el refugio y los microhabitats que brindan. Por esta razón, después de un evento de mortalidad coralina el arrecife continúa aportando los servicios de hábitat para las especies durante un tiempo por su capacidad resiliente. Esto sólo es válido en el corto plazo, pues con el tiempo la pérdida de cobertura coralina disminuye las funciones ecológicas que cumple el ecosistema y conllevan a una degradación absoluta del mismo (Nelson et al 2016).

En este escenario, la riqueza en la región de Santa Marta fue menor a la reportada por Vega-Sequeda et al (2015) en los arrecifes de la Reserva de la Biosfera Seaflower con un total de 47 especies (19 equinodermos, 18 moluscos y 10 artrópodos). Esto era de esperarse dada la diversidad y mejor condición ambiental en esa región del Caribe. En cambio fue superior a los 14 taxones que registró López (2009) en el litoral rocoso del Cove en San Andrés. En el área del Magdalena esta riqueza es muy similar a los reportes en arrecifes artificiales de la bahía de Pozos

Colorados con 32 especies en seis estructuras (MoAm 2014) y posteriormente 36 en 12 arrecifes (MoAm 2017). Esta semejanza numérica entre estudios de Santa Marta y en menor medida con San Andrés puede estar relacionada con la cantidad de especies susceptibles de observar de macroinvertebrados móviles en el ambiente arrecifal o la capacidad del sistema de albergar cierto número de especies de acuerdo a las condiciones ambientales preponderantes.

Como referencia de otros ambientes arrecifales en diferentes países y regiones, a continuación se presentan los datos de riqueza que varían de acuerdo al esfuerzo y tipo de muestreo (i.e., visual), así como a la extensión de las áreas evaluadas, pero que dan una idea general de los ensamblajes en este tipo de ecosistemas. Tal es el caso de Edgar (2004) en los arrecifes de las Islas de Galápagos (Ecuador) en donde registró un total de 47 especies, Ramírez-Ortíz (2017) 55 especies a lo largo del Pacífico oriental desde Loreto en México hasta las Islas Galápagos en Ecuador y Cárdenas-Calle (2018) 21 en la reserva marina de El Pelado, también en Ecuador.

Es evidente la cercanía de la riqueza en términos generales de todos los estudios, en línea con lo explicado en los párrafos precedentes. De otra parte, es de resaltar la variación en la importancia de los diferentes phyla (i.e., arthropoda, mollusca, echinodermata, annelida) en los trabajos, como posible respuesta a las particularidades del ecosistema y en especial a la heterogeneidad del ambiente bentónico, uno de los principales factores que determina a la comunidad de macroinvertebrados (González-Medina et al 2006; López-Uriarte et al 2009).

En este orden de ideas, es importante aclarar que la dinámica de las comunidades de macroinvertebrados móviles es muy variable y está mediada por la cercanía a la fuente de larvas planctónicas, la cantidad y disponibilidad de refugio y alimento, el sustrato bentónico adecuado para las especies, así como de la comunidad de peces que tiene un impacto sobre estos organismos a través de la depredación (Jones et al 1991).

En la región de Santa Marta, la riqueza y abundancia de especies tuvo promedios muy similares entre sectores (Taganga y Gaira) y estaciones, con diferencias estadísticas entre sitios de muestreo a nivel de abundancia. No obstante, los descriptores ecológicos si fueron diferentes tanto numérica como

estadísticamente. Esto propablemente es respuesta a ciertas características ambientales propias del componente bentónico en cada estación (e.g., cobertura de algas, corales, esponjas), la abundancia de peces invertívoros, así como al grado de presión antrópica al que están sometidas (i.e., pesca, nutrientes, sedimentos) como se ha referido en los demás componentes biológicos. Para estos organismos en especial la pesca de arrastre (con chinchorro) y con dinamita, tiene efectos directos en las comunidades bentónicas por mortalidad de los organismos y destrucción del hábitat (Pérez-Fierro 2011). Los organismos estructurantes del fondo (i.e., corales, octocorales, esponjas) se convierten en cascajo o fragmentos y no son aptos para estos invertebrados móviles debido a la dependencia directa con la complejidad del sustrato bentónico en términos de disponibilidad, arquitectura y heterogeneidad. Ello afecta su persistencia y coexistencia (Jones et al 1991; Sebens 1991; Bowden et al 2002; Kostylev et al 2005; López-Uriarte et al 2009).

En términos de la diversidad el phylum Echinodermata (i.e., erizos, estrellas, pepinos) fue el más representativo con 16 especies y 205.2 individuos seguido por Arthropoda (i.e., cangrejos, camarones, langostas) con 11 especies y 637.7 individuos. Esto difiere a lo que comúnmente se ha reportado en estas comunidades en las que los artrópodos, principalmente los crustáceos decápodos son los más conspicuos y de mayor diversidad en los arrecifes (González-Medina et al 2006; López-Uriarte et al 2009; Kramer et al 2014). Ello puede estar relacionado con la pesca dirigida que han recibido los crustáceos por su alto valor económico en términos alimenticios, así como ornamentales, aunque esta última no tan difundida en Colombia (Ardila et al 2002). De otra parte, los equinodermos se caracterizan por presentar grandes variaciones en su densidad tanto en incrementos explosivos como en reducciones drásticas (Uthicke et al 2009). Es posible que esta particularidad del grupo sea responsable de los resultados encontrados aquí.

Más allá de las razones ecológicas o antrópicas que ocasionan la variación en las proporciones de los diferentes phyla, se debe entender que los erizos y los pepinos de mar son responsables de la producción de sedimentos en los fondos marinos, y los primeros son algunos de los principales consumidores de algas. De

esta manera contribuyen en la salud arrecifal y en los flujos de energía en la zona bentónica, por lo cual son organismos fundamentales para el equilibrio de estos ecosistemas (Hendler et al 1995; McClanahan et al 1996; Edmunds y Carpenter 2001; Gagnon et al 2003; Mamelona y Pelletier 2005). Actualmente son muy vulnerables ante la pesca dirigida, en especial los pepinos de mar, que son extraídos en abundancia y vendidos a costos irrisorios, principalmente a industrias asiáticas que consumen este tipo de organismos y los comercializan a precios muy altos. Esta problemática debe ser abordada por las autoridades ambientales pues pone en riesgo el equilibrio de los ecosistemas arrecifales y no deja ningún beneficio económico a las poblaciones locales.

Por su importancia ecológica en el arrecife como los principales consumidores de algas, plantas marinas y detritos orgánicos (Celaya-Hernandez et al 2008), es de destacar la alta abundancia del erizo de espinas largas *Diadema antillarum*, correspondiente con otros estudios en los que fue el más abundante (Ortega et al 2009), a pesar de la mortandad masiva que sufrió durante 1983-1984 en todo el Caribe (Hunte et al 1986; Jackson et al 2014). Estos erizos se encuentran en estos ambientes asociados a las grietas y huecos de los sustratos rocosos, y dada su amplia distribución son los más abundantes. Es evidente que las poblaciones de esta especie reportada en Libro Rojo se han recuperado en los arrecifes del Magdalena, lo que se debe monitorear para conocer los posibles impactos positivos que puedan generar en el ecosistema al controlar la presencia de algas.

Es de destacar la presencia de dos especies amenazadas, la langosta espinosa *Panulirus argus* en Calderón Sur y el cangrejo moro *Carpilius corallinus* en Isla Pelicano Norte, ambos en la bahía de Gaira. Ello sugiere que en estas estaciones los arrecifes aún pueden brindar condiciones favorables que estos organismos necesitan para sobrevivir y mantenerse como el hábitat proporcionado por la cobertura coralina y el alimento. También hace un llamado de alerta debido a su ausencia en las demás estaciones, pues indican el efecto del deterioro y las amenazas que impiden que estos se encuentren allí. Por esta razón es necesario proteger las estaciones en las que se reportan dichas especies, así como es de suma importancia que se mitiguen los impactos que las afectan, como en este caso la pesca dirigida.

Finalmente, a nivel de la comunidad de macroinvertebrados móviles, como se mencionó previamente existen algunas diferencias entre estaciones y sectores, principalmente a nivel de abundancia y descriptores ecológicos, lo que no se percibió claramente en el análisis de distribución espacial, pues las estaciones no se segregaron claramente por sector. Esto es posible debido a la semejanza general de la comunidad con las mismas especies abundantes y frecuentes en todas las estaciones, en conjunto con el impacto generalizado de origen antrópico que opera en toda el área de estudio. Esto se refleja especialmente en que las especies más abundantes tienden a ser las más tolerantes a condiciones no óptimas como alta sedimentación y nutrientes, y por eso los patrones de distribución no fueron claros. Sin embargo, la relativa alta riqueza de especies y la presencia de algunas amenazadas, sugiere que aunque estos ecosistemas están sometidos a un constante impacto antrópico, todavía tienen capacidad de resiliencia que debe ser aprovechada con iniciativas de protección, conservación y manejo sostenible evitando así que continúe su degradación y pérdida de valor ecológico.

5.5 ESTADO ACTUAL DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA EN LAS FORMACIONES CORALINAS

5.5.1 Categorías principales de cobertura en las formaciones coralinas

En las formaciones coralinas del área de jurisdicción de CORPAMAG, los valores de cobertura de las categorías principales algas (55.8 %), el sustrato inerte (16.5 %), y los corales duros (11 %) estuvieron dentro de los ámbitos reportados por estudios anteriores en los mismos sectores (Zea 1993 a b, 1994; Garzón-Ferreira y Díaz 2003; Caro-Zambrano 2003; Martínez y Acosta 2005; Vega-Sequeda et al 2008; Acevedo-Valencia 2010).

En estos trabajos las algas se mantienen como la categoría más conspicua del sustrato y su cobertura osciló entre 46 y 68.3 % (Zea 1993 a b; 1994; Garzón-Ferreira y Díaz 2003; Caro-Zambrano 2003; Martínez y Acosta 2005; Vega-Sequeda et al 2008; Acevedo-Valencia 2010). La alta cobertura de algas es correspondiente

con la tendencia registrada en los arrecifes del Magdalena y otras áreas del Caribe. Este es el resultado del impacto de diversas presiones principalmente antrópicas, en las que se reconoce al aumento de la sedimentación ocasionado por la cercanía a los centros poblados y la desembocadura de ríos como una de las principales. Esto favorece el crecimiento de algas y esponjas con capacidad para aprovechar mejor la materia orgánica en zonas con aumento de la turbidez (Werding y Sánchez 1989; Zea 1994; Garzón-Ferreira y Díaz 2003; Martínez y Acosta 2005). Asimismo se relaciona con los efectos del incremento generalizado de la temperatura, la pérdida de coral vivo y la consecuente colonización por parte de las algas, así como los valores reducidos en las poblaciones de herbívoros, lo que es típico en los arrecifes del Caribe (Mora 2008; Jackson et al 2014). Esta categoría solo tuvo diferencias entre estaciones a nivel de profundidad, concomitante con los efectos de la iluminación, y la cantidad de sedimentos generados por la inclinación del sustrato en el desarrollo de estas especies como fue observado por Zea (1993 a).

El sustrato inerte en el área de Santa Marta tuvo valores entre 25-28 % (Caro-Zambrano 2003), 40-60 % (Martínez y Acosta 2005), 0.9-24.5 % (Vega-Sequeda et al 2008), y 25-36 % (Acevedo-Valencia 2010). En este estudio fue de 16.5 %. En general se percibe una variación constante de esta categoría durante los diferentes años, como posible respuesta a la dinámica estructural del sustrato bentónico durante las épocas climáticas y por los cambios en las variables ambientales. Por ejemplo, el aumento de los nutrientes debido a la surgencia favorece el crecimiento de algas en este sustrato inerte, luego disminuye drásticamente en la época lluviosa y deja un sustrato libre que permite el asentamiento de organismos como esponjas y otros invertebrados sésiles (Zea 1993 a, 1994). La menor cobertura de esta categoría actualmente puede ser indicio de procesos de colonización y sucesión de organismos que favorecen la diversidad en las formaciones coralinas. No obstante, estas diferencias también pueden responder a variaciones en el tipo de muestreo por profundidad, localización específica o área abarcada en las estaciones de muestreo (Werding y Sánchez 1989; Martínez y Acosta 2005). Similar a las algas, las diferencias del sustrato abiótico por profundidad respondieron a la misma dinámica

de factores ambientales y geomorfología en el desarrollo de las especies de algas, corales y esponjas que son aptas para colonizar estos sustratos (Zea 1993 a)

En cuanto a la cobertura coralina el valor promedio registrado aquí (11 %) estuvo dentro de los datos de estudios precedentes con 10-17.5 % (Mejía y Garzón-Ferreira 2003; Caro-Zambrano 2003), 15-20 % (Martínez y Acosta 2005), 4 – 27.5 % (Vega-Sequeda et al 2008) y 21.5 % (Acevedo-Valencia 2010). Esta cobertura aunque se ha mantenido relativamente estable, se encuentra en el ámbito inferior de lo reportado históricamente, indicio de una posible tendencia al descenso durante los últimos años o también a una tasa de recuperación baja. Este patrón se ha vinculado con varios factores en especial el incremento en la población humana y las presiones asociadas como el consumo de recursos, contaminación y degradación del hábitat (Mora 2008; Jackson et al 2014). De otra parte, se sabe que el aumento de las aguas servidas por el desarrollo costero es particularmente letal para los corales (Mora 2008) y Santa Marta en los últimos años ha experimentado un crecimiento pronunciado tanto de sus residentes como del sector turístico. Ello puede estar relacionado con los valores registrados aquí. Los análisis estadísticos no encontraron diferencias por estación, sector y profundidad, lo que sugiere una comunidad bentónica relativamente estable a nivel espacial debido a las mismas condiciones ambientales imperantes, así como con un posible efecto generalizado de las presiones antropogénicas mediado por la proximidad entre las áreas.

Es de mencionar que en el área de Santa Marta hay un escaso desarrollo coralino debido a: 1) la geomorfología de las estribaciones de la SNSM. Esta crea pendientes abruptas y ausencia de un fondo apropiado para el desarrollo de los corales (Werding y Sánchez 1989; Díaz et al 2000; Garzón-Ferreira y Díaz 2003; Martínez y Acosta 2005), y 2) como se mencionó previamente, las condiciones sub-óptimas como la sedimentación y aguas servidas debido a la cercanía de la ciudad y desembocadura de ríos (Werding y Sánchez 1989; Garzon-Ferreira y Díaz 2003; Martínez y Acosta 2005).

Para el Caribe en general se estima una media de coral vivo del 14.3 % (Jackson et al 2014), así que la situación en el Magdalena no es diferente a lo que sucede en toda la región. Sin embargo, debido a que los remanentes de las

formaciones coralinas en el departamento además del PNNT se encuentran en la región de Santa Marta, se requiere iniciar esfuerzos inmediatos para manejar estos ecosistemas de manera sostenible en pro de su restauración.

En comparación con el AMP del PNNT cuyos valores históricos de coral vivo oscilan entre 20 y 50 % (Díaz et al 2000; Martínez y Acosta 2005; Vega-Sequeda et al 2008; Acevedo-Valencia 2010), lo registrado en este estudio es la mitad del ámbito inferior en el parque. Las diferencias son evidentes y responden principalmente a las características del Tayrona que cuenta con algunas bahías someras y protegidas con mayor espacio en el fondo que ha permitido el desarrollo de arrecifes franjeantes muy cercanos a la costa. Aunque son rudimentarios y de poca profundidad, poseen una mayor cobertura y diversidad puesto que las condiciones del mar son más favorables, están a mayor distancia de la sedimentación y contaminación proveniente de las descargas continentales de los ríos y dado que es un área protegida, reciben menos exposición de amenazas antrópicas (Díaz et al 2000; Garzón-Ferrera y Díaz 2003; Martínez y Acosta 2005; Vega-Sequeda et al 2008; Acevedo-Valencia 2010).

La cobertura media de octocorales fue de 7.5 %, mayor a lo reportado por Caro-Zambrano (2003) con 0.3 % y Vega-Sequeda et al (2008) de 0.9 %, y similar a Acevedo-Valencia (2010) con 6.9 %. Esta variación en las coberturas se puede atribuir a factores como la localización y profundidad de las estaciones. Su distribución se limita por condiciones como la disponibilidad de sustrato duro para fijación y crecimiento, así como a la cantidad de luz para la alimentación de aquellas especies zooxanteladas (Botero 1987; Sánchez y Dueñas 2012). Se ha concluido que debido a su tipo de crecimiento, algunas especies soportan mejor las zonas expuestas de los arrecifes, con mayores corrientes y agitación por exposición al oleaje, y en zonas de menor luminosidad compiten fuertemente con los corales hermatípicos y suelen verse menos afectados por la sedimentación (Botero 1987; Sánchez et al 1997; Sánchez y Dueñas 2012). Por ejemplo, en esta evaluación se incluyeron dos sitios de muestreo con una exposición fuerte al oleaje en las que se registró la cobertura más alta entre 11.2 % (Calderón Sur) y 28.2 % (Punta Venado), en contraste con las zonas protegidas con valores nulos. Los gorgonáceos son componentes esenciales de los arrecifes debido a sus diferentes

formas de crecimiento que contribuyen a la estructuración, tridimensionalidad y complejidad del arrecife, de manera que proporcionan hábitat para una gran diversidad de especies (Sánchez y Dueñas 2012).

La presencia de esponjas con coberturas entre 5 y 10 % estuvieron dentro de los porcentajes típicos para la región de Santa Marta (Zea 1994, Caro-Zambrano 2003, Vega-Sequeda et al 2008). Estos organismos son elementos conspicuos de los arrecifes de Santa Marta y su presencia depende en parte de la baja cobertura coralina en la región (Zea 1993 a). Los resultados aluden a una estabilidad para este grupo de invertebrados en el tiempo, en concordancia con las condiciones ambientales imperantes como sedimentación, turbulencia, polución y baja iluminación que las favorecen. Las esponjas son importantes en los arrecifes como consolidadoras del sustrato para los procesos de sucesión, además brindan estructura y alimento para peces y otros organismos como productores primarios y nitrificadoras (Zea 1994; Díaz y Rutzler 2001). Las diferencias registradas a nivel de estaciones responden principalmente a circunstancias que promovieron su desarrollo como la baja cobertura coralina y mayor sedimentación, como se percibió principalmente en Punta Gaira.

Para las categorías principales de cobertura la variación espacial registrada tanto en las pruebas univariadas como multivariadas a través del MDS, sugiere que entre los sectores de la Bahía de Gaira y Bahía de Taganga existen ciertas particularidades ambientales que revelan, a través de las categorías principales de cobertura sus diferencias. Por ejemplo en Taganga tiende a existir mayor cobertura de sustrato inerte y octocorales, mientras que en Gaira sobresalen corales, esponjas y otros grupos. Esa distribución puede tener relación con factores como el grado de exposición al oleaje para los octocorales e impacto de la pesca de arrastre en Taganga (sustrato inerte), en comparación con Gaira que está relativamente más protegida lo que favorece a los corales y al asentamiento de otros grupos, incluidas las esponjas. Las algas tuvieron niveles similares en todas las estaciones, conforme con el impacto generalizado de las descargas continentales en ambas bahías y su cercanía a centros poblados.

5.5.2 Componentes secundarios de cobertura en las formaciones coralinas

En los arrecifes se registró un total de 69 componentes secundarios, con valores por estación entre 30 y 42. Estos datos en general se ajustan a lo registrado históricamente en la región de Santa Marta, con variaciones dadas por la época climática, profundidad, sitio de muestreo específico y detalle en la identificación del componente (Botero 1987; Zea 1993 a; Caro-Zambrano 2003; Martínez y Acosta 2005; Vega-Sequeda et al 2008; Acevedo-Valencia 2010). También es comparable con otras áreas del Caribe colombiano (Zapata-Ramírez 2005).

En cuanto a la discriminación del componente algal, se encontró que el tapete de algas fue el de mayor cobertura superando a las algas frondosas (macroalgas) y a las costrosas. Esto mismo se ha reportado en otros estudios (Caro-Zambrano 2003; Vega-Sequeda et al 2008) y se ha descrito que dichos tapetes predominan sobre otros grupos ya que son más tolerantes a condiciones ambientales poco óptimas (i.e., sedimentación, turbidez, nutrientes), mientras que las macroalgas no sobreviven de la misma manera (Mejía y Garzón-Ferreira 2003). Esto es diferente a la tendencia típica encontrada en ambientes menos degradados como el PNNT en donde las coberturas de tapetes algales son más bajas y aumenta la cobertura de algas frondosas y costrosas (Vega-Sequeda et al 2008), y en algunos casos las frondosas llegan a dominar (Acevedo-Valencia 2010). Esto fundamenta que los arrecifes de la región de Santa Marta se encuentran en una fase de dominio por algas producto de los impactos previamente mencionados. Este patrón se ha observado en distintos lugares del Caribe desde la muerte masiva de corales del genero *Acropora* sp. que ocurrió en los 80 y la pérdida drástica de las poblaciones del erizo *Diadema antillarum*, principal controlador de las poblaciones de algas (Littler y Littler 1984; Aronson y Precht 2001; McManus y Polsenberg 2004).

Los ambientes dominados por algas indican que los factores estresantes se han mantenido presentes por un tiempo prolongado. Estos tapetes inhiben la recolonización por parte de las plánulas de coral y evitan así que las especies coralinas se recuperen o crezcan en cobertura, a diferencia de aquellos con

presencia de algas costrosas, las cuales promueven y ayudan a la recolonización del sustrato por parte de dichas plánulas (McManus y Polsenberg 2004). Lo anterior permite deducir que todas las estaciones reciben un impacto generalizado y similar de estos estresores a juzgar por los valores similares de tapete de algas, a excepción de Punta Venado cuya cobertura fue menor (26 %) y en cambio tuvo más algas costrosas (22 %). Ello alude a que dicha estación se encuentra en mejores condiciones, posiblemente por su ubicación en el extremo nor-occidental de Taganga, el que recibe mayor impacto del oleaje y movimiento del agua, así como su cercanía al PNNT y el efecto de amortiguación que este puede ejercer en la estructura bentónica.

Dentro de la categoría principal sustrato inerte, el cascajo fue aquel de mayor cobertura en el presente estudio, diferente a lo registrado en otras investigaciones en las que comunmente se reporta más porcentaje de arena (Caro-Zambrano 2003; Vega-Sequeda et al 2008). Esto puede ser indicador de una alta degradación y fragmentación de corales que ahora están muertos, en concordancia con la reducción de su cobertura descrita previamente aquí. Por lo demás, esa aparente degradación no se ve compensada por la colonización del cascajo por algas costrosas, que al crear grandes superficies duras permiten el posterior establecimiento de corales y de esta manera el ambiente degradado se puede recuperar (Rowlands 2013).

En cuanto a los octocorales se registró un total de 9 especies, un valor muy inferior a lo reportado por Botero (1987) con 21 en la bahía de Santa Marta. Cabe resaltar la diferencia en el esfuerzo de muestreo puesto que Botero (1987) realizó su estudio entre los 0.5 m y 50 m, en los que evaluó estaciones de 450 m², muy por encima de ejecutado aquí. Además el estudio de Botero (1987) se enfocó exclusivamente a esos organismos. La especie con mayor cobertura en este estudio fue *Erythropodium caribaeorum*, seguido por el género *Plexaurella* sp. Esto coincide con lo reportado en algunas localidades con arrecifes de parche en el Caribe como en Jamaica y Florida, en donde *E. caribaeorum* es la especie de octocoral dominante y tiene como característica la facilidad de desarrollarse en sustratos inestables (Fenical y Pawlik 1991). De otra parte, las especies del complejo *Plexaura-Pseudoplexaura-Plexaurella* suelen ser componentes clave en las comunidades de

octocorales, y se encuentran en diferentes tipos de ambientes, ya sea a poca profundidad con buen oleaje y menor pendiente, como a mayor profundidad e inclinación del fondo. Esto se debe a la plasticidad fenotípica que pueden presentar en general los octocorales, lo que les permite adaptarse a distintas condiciones. Este complejo de especies se ha denominado como versátil y generalista, pues tiene la capacidad de adaptarse y estar presente en diversos ambientes (Sánchez et al 1997).

Adicionalmente es importante mencionar que tras el evento de mortalidad masiva de *Gorgonia ventalina* en la década de los noventa (Garzón Ferreira y Zea 1992), las poblaciones de este octocoral han estado en proceso de recuperación en Santa Marta (Manrique et al 2006). En el presente estudio, a pesar de encontrarse en los muestreos de cobertura solo para Punta Varadero y Punta Venado, su presencia también fue registrada en las estaciones de Calderón, Isla Pelicano Sur y Playa Vaca Oriental. Ello demuestra su resistencia a diversas condiciones sobre todo de alto oleaje, turbulencia y corrientes. Se destaca como una de las pocas especies en profundidades menores a cuatro metros (Botero 1987; Sanchez y Zea 1997). Es de destacar aquí el registro de numerosos reclutas a escasa profundidad en las estaciones de Calderón y Punta Varadero (obs. pers.).

La zonación y composición de las comunidades de octocorales está determinada por la disponibilidad de sustrato duro, la intensidad lumínica, la agitación por batimiento de olas y una pendiente arrecifal con tendencia a ser entre plana a levemente inclinada. En este caso Punta Venado y Calderón Sur reúnen las condiciones que propician el crecimiento de octocorales y en menor medida Punta Varadero y Punta Gaira, mientras que en Playa Vaca Oriental e Isla Pelicano Sur no se encontró crecimiento de estos.

El componente de esponjas estuvo dominado por la especie *Clathria venosa*, *Aplysina cauliformis*, *Verongula rigida* y *Scopalina ruetzleri*. Esto es similar a Zea (1993 a, 1994) y Aers y van Soest (1997) quienes reportan algunas de estas especies entre las más comunes. Lo anterior sugiere que la estructura de esponjas es similar en las zonas aledañas de la región y se ha mantenido a través de los años. Las esponjas desplazan a los corales en la competencia por espacio cuando las condiciones de sedimentación, aumento de nutrientes y materia orgánica

ascienden, y asimismo tienen ventaja sobre las algas cuando la turbidez incrementa notablemente (Zea 1994; Díaz y Rutzler 2001). Por ello es posible encontrar una mayor cobertura y diversidad de esponjas en Punta Gaira e Isla Pelicano Sur, puesto que tienen mas exposición a estas condiciones.

Finalmente, en el componente coralino se reportaron un total de 28 especies, valor que superó a Caro-Zambrano (2003) con 17 y Castro-Sanguino (2003) con 24 pues estos autores solo trabajaron en la bahía de Santa Marta. Por el contrario fue ligeramente inferior a Vega-Sequeda et al (2008) con 33 y Acevedo-Valencia (2010) con 30 quienes incluyeron al PNNT cuyas características para el desarrollo de coral son más propicias que en Santa Marta. Estos datos indican cierta estabilidad en la riqueza de corales, algunas de cuyas especies son resilientes y se han adaptado a este tipo de ambientes con estrés continuo de sedimentación y altos nutrientes (Erftemeijer et al 2012). Además es conocido que la composición de estos invertebrados en el área de Santa Marta está determinada en cierta medida por la surgencia, la cual debido a su carácter estacional, permite el establecimiento de distintas especies con requerimientos de temperatura distintos. Como resultado de esta variación, las especies no suelen tener un gran desarrollo pues este fenómeno trae consigo un aumento de nutrientes y un descenso en la temperatura que limita las condiciones óptimas del crecimiento de algunas especies de corales (Werding y Sánchez 1989; Díaz et al 2000; Garzón-Ferreira y Díaz 2003).

En comparación con otras áreas coralinas de Colombia, evidentemente los datos de la región de Santa Marta son los más bajos. Ello responde a la extensión de estos ecosistemas y las condiciones ideales en la mayoría de estos como es el caso de las Islas del Rosario (53 especies), San Bernardo (49), Providencia (49) y San Andrés (41).

En cuanto a las especies registradas en el estudio, la mayor cobertura fue de *Colpophyllia natans*, seguida por *Madracis auretenra*, *Montastraea cavernosa*, y *Pseudodiploria strigosa*. Esto corrobora lo que se ha descrito para Santa Marta como una zona con formaciones coralinas de tipo franjeante que se constituyen por corales masivos hemisféricos de gran tamaño como los previamente mencionadas (Díaz et al 2000). Mayores coberturas de *C. natans* también han sido reportadas en otros estudios en el sector aledaño a Playa Blanca e Isla Pelicano en

El Rodadero (Vega-Sequeda et al 2008; Acevedo-Valencia 2010). Sin embargo, otros reportes establecen la presencia, prevalencia y dominancia de *M. cavernosa* en el sector (Antonius 1972; Martínez y Acosta 2005; Díaz et al 2000; Castro-Sanguino 2003; Caro-Zambrano 2003). Esta especie se encontró dentro de las de mayor cobertura pero no fue predominante en el presente estudio, lo que puede ser consecuencia de las diferencias en zonas de muestreo o los cambios en el tiempo en la estructura de la comunidad coralina, como lo expuso Acosta (1989) y Martínez y Acosta (2005) quienes ya indicaban pérdida coralina y una disminución de *M. cavernosa* ante las condiciones estresantes, a pesar de ser tolerante a la sedimentación.

Por su parte, las especies *P. strigosa* y *Meandrina meandrites* también fueron registradas en este estudio con coberturas significativas; esto es semejante a lo reportado por Caro-Zambrano (2003), Castro-Sanguino (2003), Vega-Sequeda et al (2008), y Acevedo-Valencia (2010), quienes de igual manera reportaron que estas especies se encontraron de manera considerable en sus muestreos. Estos corales junto a *C. natans* y *M. cavernosa* son catalogados como tolerantes a condiciones de estrés y particularmente eficaces en la limpieza de sedimentos a través de movimientos tentaculares y producción de mucus (Acosta 1989; Erftemeijer et al 2012), con la capacidad para mantenerse en este tipo de ambientes perturbados constantemente.

Adicional a esto, es importante resaltar la presencia de especies como *Porites porites* en Punta Venado y Playa Vaca Oriental, *Eusmilia fastigiata* en Punta Venado e Isla Pelicano, y *Stephanocoenia intercepta* en todas las estaciones a excepción de Punta Venado y Calderón Sur, puesto que actualmente son especies amenazadas y registrarlas en estas estaciones implica la necesidad de conservar y proteger estos sectores. Por otra parte, llama la atención el registro de una alta cobertura del coral *M. auretenra* (9.15 %) en la estación de Calderón Sur. Esta especie no había sido reportada por los estudios anteriores en dicha localidad y por ende, al encontrarse en esta área tan vulnerable ante la pesca de arrastre, dinamita y las actividades turísticas, se hace indispensable implementar medidas de manejo que aseguren su supervivencia. *M. auretenra* posee buenas cualidades de fragmentación, regeneración del tejido y baja susceptibilidad a enfermedades

(Bruno 1998), lo que le ha permitido desarrollarse en condiciones poco óptimas, pero que necesita protección para mantenerse.

En este orden de ideas y teniendo en cuenta lo anterior, es posible afirmar que a pesar de los pequeños cambios estructurales, la composición de las especies ha perdurado a través del tiempo, pues se reportan las mismas especies como las principales estructurantes de las formaciones coralinas. Esto implica que estas especies se han adaptado a estas condiciones estresantes, permitiendo su crecimiento y otorgando complejidad al arrecife, lo que ha garantizado que sustenten diversidad y pesquerías artesanales como rasgo de resiliencia ante todos estos impactos antrópicos. A raíz de esto es absolutamente necesario que las autoridades ambientales protejan estas zonas y empiecen a mitigar los impactos directos en torno a la pesquería, el sector turístico, la sobrepesca de especies herbívoras, la sedimentación y descargas continentales al mar.

Concomitante con el mantenimiento de estas especies estructurantes, el índice de rugosidad promedio fue de 1.8, por lo que no se evidencia un cambio con respecto al valor reportado por Vega-Sequeda et al (2008) de 1.8 y sugiere que estas formaciones presentan una complejidad media-alta, al estar cerca del límite superior del ámbito registrado para el Gran Caribe 1.1-2.1 (CARICOMP 1997). Lo anterior puede ser debido al desarrollo geológico de la zona y no necesariamente a estructuras coralinas complejas. Esto es porque la complejidad estructural se ha relacionado con una baja cobertura de algas, lo que implica un factor alto de herbivoría diferente a lo registrado aquí. De igual forma se ha vinculado positivamente con la presencia de coral vivo, corales ramificados y otras especies ramificadas, los cuales brindan tridimensionalidad a los arrecifes y refugio a diversas especies (Graham y Nash 2013). Ello indica que las formaciones aquí estudiadas no presentan una gran complejidad estructural puesto que la cobertura algal es alta y la mayoría de las especies de corales hermatípicos son de formas masivas en domo o platos, mientras que las especies ramificadas que antes se consideraban las principales estructurantes (*Acropora spp*) no están presentes hoy en día como consecuencia de la muerte masiva ocurrida en la década de los 80 (Hughes 1994) y la constante degradación a la que están sometidos.

El valor de rugosidad es importante ya que puede indicar cambios estructurales en el arrecife causados por fuertes perturbaciones físicas, o un alto proceso bioerosionador de organismos como las algas y las esponjas cuando estas se encuentran en grandes proporciones (Hollock et al 1993; Aroson et al 1994; Ceccarelli 2001). En este sentido, es posible atribuir que el mayor valor de complejidad se haya encontrado en la estación de Playa Venado, en la que se reportó la mayor riqueza de especies estructurantes tanto en términos de corales hermatípicos como especies ramificadas de octocorales. La más baja fue en Punta Gaira, en la que hubo menor cobertura de corales hermatípicos, escasa presencia de octocorales y la mayor cobertura de esponjas, las cuales pueden estar ejerciendo procesos bioerosionadores que contribuyen a un valor bajo de rugosidad.

En cuanto a la distribución espacial en la cobertura de los componentes secundarios, en el MDS no se evidenció una clara segregación por sector y profundidad. Esto como posible respuesta a que las formaciones coralinas en general comparten unas condiciones ambientales similares en cuanto a geomorfología, variables oceanográficas y presiones antrópicas. No obstante, algunas estaciones que se segregaron presentaron ciertas particularidades que fueron evidentes dadas las diferencias encontradas con las pruebas estadísticas (i.e., ANOVA y Kruskal-Wallis). Por ejemplo, las variaciones de riqueza y cobertura de corales, y del componente secundario en términos de esponjas y octocorales, además de los descriptores ecológicos que pueden ser el reflejo de impactos diferenciales y específicos en cada estación, o características ecológicas puntuales.

Al integrar todo lo encontrado en estos arrecifes poco explorados y olvidados por la ciencia, es trascendental destacar la fortaleza de estas formaciones coralinas que han logrado adaptarse y ser resilientes durante décadas a las condiciones adversas que se presentan en estas bahías, dando como resultado estos ambientes que a pesar de su degradación y bajas coberturas coralinas, albergan una gran diversidad de especies asociadas y peces, que han permitido sustentar pesquerías artesanales y tienen un alto atractivo y uso de tipo turístico. Todas y cada una de las estaciones aquí estudiadas se encuentran bajo estos

impactos principalmente antrópicos, algunas más afectadas por las descargas continentales y otras por el sector turístico y la pesca de arrastre. Sin embargo, todos los impactos influyen en cierta medida en ambos sectores y afectan estos arrecifes, así como a las comunidades que de ellos derivan su sustento.

La presencia de esta diversidad de especies junto al registro de aquellas en estado de amenaza brinda un argumento más para hacer un llamado a las autoridades gubernamentales y municipales a mitigar los impactos que están causando el deterioro coralino, empezando por la creación de un sistema de acueducto, control a las grandes constructoras que vierten sus desechos al mar, así como la regulación y el control de las comunidades pesqueras y turísticas que afectan directamente a los arrecifes. Es necesario empezar a motivar e inculcar a nivel educativo en los colegios y a las comunidades que aprovechan estos recursos la importancia de la conservación y el uso sostenible de las especies por el bien del medio ambiente y de ellos mismos.

5.6 ESTADO ACTUAL DE LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS

La estructura de los parches de pastos marinos de las especies *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme* a pesar de la evidente reducción que han tenido en el tiempo (ver **sección 5.2**), mantienen características típicas reportadas para las praderas del Caribe colombiano por Díaz et al (2003). En concordancia con lo expuesto por estos autores quienes afirman que las praderas no tienen un patrón estructural característico por área geográfica.

Como evidencia de lo anterior las variables de la estructura oscilaron dentro de los ámbitos reportados para diferentes áreas. Los porcentajes de cobertura encontrados aquí fueron similares al promedio de 45 % para *T. testudinum* y 35 % para *S. filiforme* en fondos someros del Caribe (Díaz et al 2003) y en praderas de *Thalassia* en La Guajira con valores entre 50-31 % (Garzón-Urbina 2006).

La densidad de *T. testudinum* (258.3 – 437.5 vástagos*m²) se encontró dentro de los valores del PNNT (205-790 vástagos*m²) y la bahía de Cartagena (382 - 455 vástagos*m²), pero superior a lo reportado en La Guajira (228-292 vástagos*m²) (Díaz et al 2003; Díaz y Gómez 2003; Garzón-Urbina 2006). Igualmente, la biomasa

total de 1217-1504 $\text{gps}\cdot\text{m}^{-2}$ fue similar a los valores del Magdalena entre 260 – 5440 $\text{gps}\cdot\text{m}^{-2}$ (Díaz et al 2003) y superiores a los de La Guajira de 139 - 930 (Garzón-Urbina 2006). La situación para el largo (20.5 - 22 cm) y ancho (1.2 – 1.4 cm) de las hojas de *T. testudinum* siguió el patrón ya descrito de similaridad con otras zonas del Caribe, pero fue superior a la mayoría a excepción de La Guajira en donde el promedio de longitud fue de 27.7 cm, aunque el ancho promedio también fue menor (1.03 – 1.3 cm) (Castillo-Torres 2002; Díaz y Gómez 2003; Garzón-Urbina 2006). Finalmente, el área media folial entre 25.4 -31.8 cm^2 fue superior a Garzón-Urbina (2006) con 21 – 31.6 cm^2 en La Guajira y menor a Sierra-Rozo et al (2012) con 27.5 – 40.8 cm^2 en Providencia.

Estos datos son respuesta a la incidencia de factores como nutrientes, tipo de sedimentos y a las aguas servidas que afectan a los pastos en cada una de las localidades, pero cuyas diferencias en algunos casos son muy sutiles. Es posible que los fondos someros en sustratos de arena media como en la bahía de Santa Marta y Taganga favorecieran las variables pues los pastos tienden a desarrollarse mejor en estas condiciones. Esto es evidente cuando la resuspensión obliga a las plantas a crecer más para alcanzar los niveles de iluminación necesarios para la fotosíntesis o cuando los nutrientes promueven el crecimiento. Por esto es posible que las variables estructurales de los pastos del Magdalena estuvieran en el ámbito superior de lo que se conoce del Caribe colombiano, en concordancia con la idea de que características intermedias ambientales y del sedimento provocan estos resultados (Paynter et al 2001). No obstante, existe gran variación con respecto al efecto de las variables abióticas en los pastos y depende en gran medida de las características generales de los ecosistemas, presencia de herbívoros e impactos antrópicos (Díaz et al 2003; Krause-Jensen et al 2008; Olsen y Valiela 2010).

Con respecto a la especie *Syringodium filiforme* la biomasa reportada aquí (112.1 - 274.4 $\text{gps}\cdot\text{m}^{-2}$) fue considerablemente menor a lo encontrado por Sierra-Rozo et al (2012) en Providencia con valores de 547.5 – 2228 $\text{gps}\cdot\text{m}^{-2}$. Los altos valores en Providencia fueron atribuidos a la explosión en biomasa que surgió después de un huracán por la dispersión de semillas y fragmentos. Por lo demás, no existe información de referencia en el país que permita hacer comparaciones para

esta especie, por lo que estos datos representan una línea base para la evaluación de este tipo de praderas.

La diversidad de peces registrada en las fanerógamas es alta (55 especies) en comparación con los escasos estudios en Colombia al respecto. Por ejemplo, Ardila et al (1997) reportó 33 especies en pastos de Taganga, Montoya-Maya (2002) registró 55 peces en 55 praderas de todo el Caribe colombiano, y Rodríguez-Ramírez (2003) 34 en las Islas del Rosario. En comparación con el estudio de Acero (1980) en una pradera de la bahía de Neguanje en el PNNT rodeada por manglar y por formaciones coralinas en donde registró 105 especies, los resultados aquí son más bajos debido a la influencia de esos ecosistemas adyacentes en la diversidad de peces. Con los datos registrados en la actual investigación es evidente la gran riqueza íctica que aún albergan estos parches de pastos en el Magdalena, en especial cuando la mayoría de esta diversidad está conformada por individuos juveniles y algunas especies amenazadas (9 %). Esto es posible ya que las praderas funcionan como guarderías para los estadios de vida temprano de peces y conforman un eslabón en la conectividad entre los ecosistemas marinos y costeros.

Por el contrario, los macroinvertebrados móviles estuvieron escasamente representados (9 especies) y su valor fue notoriamente inferior a estudios de gran amplitud como el de Montoya-Maya (2002) en todo el Caribe quién encontró 149 de estos organismos móviles. Penagos et al (2003) en el golfo de Morrosquillo encontraron 36. Estos dos estudios emplearon metodología de colectas por lo que las diferencias son de esperarse. No obstante, con el estudio de Penagos et al (2003) cuya intensidad y alcance fue similar, las diferencias hacen referencia al posible estado ambiental de las praderas en Santa Marta (i.e., muy fragmentadas y reducidas), en comparación con Morrosquillo (i.e., continuas y extensas), factores que favorecen la disponibilidad de refugios y asimismo la diversidad (Jackson et al 2006). Como los macroinvertebrados son indicadores del estado ambiental de los ecosistemas (Hawkins et al 1994; Oehlmann y Schulte- Oehlmann 2003; Wildsmith et al 2011), su baja diversidad sugiere que las praderas no ofrecen las características adecuadas para el mantenimiento de una comunidad estable de estos organismos.

La riqueza de especies de peces fue similar entre las praderas, mientras que la abundancia fue superior en los parches de *Syringodium filiforme* en los que la

densidad de vástagos y biomasa fue menor. Esto es contradictorio pues se han registrado más peces e invertebrados en praderas más cerradas (i.e., mayor biomasa y densidad) y estructuralmente complejas que en su contraparte (Acosta et al 2007; Vonk et al 2010). No obstante, estos pastos se localizaron cercanos a formaciones coralinas (Inca Inca) y manglares (El Rodadero) por lo cual la diversidad de especies en dichos ecosistemas y su desplazamiento pudo favorecer los valores de abundancia en *S. filiforme* comparado con *T. testudinum*, similar a lo encontrado por Acero (1980).

En suma, este trabajo presenta por primera vez una descripción detallada del estado actual de la estructura y diversidad de los relictos de praderas de pastos que sobreviven en la región de Santa Marta. A pesar del evidente impacto al que han estado sometidas durante años, mantienen la estructura típica de las praderas en Colombia, con una alta diversidad, principalmente de peces. Su función como áreas nodriza para especies juveniles y su importancia en la conectividad de los ecosistemas, realzan la necesidad de implementar medidas de manejo inmediatas para su protección y restauración.

6. CONCLUSIONES

- Los arrecifes coralinos del departamento del Magdalena son algunas de las más ampliamente estudiadas históricamente en Colombia, pero paradójicamente no existe una batería de indicadores de presión, estado, respuesta y beneficio para monitorear el estado ambiental de este ecosistema estratégico.
- Se actualizó la cartografía de los ecosistemas con un incremento en la extensión de formaciones arrecifales en aproximadamente 27.55 ha (0.27 km²) y una reducción pronunciada en la presencia de praderas de pastos marinos.
- La diversidad de los arrecifes coralinos en sus diferentes componentes bióticos es alta, con presencia de especies amenazadas y se ha mantenido con el tiempo.
- La estructura de la comunidad biótica en los arrecifes en términos generales revela el impacto y estado de degradación del ecosistema principalmente por causas antrópicas, y requiere medidas de manejo inmediatas para su protección, conservación y restauración.
- La estructura de los pastos marinos mantiene el patrón típico del Caribe y su diversidad es alta en términos de peces. Sin embargo, la drástica reducción en la extensión de las praderas es un factor de riesgo inminente para este ecosistema y los servicios que ofrece.

7. RECOMENDACIONES

- Hacer exploraciones de los fondos someros y profundos en todo el departamento para conocer con exactitud la distribución, extensión y estado de los ecosistemas estratégicos en el Magdalena.
- Establecer un programa de monitoreo continuo de la estructura y diversidad de las formaciones coralinas y pastos en la región de Santa Marta en todos sus componentes.
- Crear una batería de indicadores con el propósito de conocer la tendencia de los ecosistemas y generar alertas tempranas de su estado ambiental.
- Implementar medidas inmediatas de manejo para la conservación, protección y restauración de las formaciones coralinas y pastos marinos en el departamento.
- Ejecutar una valoración científica y participativa de los servicios ecosistémicos que ofrecen las formaciones coralinas y praderas de pastos.

8. REFERENCIAS

- Acero A, Rivera M. 1992. Peces de las familias Chaetodontidae y Pomacanthidae en la región de Santa Marta (Colombia): densidad y relación con la calidad del arrecife. *Caribb. J. Sci.* 28 (3-4): 184-190.
- Acero A, Flórez-González L, Acosta LA. 1990. Los corales pétreos del género *Solenastrea* (Scleractinia: Faviidae) en la región de Santa Marta (Caribe Colombiano). *Rev. Biol. Trop.* 38 (2A): 175-181.
- Acosta A. 1989. Composición y estructura de la comunidad de corales hermatípicos en tres zonas representativas de la región de Santa Marta (Punta Betín, Isla Morro Grande y Ensenada Granate, Mar Caribe Colombia). Tesis de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 242 p.
- Acero A, Garzón J. 1987. Peces arrecifales de la región de Santa Marta (Caribe colombiano). I. Lista de especies y comentarios generales. *Acta Biol. Col.* 1 (3): 83-105.
- Acero A. 1980. Observaciones ecológicas de la ictiofauna de una pradera de *Thalassia* en la bahía de Neguanje (Parque Nacional Tayrona, Colombia). *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo* 29(2): 5-8.
- Acevedo-Valencia D. 2010. Estado actual de las formaciones coralinas en la región de Santa Marta, bahía de Gaira y el Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe Colombiano. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 95 p.
- Acosta A, Bartels C, Colvocoresses J, Greenwood MFD. 2007. Fish assemblages in seagrass habitats of the Florida Keys, Florida: spatial and temporal characteristics. *Bull. Mar. Sci.* 81(1): 1-19.
- Acosta A, Zea S. 1997. Sexual reproduction of the reef coral *Montastraea cavernosa* (Scleractinia: Faviidae) in the Santa Marta area, Caribbean coast Colombia. *Mar. Biol.* 128: 141-148.
- Aerts LAM, van Soest EWM. 1997. Quantification of sponge/coral interactions in a physically stressed reef community, NE Colombia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 148: 125-134.
- Álvarez-Filip L, Paddock MJ, Collen B, Robertson DS. 2015. Simplification of Caribbean reef-fish assemblages over decades of coral reef degradation. *PLoS ONE* 10(4): e0126004. doi:10.1371/journal.pone.0126004.
- Antonius A. 1972. Occurrence and distribution of stony corals (Anthozoa and Hydrozoa) in the vicinity of Santa Marta, Colombia. *Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient.* 6: 889-103.
- Ardila N, von Schiller D, Moreno S, Alonso D, Ospina G. 1997. Peces epibentónicos asociados a *Thalassia testudinum* en la bahía de Taganga, Magdalena, Caribe colombiano. En: Santos A, Nieto L (Eds) IV Simposio colombiano de ictiología. Resúmenes de conferencias y exposiciones. Universidad del Magdalena, Santa Marta. 39 p.
- Aronson R, Precht W. 2001. White-band disease and the changing face of Caribbean coral reefs. *Hydrobiologia* 460: 25-38.
- Aronson R, Edmunds P, Precht W, Swanson D, Levitan D. 1994. Large-scale, long-term monitoring of Caribbean coral reefs: Simple, quick, inexpensive techniques. *Atoll. Res. Bull.*, 421: 1-19 p.
- Barragán-Acosta MC, Daza NM, Calderón Y, Navarro LF, Tosse OD. 2018. Guía metodológica para la formulación de los planes de manejo ambiental de microcuencas. Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 92 p.

- Bejarano S, Manrique-Rodríguez N, Garzón-Ferreira J. 2005. Recent partial mortality and other health conditions of the fan *Gorgonia ventalina* Linnaeus 1758 in the Santa Marta area, Colombian Caribbean, 15 years after a mass mortality event. Proc. 10th Int. Coral Reef Symposium 1: 982-988.
- Bellwood DR, Wainwright PC. 2006. The history and biogeography of fishes on coral reefs. In: Sale PF (Ed) Coral reef fishes. Dynamics and diversity in a complex ecosystem. Academic Press. Burlington, MA, USA. pp. 5-32.
- Blanco JA, Díaz JM, Ramírez G, Cortés LM. 1994. El Banco de las Ánimas: una amplia formación arrecifal desarrollada sobre un antiguo delta del río Magdalena. Bol. Ecotrópica 27: 10-18.
- Blanco J. 1988. Las variaciones ambientales estacionales en las aguas costeras y su importancia para la pesca en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis de Maestría en Biología Marina. Universidad Nacional de Colombia - INVEMAR. Santa Marta, Colombia. 50 p.
- Bortone S, Samoilys M, Francour P. 2000. Fish and macroinvertebrate evaluation methods. In: Seaman WJr. (Ed.) Artificial reef evaluation with application to natural marine habitats. CRC Press LLC, Boca Raton, USA. pp. 127- 164.
- Bortone S (Ed). 1999. Seagrasses. Monitoring, ecology, physiology, and management. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 318 p.
- Botero L. 1987. Zonación de octocorales gorgonáceos en el área de Santa Marta y Parque Nacional Tayrona, Costa Caribe colombiana. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín 17: 61-80.
- Bowden DA, Rowden AA, Atrill MJ. 2002. Effect of patch size and in-patch location on the infaunal macroinvertebrate assemblages of *Zostera marina* seagrass beds. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 259: 133-154.
- Brattström H. 1980. Rocky-shore zonation in the Santa Marta area, Colombia. Sarsia 65: 163-226.
- Bruno J. 1998. Fragmentation in *Madracis mirabilis* (Duchassaing and Michelotti): How common is size specific fragment survivorship in corals J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 30(3): 396-425.
- Bula-Meyer G. 1985. Un núcleo de surgencia en el Caribe colombiano detectado en correlación con las macroalgas. Boletín Ecotrópica 12: 2-26.
- Burke L, Reyta K, Spalding M, Perry A. 2011. Reefs at risk revisited. World Resources Institute. Washington DC, USA. 10 p.
- Calderón MF, Villamil MB, Jauregui GA. 1998. Caracterización de las comunidades de fondos blandos vegetados en el balneario de "El Rodadero", Santa Marta (Caribe colombiano). En: SENALMAR (Eds). Mem. XI Sem. Nac. Cien. Tecn. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia. pp. 759-772.
- Cárdenas-Calle M, Triviño M, Giovanni G, Velásquez M. 2018. Comunidades bentónicas presentes en sitios de buceo de la Reserva Marina El Pelados. Investigatio. Vol. 11: 67-88.
- CARICOMP. 2001. CARICOMP Methods Manual, Levels 1 and 2: Manual of methods for mapping and monitoring of physical and biological parameters in the coastal zone of the Caribbean. CARICOMP Data Management Center, University of West Indies, Jamaica. 85 p.
- CARICOMP. 1997. CARICOMP monitoring of coral reefs. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp. 1: 651-656.
- Caro-Zambrano CA. 2003. Patrones de variación temporal y espacial de los arrecifes coralinos colombianos monitoreados en el periodo 1998-2001. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 187 p.
- Casas-Zapata FA. 2010. Estructura poblacional de *Scolymia* en el área de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 47 p. + Anexos.

- Castillo-Torres P. 2002. Caracterización estructural y evaluación del estado ambiental de las praderas de pastos marinos del Caribe colombiano. Tesis de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 81 p.
- Castro-Sanguino C. 2003. Cambios en la distribución y estructura de las unidades ecológicas de la bahía de Santa Marta, Caribe colombiano, ocurridos durante las últimas décadas. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 114 p.
- Ceccarelli D, Jones G, McCook L. 2001. Territorial damselfishes as determinants of the structure of benthic communities on coral reefs. *Oceanogr. Mar. Biol.* 39: 355-389.
- Celaya-Hernández E, Solís-Marín F, Laguarda-Figueras A, Durán-Gonzalez A, de la L, Ruíz T. 2008. Asociación a sustratos de los erizos regulares (Echinodermata: Echinoidea) en la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. *Rev. Biol. Trop.* 56(3): 281-295.
- Chacón-Gómez IC, Reyes J, Santodomingo N. 2012. Deep water octocorals (Anthozoa: Cnidaria) collected from the Colombian Caribbean during "Macrofauna explorations" 1998-2002. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 41 (1): 193-211.
- Chacón-Gómez IC, Santodomingo N, Reyes J. 2008. First record of *Tobagogorgia hardyi* (Octocorallia: Gorgoniidae) from the Colombian Caribbean. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 37 (1): 209-214.
- Choat JH. 1991. The biology of herbivorous fishes on coral reefs. In: Sale PF (Ed) *The ecology of fishes on coral reefs*. Academic Press Inc., San Diego, CA. USA. pp. 120-155.
- Claissé JT, Pondella DJ, Love M, Zahn LA, Williams CM, Williams JP, Bull AS. 2014. Oil platforms off California are among the most productive marine fish habitats globally. *PNAS* 111(43): 15462-15467.
- Clarke KR, Warwick RM. 2001. Changes in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition. Plymouth, United Kingdom. 136 p.
- Claro-Gerardino OA. 2009. Estado actual de las especies coralinas amenazadas *Eusmilia fastigiata* y *Mussa angulosa* en la región de Santa Marta. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 56 p.
- Coggan R, Populus J, White J, Sheehan K, Fitzpatrick F, Piel S (eds.). 2007. Review of standards and protocols for seabed habitat mapping. MESH. Second Edition. Available at www.searchmesh.net/Files/Standards_&_Protocols_2nd%20Edition.zip
- Delgadillo-G O, Ruíz-A T. 2016. A bathymetric study to support management plans for La Caimanera coastal lagoon, Gulf of Morrosquillo, Colombia. *J. Coast. Conserv.* 20: 237-244.
- Delgadillo-G O, Flórez P. 2015. Primeros registros del phylum Bryozoa asociados a hábitats artificiales en el Caribe colombiano. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 43 (1): 33-45.
- Delgadillo-Garzón O. 2009. Peces y macroinvertebrados móviles de hábitats artificiales en la bahía de Taganga, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 38 (1): 197-204.
- Delgadillo-Garzón O, Zapata-Ramírez P. 2009. Evaluación rápida de peces arrecifales y su relación con la estructura del sustrato en la Islas del Rosario, área marina protegida del Caribe colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 33(127): 273-283.
- Delgadillo O, García CB, Correa J. 2004. Dinámica temporal de la asociación de peces en dos arrecifes artificiales del Golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano. *Actualidades Biológicas* 26 (81): 219-230.
- Díaz JM, Barrios LM, Gómez-López DI (Eds.). 2003. Las praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR. Serie Publicaciones Especiales No. 10, Santa Marta. 160 p.
- Díaz JM, Gómez DI. 2003. Cambios históricos en la distribución y abundancia de praderas de pastos marinos en la bahía de Cartagena y zonas aledañas (Colombia). *Bol. Invest. Mar. Cost.* 32: 52-74.

- Díaz JM, Barrios LM, Cendales MH, Garzón-Ferreira J, Geister J, López-Victoria M, Ospina GH, Parra-Velandia F, Pinzón J, Vargas-Ángel B, Zapata FA, Zea S. 2000. Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 5, Santa Marta, 176 p.
- Díaz JM, Díaz-Pulido G, Garzón-Ferreira J, Geister J, Sánchez JA, Zea S. 1996. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe colombiano I. Complejos arrecifales oceánicos. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No. 2, Santa Marta, 83 p.
- Díaz-Pulido G. 1997. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad en Colombia. Ecosistemas marinos y costeros. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR. Santa Marta. 143 p.
- Díaz-Merlano JM, Puyana M. 1994. Moluscos del Caribe colombiano. Un catálogo ilustrado. Editorial Presencia. Colciencias-Fundación Natura-Invemar. Bogotá, Colombia. 291 p.
- Díaz JM (Ed). 1990. Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona. INVEMAR. Informe final. Santa Marta, Colombia. 440 p.
- Domínguez-Tejo HM. 2002. Hidromedusas y sifonóforos (Cnidaria: Hydrozoa) de las aguas superficiales de la bahía de Gaira, Caribe colombiano: taxonomía, abundancia y relación con la oferta alimenticia. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 240 p.
- Duarte CM, Kirkman H. 2001. Methods for the measurement of seagrass abundance and depth distribution. In: Short FT, Coles RG (Eds) Global seagrass research methods. Elsevier Science. pp. 141-153.
- Edgar G, Banks S, Fariña J, Calvopiña M, Martínez C. 2004. Regional biogeography of shallow reef fish and macro-invertebrate communities in the Galapagos archipelago. J. Biogeogr. 31: 1107-1124.
- Edmunds P, Carpenter R. 2001. Recovery of *Diadema antillarum* reduces macroalgal cover and increases abundance of juvenile corals on a Caribbean reef. Proc. Nal. Acad. Sci. 98: 5067-5071.
- Erffa A. von. 1973. Sedimentation, transport und erosion and der Nordküste Kolumbiens zwischen Barranquilla und der Sierra Nevada de Santa Marta. Mitt. Instituto. Colombo-Alemán Investigaciones. Científicas. 7: 155-209.
- Ertfemeijer P.L, Riegl B, Hoeksema B.W, Todd P.A. 2012. Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: a review. Mar. Poll. Bull. 64: 1737-1765.
- Erhardt H, Werding B. 1975. Los corales (Anthozoa e Hidrozoa) de la bahía de Santa Marta, Colombia. Boletín Museo del Mar 7: 3-50.
- Fenical W, Pawlik J. 1991. Defensive properties of secondary metabolites from the Caribbean gorgonian coral *Erythropodium caribaeorum*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 75: 1-8.
- Floeter SR, Krohling W, Gasparini JL, Ferreira CEL, Zalmon IR. 2007. Reef fish community structure on coastal islands of the southeastern Brazil: the influence of exposure and benthic cover. Environ. Biol. Fish 78: 147-160.
- Flórez P, Santodomingo N. 2010. Cnidaria: corales escleractinios, antipatarios, anémonas, zoantídeos, octocorales e hidroides. En: INVEMAR (Eds.). Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales, INVEMAR No. 20. pp. 151-178.
- Franco-Herrera A. 2005. Oceanografía de la ensenada de Gaira: El Rodadero, más que un centro turístico en el Caribe Colombiano. Bogotá: Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano 56 p.
- Froese R, Pauly D (Eds.). 2016. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (10/2016).
- Gagnon P, Himmelman J, Jonson I. 2003. Algal colonization in urchin barrens: defense by association during recruitment of the brown alga *Agarum cribrosum*. J. Exp. Marine Biol. Ecol. 209:179-196.

- Gaitán-Espitia J. 2008. Estructura de la comunidad de Echinodermata en aguas someras de la bahía de Taganga, Caribe colombiano. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 11 (1): 85-93.
- García CB, Duarte LO, Ramírez G. 2013. Fisiografía y oceanografía del golfo de Salamanca (mar Caribe, Colombia). En: Melgarejo LM, García CB (Eds.) *Investigación en ciencias del mar: aportes de la Universidad Nacional de Colombia*. UNal. Facultad de Ciencias. Red de Estudios del Mundo Marino, REMAR. Bogotá D.C. pp. 111-140.
- García CB, Sandoval H. 1983. Comunidades macrozoobénticas de fondos blandos en la plataforma continental de Ciénaga, Caribe colombiano. Trabajo de grado de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. 84 p.
- Garzón-Ferreira J, Rodríguez-Ramírez A. 2010. SIMAC: Development and implementation of a coral reef monitoring network in Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 58 (1): 67-80.
- Garzón-Ferreira J, Díaz, JM. 2003. The Caribbean coral reefs of Colombia. In: Cortés J (Ed) *Latin American coral reefs*, Elsevier Science. pp. 275-301.
- Garzón-Ferreira J, Reyes-Nivia MC, Rodríguez-Ramírez A. 2002. Manual de métodos del SIMAC, Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia. INVEMAR, Santa Marta. 102 p.
- Garzón-Ferreira J, Zea S. 1992. A mass mortality of *Gorgonia ventalina* (Cnidaria: Gorgoniidae) in the Santa Marta area, Caribbean coast of Colombia. *Bull. Mar. Sci.* 50 (3): 522-526.
- Garzón-Urbina P. 2006. Caracterización estructural de las praderas monoespecíficas de *Thalassia testudinum* (Banks ex König, 1805) en el departamento de La Guajira, Caribe Colombiano. Trabajo de grado de biólogo marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 113 p.
- Glenn RA. 2004. Does increased habitat complexity reduce predation and competition in coral reef fish assemblages? *OIKOS* 106: 275-284.
- Gómez-Cubillos C, Licero L, Perdomo L, Rodríguez A, Romero D, Ballesteros-Contreras D, Gómez-López D, Melo A, Chasqui L, Ocampo MA, Alonso D, García J, Peña C, Bastidas M, Ricaurte C. 2015. Portafolio "Áreas de arrecifes de coral, pastos marinos, playas de arena y manglares con potencial de restauración en Colombia". Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR No. 79, Santa Marta, Colombia. 69 p.
- Gómez-Soto CE, Rico-Buitrago VT. 2006. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados bioerosionadores y fauna asociada a esqueletos de corales masivos *Diploria strigosa* (Dana, 1848), *Montastraea cavernosa* (Linnaeus) y el complejo *Montastraea annularis-faveolata-franksi* (Ellis & Solander, 1786; Gregory, 1895) en la Bahía de Gaira, Caribe colombiano. Trabajo de grado Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 90 p.
- González-Medina FJ, Holguín-Quinones OE, De la Cruz-Agüero G. 2006. Variación espaciotemporal de algunos macroinvertebrados (Gastropoda, Bivalvia y Echinodermata) de fondos someros del Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 32(1A): 33-44.
- Govers LL, Lamers LPM, Bouma TJ, Brouwer JHF, van Katwijk MM. 2014. Eutrophication threatens Caribbean seagrasses – An example of Curacao and Bonaire. *Mar. Pol. Bul.* 89: 481-486.
- Graham N, Nash K. 2013. The importance of structural complexity in coral reef ecosystems. *Coral Reefs* 32: 315-326.
- Grijalba-Bendeck M, Catañeda-Moya E, Acero A. 2004. Estructura de un ensamblaje íctico asociado a fondos duros en el Caribe colombiano empleando la técnica del censo visual estacionario (CVE). *Actual. Biol.* 26 (81): 197-211.
- Gust N, Choat JH, McCormick MI. 2001. Spatial variability in reef fish distribution, abundance, size and biomass: a multi-scale analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 214: 237-251.

- Gutiérrez JC, Jiménez M, Jáuregui A. 1998. Caracterización de los pastos marinos presentes en el balneario El Rodadero, Santa Marta, Caribe colombiano. En: UJTL (Ed.) Resúmenes XI Seminario Nacional de Política, Ciencias y Tecnologías del Mar. Bogotá, Colombia. p. 103.
- Halford A, Cheal AJ, Ryan D, Williams DMcB. Resilience to large scale disturbance in coral and fish assemblages on the Great Barrier Reef. *Ecology* 85(7): 1892-1905.
- Hamner WM, Jones MS, Carleton JH, Hauri IR, Williams DMc. 1988. Zooplankton, planktivorous fish, and water currents on a windward reef face: Great Barrier Reef, Australia. *Bull. Mar. Sci.* 42(3): 459-479.
- Hawkins JP, Roberts CM. 2004. Effects of artisanal fishing on Caribbean coral reefs. *Conserv. Biol.* 18(1): 215-226.
- Hawkins SJ, Proud SV, Spence SK, Southward J. 1994. From the individual to the community and beyond: water quality, stress indicators and key species in coastal ecosystems. In: Sutcliffe DW (Ed) Water quality and stress indicators in marine and freshwater systems: Linking levels or organization. Freshwater Biological Association. Cumbria, UK. pp. 35-62.
- Hendler G, Miller J, Pawson D, Kier P. 1995. Sea stars, sea urchins and allies. Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution. Washington, USA. 195 p.
- Holbrook SJ, Schmitt RJ, Brooks AJ. 2008. Resistance and resilience of a coral reef fish community to changes in coral cover. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 371: 263-271.
- Hollock P, Müller-Karger F, Halas J. 1993. Coral reef decline. *Nat. Geogr. Res. Explor.* 9 (3): 358-378.
- Hughes TP. 1994. Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265: 1547—1551.
- Hunte W, Côté I, Tomascik T. 1986. On the dynamics of the mass mortality of *Diadema antillarum* in Barbados. *Coral Reefs* 4: 135-139
- Hurtado-López NM. 2010. Estado actual de las poblaciones del coral hermatípico *Colpophyllia natans* (Houttuyn, 1772) en el área de Santa Marta y el Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 61 p.
- Idárraga-García J, Posada BO, Guzmán G. 2011. Geomorfología de la zona costera adyacente al piedemonte occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta entre los sectores de Pozos Colorados y el río Córdoba, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 40 (1): 41-58.
- IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, SINCHI, IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andréis e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C. 276 p. + 37 hojas cartográficas.
- INVEMAR. 2019. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2018. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 200 p.
- INVEMAR (Eds.) 2010. Corales Escleractinios de Colombia. Serie de Publicaciones Especiales; No. 14. Santa Marta, Colombia. 246 p.
- INVEMAR. 2009. Informe técnico final Proyecto IABIN-ECO: "Aplicación del formato estándar para ecosistemas marinos en dos sistemas marinos de Colombia: los pastos marinos y las áreas coralinas". 16 p.
- INVEMAR. 2004. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2004. Serie de publicaciones periódicas; No.8. 210 p.
- INVEMAR. 2000. Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera PNIBM. Díaz-Merlano JM, Gómez-López DI (Eds.). Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. Santa Marta, Colombia. 83 p.

- Jackson EL, Attrill MJ, Jones MB. 2006. Habitat characteristics and spatial arrangement affecting the diversity of fish and decapod assemblages of seagrass (*Zostera marina*) beds around the coast of Jersey (English Channel). *Estuarine, coastal and shelf science* 68: 421-432.
- Jackson J, Donovan M, Cramer K, Lam V. 2014. Status and trends of Caribbean coral reefs: 1970-2012. Global coral reef monitoring network, IUCN. Gland, Switzerland. 305 p.
- Jones GP, Ferrell DJ, Sale PF. 1991. Fish predation and its impact on the invertebrates of coral reefs and adjacent sediments. In: Sale PF (Ed) *The ecology of fishes on coral reefs*. Academic Press Inc., San Diego, CA. USA. pp. 156-179.
- Kohler KE, Gill SM. 2006. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A visual basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers & Geosciences* 32: 1259-1269.
- Kostylev V, Todd B, Longva O, Valentine P. 2005. Characterization of benthic hábitat on Northeastern Bank, Canada. *American Fisheries Society Symposium* 41:141-152.
- Kramer M, Bellwood D, Bellwood O. 2014. Benthic crustacea on coral reefs: a quantitative survey. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 511: 105-116.
- Krause-Jensen D, Sagert S, Schubert H, Boström C. 2008. Empirical relationships linking distribution and abundance of marine vegetation to eutrophication. *Eco. Ind.* 8: 515-529.
- Larkum AW, Orth RJ, Duarte CM. 2006. *Seagrasses: biology, ecology and conservation*. Springer. Dordrecht, The Netherlands. 691 p.
- Liddell WD, Ohlhorst SL. 1988. Comparison of western Atlantic coral reef community. En: *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium* 3: 281-286.
- Littler MM, Littler DS. 1984. Models of tropical reef biogenesis: The contribution of algae. *Progress in Phycological Research* 3: 323-363.
- López L. 2009. Dinámica espacio temporal en la estructura de la comunidad y de la población móvil y sésil del litoral rocoso de San Andrés. Trabajo de grado de Biología. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- López L, Rendón M, Díaz JM, Laverde-Castillo J. 1998. Estructura, distribución y estado actual de las comunidades coralinas de la Ensenada del Rodadero, Caribe colombiano. En: *Memorias XI Seminario Nacional de Política, Ciencias y Tecnologías del Mar*. Bogotá D.C. 230 p.
- López-Urriarte E, Ríos-Jara E, Galván-Villa CM, Juárez-Carrillo E, Enciso-Padilla I, Robles-Jarero EG, Pérez-Peña M. 2009. Macroinvertebrados bénticos del litoral béntico de Punta la Rosada, Bahía Chamela, Jalisco. *Revista Científica Scientia cucba* 11(1- 2): 57-68.
- López-Victoria M, Rodríguez-Moreo M, Zapata FA. 2015. A paradoxical reef from Varadero, Cartagena Bay, Colombia. *Reef Sites. Coral Reef* 34: 231.
- Lorin J, Hernández C, Rovault A, Bottagisio J. 1973. Estudio sedimentológico de la plataforma continental entre Bocas de Ceniza y Santa Marta. *Laboratoire Central D'Hydraulique de France, Barranquilla*, 42 p.
- Ludwig J, Reynolds J. 1988. *Statistical ecology. A primer on methods and computing*. John Wiley & Sons, Inc., USA. 337 p.
- MADS. 2014. Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 104 p.
- Mamelona J, Pelletier E. 2005. Green urchin as a significant source of fecal particulate organic matter within nearshore benthic ecosystems. *J. Exp. Marine Biol. Ecol.* 314:163-174.
- Manrique-Rodríguez N, Bejarano-Chavarro S, Garzón-Ferreira J. 2006. Crecimiento del abanico de mar *Gorgonia ventalina* (Linnaeus, 1758) (Cnidaria: Gorgoniidae) en el área de Santa Marta, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 35: 77-90.

- Martínez S, Acosta A. 2005. Cambio temporal en la estructura de la comunidad coralina del área de Santa Marta - Parque Nacional Natural Tayrona (Caribe Colombiano). Bol. Invest. Mar. Cost. 34: 161-191.
- Martínez-Ramírez O. 2005. Evaluación del asentamiento de estadios tempranos de peces en colectores flotantes tipo GuSi, en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 80 p. + Anexos.
- Martínez-Rodríguez S. 2003. Cambio temporal en la estructura de la comunidad coralina del área de Santa Marta - Parque Tayrona (Caribe Colombiano). Tesis de Ecología. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D. C. 106 p.
- MAVDT. 2010. Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. 72 p.
- McClanahan R, Kamukuru A, Muthiga N, Gilgaber M, Obura D. 1996. Effect of sea urchin reductions on algae, coral, and fish populations. Conserv. Biol. 10(1):136-154.
- McManus J, Polsenberg J. 2004. Coral-algal phase shifts on coral reefs: ecological and environmental aspects. Prog. Oceanogr. 60: 263-279.
- Mejía-Niño N, Garzón-Ferreira J. 2003. Dinámica de las interacciones alga-coral en dos bahías de la región de Santa Marta (Caribe colombiano) con distinto grado de influencia antropogénica. Bol. Invest. Mar. Cost. 32: 243-261.
- Mellin C, Ferraris J, Galzin R, Kulbicki M, Ponton D. 2006. Diversity of coral reef fish assemblages: modelling of the species richness spectra from multi-scale environmental variables in the Tuamotu Archipelago (French Polynesia). Ecol. Model. 198: 409-425.
- Miller MW, Fallace A. 2000. Evaluation methods for trophic resource factors – nutrients, primary production, and associated assemblages: 95-126. In: Seaman Jr W (Ed.) Artificial reef evaluation with application to natural marine habitats. CRC Press, Boca Raton. Florida, USA.
- MoAm. 2017. Evaluación ecológica, pesquera y de la biodiversidad asociada a los arrecifes artificiales de la bahía de Pozos Colorados, Caribe colombiano. Delgadillo-G O. (Ed.). Ecopetrol S.A., Fundación Sociedad Portuaria de Santa Marta, y MoAm Monitoreos Ambientales S.A.S. Convenio 8000001471. Informe Técnico Final. ITF-N2-2017. MoAm. Santa Marta, Colombia. 197 p.
- MoAm. 2014. Evaluación ecológica de arrecifes artificiales en la bahía de Pozos Colorados, Caribe colombiano. Acuerdo de Cooperación No. 002 Ecopetrol S.A., Universidad del Magdalena y MoAm Monitoreos Ambientales S.A.S. Informe Técnico Final ITF-2014-N1. MoAm Monitoreos Ambientales. Santa Marta, Colombia. 165 p.
- MoAm. 2013. Descubriendo los arrecifes coralinos del golfo de Morrosquillo. Noticias. MoAm S.A.S. <http://moam.com.co/es/descubriendo-los-arrecifes-coralinos-del-golfo-de-morrosquillo/> Revisado: 28 de diciembre de 2018.
- Monroy-López M. 2003. Distribución geográfica y estado actual de *Ophiothrix synoecina* (Echinodermata: Ophiuroidea) asociado obligado a *Echinometra lucunter*, en el litoral rocoso del Caribe colombiano. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 95 p.
- Montoya-Maya P. 2002. Evaluación de la macrofauna epibentónica asociada a praderas de *Thalassia testudinum* (Banks ex König) en el Caribe colombiano. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 124 p.
- Mora C. 2008. A clear human footprint on the coral reefs of the Caribbean. Proc. R. Soc. B. 275: 767-773.
- Mumby PJ, Flower J, Chollett I, Box SJ, Bozec Y-M, Fitzsimmons C, Forster J, Gill D, Griffiths-Mumby R, Oxenford HA, Peterson AM, Stead SM, Turner RA, Townsley P, van Beukering P, Booker F, Brocke HJ, Cabañillas-Teran N, Canty SWJ, Carricart-Gavinet JP, Charlery J, Dryden C, van Duyl FC, Enríquez S, den Haan J, Iglesias-Prieto R, Kennedy EV, Mahon R, Mueller B, Newman SP, Nugues MM, Cortés J, Nurse L, Osinga R, Paris CB, Petersen D,

- Polunin N, Sánchez C, Schep S, Stevens JR, Vallès H, Vermeij MJA, Visser PM, Whittingham E, Williams SM. 2014. Towards reef resilience and sustainable livelihoods: a handbook for Caribbean coral managers. University of Exeter. Exeter, UK. 172 p.
- Muñoz CG, Zapata FA. 2013. Plan de manejo de los arrecifes coralinos del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. Parques Nacionales Naturales y WWF-Colombia. Calí, Colombia. 68 p.
- Nagelkerken I (Ed) 2009. Ecological connectivity among tropical coastal ecosystems. Springer. Dordrecht, Netherlands. 615 p.
- Nelson H, Kuempel C, Altieri A. 2016. The resilience of invertebrate biodiversity to coral mortality. *Ecosphere* 7(7): 1-14.
- Newman MJH, Paredes GA, Sala E, Jackson JBC. 2006. Structure of Caribbean coral reef communities across a large gradient of fish biomass. *Ecology Letters* 9: 1216-1227.
- Newman SP, Meesters EH, Dryden CS, Williams SM, Sánchez, Mumby PJ, Polunin NVC. 2015. Reef flattening effects on total richness and species responses in the Caribbean. *Journal of Animal Ecology*, 84: 1678-1689.
- Oehlmann J, Schulte-Oehlmann U. 2003. Molluscs as bioindicators. In: Markert BA, BreuremAM, Zechmeister HG (Eds) *Bioindicators and biomonitoring*. Elsevier Science Ltd. Kidlington, UK. pp. 577-585.
- Olaya-Restrepo J, Reyes-Nivia MC, Rodríguez-Ramírez A. 2008. Ensamblajes de peces arrecifales del área de Santa Marta y el Parque Nacional Natural Tayrona. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 37(1): 111-127.
- Olaya-Restrepo J. Caracterización de las comunidades de peces arrecifales en el área de Santa Marta (Caribe Colombiano). Tesis de Biología. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 70 p.
- Olsen YS, Valiela I. 2010. Effect of sediment nutrient enrichment and grazing on turtle grass *Thalassia testudinum* in Jobos Bay, Puerto Rico. *Estuaries and coasts* 33: 769-783.
- Ordoñez-Álvarez A. 2010. Estructura de tallas de las poblaciones de *Montastraea annularis*, *Montastraea cavernosa* y *Porites astreoides* en los arrecifes del Parque Nacional Natural Tayrona (área marina protegida) y Santa Marta (área marina no protegida). Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá D. C. 43 p.
- Ortega L, Tuya F, Haroun R. 2009. El erizo de mar *Diadema antillarum* (Phillipi, 1845) influye sobre la diversidad y composición de la comunidad de megainvertebrados vágiles en fondos rocosos del Archipiélago Canario. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 44(2): 489-495.
- Paddack MJ, Reynolds JD, Aguilar C, Appeldorn RS, Beets J, Burkett EW, Chittaro PM, Clarke K, Esteves R, Fonseca AC, Forrester GE, Friedlander AM, García-Sais J, González-Sansón G, Jordan LKB, McClellan DB, Miller MW, Molloy PP, Mumby PJ, Nagelkerken I, Nemeth M, Navas-Camacho R, Pitt J, Polunin NVC, Reyes-Nivia MC, Robertson DR, Rodríguez-Ramírez A, Salas E, Smith SR, Spieler RE, Steele MA, Williams ID, Wormald CL, Watkinson AR, Côté IM. 2009. Recent region-wide declines in Caribbean reef fish abundance. *Current Biology* 19: 590-595.
- Penagos G, Palacio J, Aguirre N. 2003. Macroepifauna móvil de una pradera de pasto marino en punta San Bernardo – norte del golfo de Morrosquillo. Estudio de caso No. 4. En: Díaz JM, Barrios L, Gómez-López D (Eds) *Las praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico*. INVEMAR. Serie Publicaciones Especiales No. 10, Santa Marta. pp. 102-105.
- Pérez-Fierro D. 2011. Incidencia de la pesca industrial de camarón sobre los macroinvertebrados en el Caribe colombiano. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Centro de Estudios en Ciencia del Mar (CECIMAR). Santa Marta, Colombia. 55 p.
- Perilla-Rocha KG, Santacruz-Castro AM. 2006. Reproducción sexual de los corales hermatípicos *Eusmilia fastigiata* y *Solenastrea bournonii* (Scleractinia: Caryophyllidae-

- Faviidae) en el área de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 169 p.
- Pizarro V, Rodríguez SC, López-Victoria M, Zapata FA, Zea S, Galindo-Martínez CT, Iglesias-Prieto R, Pollock J, Medina M. 2017. Unraveling the structure and composition of Varadero reef, an improbable and imperiled coral reef in the Colombian Caribbean. *PeerJ* 5:e4119; DOI 10.7717/peerj.4119
- Puentes L, Campos N. 1992. Los camarones (Crustacea: Decapoda: Natantia) asociados a praderas de *Thalassia testudinum* Banks ex Köning, en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. *Caldasia* 17 (1): 121-132.
- Quinn GP, Keough MJ. 2002. Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom, 537 p.
- Ralph PJ, Tomasko D, Moore K, Seddon S, Macinnis-Ng CM. 2006. Human impacts on seagrasses: eutrophication, sedimentation, and contamination. In: Larkum AW, Orth RJ, Duarte CM (Eds) *Seagrasses: biology, ecology and conservation*. Springer. Dordrecht, The Netherlands. pp. 567-593.
- Ramírez-Calle L, Valencia-Vera JP. 2005. Caracterización de los fondos marino-costeros, sector Aeropuerto Simón Bolívar, Santa Marta. Caribe colombiano. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 71 p. + Anexos.
- Ramírez-Ortiz G, Calderon-Aguilera L, Reyes-Bonilla H, Ayala-Bocos A, Hernandez L, Rivera-Melo F, López-Pérez A, Dominici-Arosamena A. 2017. Functional diversity of fish and invertebrates in coral and rocky reefs of the Eastern Tropical Pacific. *Marine Ecology* 38: e12447.
- Rowlands G. 2013. Natures cement- a tale of two dives. <https://www.livingoceansfoundation.org/natures-cement-a-tale-of-two-dives/> Revisado: 13 de diciembre de 2018.
- Paynter CK, Cortés J, 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.
- R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Reyes J, Santodomingo N, Gracia A, Borrero-Pérez G, Navas G, Mejía-Ladino LM, Bermúdez A, Benavides M. 2005. Southern Caribbean azooxanthellate coral communities off Colombia. En: Freiwald A, Roberts JM (Eds) *Cold-water corals and ecosystems*. Springer, Berlin, Germany. pp. 309-330.
- Reyes-Nivia MC, Rodríguez-Ramírez A, Garzón-Ferreira J. 2004. Peces asociados a formaciones coralinas de cinco áreas del Caribe colombiano: listado de especies y primeros registros para las áreas. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 33: 101-115.
- Rodríguez-Ramírez A, Reyes-Nivia MC, Zea S, Navas-Camacho R. 2010. Recent dynamics and condition of coral reefs in the Colombian Caribbean. *Rev. Biol. Trop.* 58 (Suppl. 1): 107-131.
- Rodríguez-Ramírez A. 2003. Peces bentónicos asociados a praderas de *Thalassia testudinum* en Isla Grande e Isla Rosario. Estudio de Caso No. 5. En: Díaz JM, Barrios L, Gómez-López D (Eds) *Las praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico*. INVEMAR. Serie Publicaciones Especiales No. 10, Santa Marta. pp. 105-110.
- Rodríguez-Villalobos JC. 2009. Reproducción sexual del coral hermatípico *Solenastrea bournonii* (Scleractinia-Faviidae) en la bahía de Gaira, Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 99 p.
- Ruiz-Pinzón CA. 2009. Aspectos ecológicos de la población de la esponja *Discoderma dissoluta* (Porifera: Demospongiae: Lithistida) en el Caribe colombiano. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 43 p.

- Salcedo-Bahamón MA. 2009. Aspectos reproductivos del abanico de mar *Gorgonia ventalina*, Linneaus, 1758 (Cnidaria: Gorgoniidae) en Santa Marta Caribe colombiano. Tesis de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 96 p.
- Sale PF. 1997. Visual census of fishes: how well do we see what is there? En: Lessios H, Macintyre I (Eds.). Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium 2:1435-1440.
- Sánchez JA, Dueñas LF. 2012. Diversidad y evolución de octocorales. Hipótesis. Apuntes científicos Uniandinos. No. 12. Facultad de ciencias. Universidad de los Andes. Bogotá. 5 p.
- Sanchez JA, Díaz JM, Zea S. 1997. Gorgonian communities in two contrasting environments on oceanic atolls of the southwestern Caribbean. Bull. Mar. Sci. 61 (2): 453-465.
- Sánchez JA. 1994. Presencia de los octocorales *Stylatula diadema* Bayer (Pennatulacea) y *Carijoa riisei* (Duchassaing y Michelotti) (Teleostacea) en la costa Caribe colombiana. An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín 23: 137-147.
- Sebens KP. 1991. Habitat structure and community dynamics in marine benthic systems. In: Bell SS, McCoy ED, Mushinsky HR, editors. Habitat structure. The physical arrangement of objects in space. Dordrecht, Netherlands: Springer Science+Business Media. p. 211-34.
- Sierra-Rozo O, Gavio B, Mancera-Pineda JE. 2012. Estructura de las praderas de *Thalassia testudinum* en la isla de Providencia, Caribe colombiano, después del paso del huracán Beta. Caldasia 34(1): 155-164.
- Suykerbuyk W, Bouma TJ, Govers LL, Giesen K, de Jong DJ, Herman P, Hendriks J, van Katwijk MM. 2016. Surviving in changing seascapes: sediment dynamics as bottleneck for long-term seagrass presence. Ecosystems 19(2): 296-310.
- Troncoso W, Navas R, Osorno A, Díaz M, Bermúdez A, Parra J, Betancourt J. 2008. Informe final del "Monitoreo de la calidad de aguas y sedimentos, y de los ecosistemas marinos en las zonas afectadas por el derrame de aceite de palma, bahías de Taganga y Santa Marta (Magdalena)". Realizado para la firma TERLICA S.A. Santa Marta. 82 p + Anexos.
- Uthicke S, Schaffelke B, Byrne M. 2009. A boom-bust phylum? Ecological and evolutionary consequences of density variations in echinoderms. Ecological Monographs 79(1): 3-24.
- Vega-Sequeda J, Díaz-Sánchez C, Gómez-Campo K, López-Londoño T, Díaz-Ruiz M, Gómez-López D. 2015. Biodiversidad marina en Bajo Nuevo, Bajo Alicia y Bajo Serranilla, Reserva de Biosfera Seaflower. Bol. Invest. Mar. Cost. 44 (1): 199-224.
- Vega-Sequeda J, Rodríguez-Ramírez A, Reyes-Nivia MC, Navas-Camacho R. 2008. Formaciones coralinas del área de Santa Marta: estado y patrones de distribución espacial de la comunidad bentónica. Bol. Invest. Mar. Cost. 37 (2): 87-115.
- Venera-Pontón D, Daniel-Hincapié I, López-Peña A, Bernal S. 2005. Corales pétreos de la zona submareal somera de la bahía de Taganga, Santa Marta (Caribe Colombiano). En: Resúmenes IV Encuentro Científico de Estudiantes de Biología.
- Vilardy S, González JA (Eds.). 2011. Repensando la ciénaga: nuevas miradas y estrategias para la sostenibilidad en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Universidad del Magdalena y Universidad Autónoma de Madrid. Santa Marta, Colombia. 228 p.
- von Erffa A, Geister J. 1976. Über ein holozänes Korallen- und Mangrovenvorkommen nahe Santa Marta, Kolumbien. Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient., 8: 165-186.
- von Prah H. 1985. Lista anotada de arrecifes coralinos y corales de Colombia. Actualidades Biológicas, 14 (51): 26-38.
- Vonk JA, Christianen MJ, Stapel J. 2010. Abundance, edge effect, and seasonality of fauna in mixed-species seagrass meadows in southwest Sulawesi, Indonesia. Marine Biology Research 6: 282-291.
- Werdling B, Sánchez H. 1989. The coral formations and their distributional pattern along a wave exposure gradient in the area of Santa Marta, Colombia. Medio Ambiente, 10(2): 61-68.

- Werdning B, Sánchez H. 1988. Deterioro observado en las formaciones coralinas de la bahía de Santa Marta. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín, 18: 9-16.
- Werdning B. 1977. Los porcelánidos (Crustacea: Anomura: Porcellanidae) de la región de Santa Marta, Colombia. An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín 9: 173-214.
- Wildsmith MD, Rose TH, Potter IC, Warwick RM, Clarke KR. 2011. Benthic macroinvertebrates as indicators of environmental deterioration in a large microtidal estuary. Mar. Pol. Bul., 62: 525-538.
- Wilson MFJ, O'Connell B, Brown C, Guinan JC, Grehan AJ. 2007. Multiscale terrain analysis of multibeam bathymetry data for habitat mapping on the continental slope. Marine Geodesy, 30: 3-35.
- Wilson SK, Graham NJ, Pratchett MS, Jones GP, Polunin NV. Multiple disturbances and the global degradation of coral reef: are reef fishes at risk or resilient? Global Change Biology 12: 2220-2234.
- Zapata-Ramírez PA. 2005. Análisis histórico de los impactos naturales y antrópicos sobre los arrecifes coralinos del Parque Nacional Natural Corales del Rosario, Caribe colombiano. Trabajo de grado de Biólogo Marino. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, Colombia. 103 p.
- Zar H. 2010. Biostatistical analysis. Fifth Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, Nueva Jersey, USA. 944 p.
- Zea S. 1994. Patterns of coral and sponge abundance in stressed coral reefs at Santa Marta, Colombian Caribbean. In: van Soest RWM, van Kampen B (Eds) Sponges in time and space. Balkema, Rotterdam, The Netherlands. pp. 257-264.
- Zea S. 1993 b. Recruitment of Demosponges (Porifera, Demospongiae) in rocky and coral reef habitats of Santa Marta, Colombian Caribbean. Marine Ecology, 14(1): 1-21.
- Zea S. 1993 a. Cover of sponges and other sessile organisms in rocky and coral reef habitats of Santa Marta, Colombian Caribbean Sea. Caribbean Journal of Science 29(1-2): 75-88.
- Zea S, Duque-Tobón F. 1989. Bleaching of reef organisms in the Santa Marta region, Colombia: 1987 Caribbean-Wide event. Trianea (Act. Cient. Tecn., INDERENA) 3: 37-51.

9. ANEXOS

Anexo 1 Memorias de socialización de los resultados del proyecto y plan de manejo ambiental preliminar con actores claves en el departamento del Magdalena.



**CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y DE LA DIVERSIDAD EN LOS ECOSISTEMAS DE
ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS EN LA JURISDICCIÓN MARINA DE CORPAMAG,
CARIBE COLOMBIANO
Contrato 260**

MEMORIA DE REUNIÓN / TALLER					
Lugar:	Fecha:	Tipo de reunión:			
Auditorio Corporación Autónoma Regional del Magdalena -CORPAMAG	14-12-18	Presencial	x	Virtual/Telef	
A cargo de:	Hora inicio:	Hora fin:			
MoAm, CORPAMAG	900	1200			

Objetivos
<ul style="list-style-type: none"> Socializar los resultados del proyecto "Caracterización ecológica y de la diversidad en los ecosistemas de arrecifes de coral y pastos marinos en la jurisdicción marina de CORPAMAG, Caribe colombiano" Proponer participativamente ideas para el establecimiento e implementación de un plan de manejo para los ecosistemas evaluados.
Desarrollo
<ol style="list-style-type: none"> Saludo de bienvenida y agradecimiento a los 13 participantes de ocho entidades y organizaciones por atender a la socialización por parte de Julieth Prieto, funcionaria de Corpamag. Posterior saludo y agradecimiento del director de MoAm, Oscar Delgadillo. El director de MoAm procedió a solicitar que cada uno de los participantes se presentara y a realizar la presentación de los resultados del proyecto que incluyeron: 1) distribución y perfil batimétrico de los arrecifes y pastos, 2) diversidad y estado actual de las comunidades biológicas en los arrecifes de coral y pastos marinos, y 3) construcción participativa del plan de manejo preliminar en la línea de mitigación de impactos. Posterior a la presentación se recibieron los comentarios de los participantes. En primera medida Luís Cucunuba representante de la comunidad, resaltó la importancia de relacionarse y articularse con los diversos actores y los líderes sociales de las áreas de estudio, con el fin de facilitar el proceso de monitoreo y obtención de la información. Aminta Jaúregui felicitó el trabajo ejecutado y mencionó la necesidad de profundizar en la caracterización de los pastos de El Rodadero e Inca Inca. Hizo sugerencias en cuanto a la metodología a utilizar puesto que, según su conocimiento, en ciertas ocasiones es de mayor funcionalidad establecer transectos perpendiculares a la línea de costa y fijar dichas estaciones para monitorear sus

www.moam.com.co

info@moam.com.co / +57 3114588419-3002187228 / Calle 87 2-53 Of.101 Bocasalinas / Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia



cambios a través del tiempo. Oscar Delgadillo respondió que no todas las praderas tenían la extensión suficiente para hacer los transectos en la dirección indicada por la profesora.

5. Adicionalmente, Diana Isabel Gómez del INVEMAR recomendó calcular los porcentajes de cobertura de las praderas de pasto haciendo uso de las ecuaciones específicas para estos y no las transformadas de las coberturas de coral. Sugirió utilizar el protocolo base del Seagrass Net para que de esta forma los resultados siempre sean comparables con otros reportes.
6. De manera complementaria, Diana Gómez y Raúl Navas de INVEMAR, comentaron que algunas extensiones de praderas de pastos o de corales no fueron reportadas o visibles en las cartografías que se ejecutaron años atrás debido a la escala (1:100.000) y por esta razón es preciso actualizar la cartografía e incluir este tipo de investigaciones en bases de datos y geovisores que permitan visualizar esta información y no se pierda en el momento de llevarla a una escala cartográfica más grande. Para esto sugirieron también la importancia de tener un cálculo completo de las nuevas áreas arrecifales y de pastos identificadas en este estudio.
7. Carlos Mario Aponte de Parques Nacionales comentó que es importante y necesario que se haga una reunión en la que se integren todos los esfuerzos de evaluación que se han realizado por separado y en los que se han conocido cosas puntuales de estos ecosistemas para que se lleve a cabo un solo proceso de retroalimentación que permita juntar, consolidar y actualizar la información.
8. Con el fin de aportar a estos conocimientos puntuales, Raúl Navas comentó sobre su exploración frente al sector de Playa Vaca en Taganga en donde encontraron una extensa pradera de *Halodule* y que sería interesante revisar y evaluar su estado. Del mismo modo, comentó sobre las formaciones coralinas que existen bajo los muelles del puerto que son grandes y se encuentran en muy buen estado. Se recalcó la importancia de estudiar todas estas formaciones no evaluadas y su estado, así como la presencia de enfermedades.
9. Por su parte y complementando lo anterior, Rocío García de la Universidad del Magdalena, agregó que la Universidad Nacional y la Universidad Javeriana están realizando una caracterización de la bahía de Taganga tanto en términos ecológicos como sociales relacionados con estos ambientes, y que sería interesante conocer dichos resultados para integrar los distintos estudios.
10. Adicionalmente se destacó la importancia de tener en cuenta el conocimiento por parte de la comunidad sobre lo que hay en el sector, que permita facilitar los estudios y acceder a lugares que posiblemente otros desconocen.
11. Por otra parte, Aminta Jaúregui añadió que es importante tener presente la línea base obtenida de estos estudios, lo cual es clave para todos los planes de compensación por pérdida de biodiversidad sobretodo en un territorio que se ha priorizado como zona susceptible a proyectos grandes.

www.moam.com.co

Info@moam.com.co / +57 3114588419-3002187228 / Calle 87 2-53 Of.101 Bocasallinas / Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia



12. Posteriormente se abordó la temática de la pesca con dinamita en la que se comentó que es necesario realizar una investigación judicial y generar acciones junto con la procuraduría ambiental de manera que pueda empezar a mitigarse este problema.
13. A continuación se abrió el espacio para construir conjuntamente el plan de manejo relacionado con la línea de mitigación de impactos. En primera instancia, Elizabeth Hernández de Parques Nacionales comentó acerca de realizar una revisión del Plan Maestro del Magdalena en el que la AUNAP junto a otras entidades ya se han sentado a discutir y priorizar acciones en torno a problemáticas en el ambiente marino. Sugirió retomar algunas propuestas ya establecidas en esa iniciativa como herramientas en el plan de manejo que se está proponiendo actualmente para los arrecifes y pastos.
14. Otras observaciones fueron la de cambiar el orden en el que se establecieron las acciones y metas, así como su propósito, para que estas fueran más claras y medibles. Adicionalmente se sugirió incluir las columnas de actores o responsables para cada una de estas actividades, acciones y metas.
15. Otra temática que se tocó fue la del uso de anclas por parte de los pescadores que genera daños en el componente bentónico. Se sugirieron algunas ideas como las de mantener boyas largas amarradas al piso. Sin embargo, el potencial de esta idea se vio limitada por el robo de las boyas. Otras propuestas fueron delimitar zonas de fondeo específicas en las que no se arrojen anclas, lo cual puede tener una limitación para aquellas embarcaciones que no tengan una zona específica en donde pescan.
16. En torno a las propuestas con arrecifes artificiales, se estuvo de acuerdo en que son una buena alternativa para mitigar las presiones directas sobre los arrecifes naturales. Se sugirió que esta propuesta se encuentre enmarcada dentro de un objetivo o estrategia de recuperación ecológica y de allí deriven las distintas acciones y propuestas. No obstante, el INVEMAR no estuvo de acuerdo con esta propuesta aduciendo a razones relacionadas con que estas estructuras no son arrecifes sino simples dispositivos atractores. Con respecto a esto, Julieth Prieto mencionó los múltiples beneficios y servicios que proveen los arrecifes artificiales y que antes de dar un concepto negativo, el instituto debería investigar los potenciales o por lo menos revisar la literatura actual sobre la temática.
17. En cuanto a otras propuestas de restauración, nuevamente se sugirió primero tener las áreas de arrecifes y pastos delimitadas, y zonificadas en diferentes usos, para que de allí se deriven las estrategias del componente turístico y pesquero, así como para los planes de compensación y de recuperación. Es necesario incluir toda la información cartográfica y de diversidad obtenida en el SIAC para que esta sea visualizada correctamente.
18. Aminta Jaúregui defendió el potencial de Inca Inca para crear áreas de guarderías de corales. Sin embargo, los participantes comentaron que en un lugar donde las

www.moam.com.co

Info@moam.com.co / +57 3114588419-3002187228 / Calle 87 2-53 Of.101 Bocasalinas / Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia



condiciones no son adecuadas y existen muchas amenazas que afectan directamente los corales, es necesario primero conocer estas amenazas y generar estrategias para su mitigación. Posterior a la reducción de dichas amenazas se puede empezar a restaurar. En un escenario sin esta mitigación no es apropiado implementar guarderías de coral.

19. Se planteó la idea de crear una zona de amarre para botes de mayor envergadura como yates que emplean el área de Inca Inca constantemente y que generan impactos negativos al lanzar las anclas directamente al fondo coralino. Para tal fin se planteó la idea de utilizar una boya de amarre anclada al fondo por un sistema de arrecifes artificiales para potenciar la producción biológica y generación de biodiversidad.

20. Para concluir se cerró la discusión estableciendo la necesidad de limitar y definir las zonas arrecifales y de pastos que deben conservarse, que la comunidad los reconozca y que empiecen a visualizarse para poderlos proteger de manera adecuada.



www.moam.com.co

info@moam.com.co / +57 3114588419-3002187228 / Calle 87 2-53 Of.101 Bocasalinas / Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia



MoAm



CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y DE LA DIVERSIDAD EN LOS ECOSISTEMAS DE ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS
EN LA JURISDICCIÓN MARINA DE CORPAMAR, CARIBE COLOMBIANO

REGISTRO DE ASISTENCIA

Asunto: Presentación resultados caracterización arrecifes y pastos marinos
Lugar: Arrecifes de Santa Marta
Hora Inicio: 9:00
Fecha: 14 de diciembre / 19
Hora fin: 12:00

Nombre Completo	Entidad	Ciudad	Cargo	Tel fijo	Celular	Genero	Correo electrónico	Firma
1. Dora Gómez	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	F	diana.gomez@inemar.gov.co	Dora Gómez
2. Raul Navarro	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	M	raul.navarro@inemar.gov.co	Raul Navarro
3. Fabiola Quintero	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	F	fabiola.quintero@inemar.gov.co	Fabiola Quintero
4. Rocio Barrios	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	F	rocio.barrios@inemar.gov.co	Rocio Barrios
5. Eudora Henao	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	F	eudora.henao@inemar.gov.co	Eudora Henao
6. Diana Gómez	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	F	diana.gomez@inemar.gov.co	Diana Gómez
7. Raul Navarro	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	M	raul.navarro@inemar.gov.co	Raul Navarro
8. Fabiola Quintero	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	F	fabiola.quintero@inemar.gov.co	Fabiola Quintero
9. Rocio Barrios	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	F	rocio.barrios@inemar.gov.co	Rocio Barrios
10. Eudora Henao	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	F	eudora.henao@inemar.gov.co	Eudora Henao
11. Diana Gómez	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	F	diana.gomez@inemar.gov.co	Diana Gómez
12. Raul Navarro	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	M	raul.navarro@inemar.gov.co	Raul Navarro
13. Fabiola Quintero	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	F	fabiola.quintero@inemar.gov.co	Fabiola Quintero
14. Rocio Barrios	INEMAR	Santa Marta	Asesor	3087724	3087724	F	rocio.barrios@inemar.gov.co	Rocio Barrios

www.moam.com.co

www.moam.com.co

info@moam.com.co / +57 3114588419-3002187228 / Calle 87 2-53 Of.101 Bocasallinas / Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia





**CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y DE LA DIVERSIDAD EN LOS ECOSISTEMAS DE
ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS EN LA JURISDICCIÓN MARINA DE CORPAMAG,
CARIBE COLOMBIANO
Contrato 260**

MEMORIA DE REUNIÓN / TALLER					
Lugar:	Fecha:	Tipo de reunión:			
Auditorio Corporación Autónoma Regional del Magdalena -CORPAMAG	14-12-18	Presencial	x	Virtual/Telef	
A cargo de:	Hora inicio:	Hora fin:			
MoAm, CORPAMAG	1500	1730			

Objetivos
<ul style="list-style-type: none"> • Socializar los resultados del proyecto "Caracterización ecológica y de la diversidad en los ecosistemas de arrecifes de coral y pastos marinos en la jurisdicción marina de CORPAMAG, Caribe colombiano" • Proponer participativamente ideas para el establecimiento e implementación de un plan de manejo para los ecosistemas evaluados.
Desarrollo
<ol style="list-style-type: none"> 1. Saludo de bienvenida y agradecimiento por parte de Julieth Prieto funcionaria de Corpamag a los 14 participantes de 9 entidades, instituciones y empresas por atender a la socialización. Posterior saludo y agradecimiento del director de MoAm, Oscar Delgadillo. 2. El director de MoAm procedió a realizar la presentación de los resultados del proyecto que incluyeron: 1) distribución y perfil batimétrico de los arrecifes y pastos, 2) diversidad y estado actual de las comunidades biológicas en los arrecifes de coral y pastos marinos, y 3) construcción participativa del plan de manejo preliminar en la línea de mitigación de impactos. 3. Posterior a la presentación se recibieron los comentarios de los participantes. En primea instancia Diego Alonso de Puerto Nuevo felicitó el trabajo realizado y preguntó acerca de la inclusión del área del Banco de las Ánimas en el estudio. A esto, Oscar Delgadillo respondió que esa zona fue recientemente evaluada por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, y que el objetivo de esta investigación estuvo enfocado en las áreas que no tenían información actualizada como fue el caso de la bahía de Taganga, bahía de Gaira y Pozos Colorados. 4. María Danies de la Corporación resaltó la importancia de la adición de nuevas áreas de arrecifes, y la necesidad de tener la información cartográfica actualizada en el sistema de información geográfica de la Corporación.

www.moam.com.co

info@moam.com.co / +57 3114588419-3002187228 / Calle 87 2-53 Of.101 Bocasalinas / Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia





5. Con respecto a las acciones y metas de la línea de mitigación del plan de manejo preliminar, los participantes del encuentro sugirieron aprobar zonas de exclusión de pesca para frenar el impacto de las redes de arrastre en los fondos marinos que albergan formaciones coralinas.
6. El delegado de Puerto Nuevo Diego Alonso habló sobre una experiencia que está adelantando la empresa con pescadores artesanales del municipio de Ciénaga, con el fin de crear conciencia sobre el impacto de la sobrepesca en los ecosistemas marinos y así encontrar una solución que mejore la calidad de vida de los pescadores además del cuidado y protección del recurso pesquero.
7. La funcionaria del Instituto Distrital de Turismo de Santa Marta – INDETUR Darlys Padilla, compartió su afán de crear una alerta temprana para las especies que tienen algún grado de amenaza, para dar a conocer a la comunidad y de esta manera ayudar en la protección de los ecosistemas presentes en Playa Blanca e Inca Inca en donde habitan. Sugirió también compartir los resultados más relevantes del proyecto como parte de un trabajo que se está realizando con pescadores artesanales de Santa Marta, y así socializar esta información reciente para crear un espacio de intercambio de ideas con el fin de mejorar el ordenamiento de las actividades de pesca de la región.
8. Por lo anterior, Oscar Delgadillo respondió que en un plazo máximo de dos meses se entregará la información completa a la corporación para su posterior divulgación.
9. Teniendo en cuenta que todos los participantes aprobaron el punto de zonas de exclusión de pesca en las formaciones coralinas como prioridad en el plan de manejo, se empezó a indagar sobre el censo de pescadores como un instrumento importante en el planteamiento dirigido a la protección de los ecosistemas marinos y al proceso de reubicación de las áreas de pesca con el fin de otorgar un espacio laboral a los pescadores. Además, estuvieron de acuerdo con la idea de que el departamento del Magdalena necesita un ordenamiento pesquero con urgencia.
10. En cuanto a la sugerencia de incluir en el plan de manejo la instalación de la tecnología de arrecifes artificiales en Playa Blanca e Inca Inca para disminuir la presión del turismo al ecosistema natural y crear nuevos espacios de que alberguen biodiversidad, la funcionaria de Corpamag sugirió que sería un gran paso en la protección del fondo marino y así mismo en la implementación de estrategias para el mejoramiento de los servicios de turismo.
11. Diego Alonso de Puerto Nuevo mencionó las limitaciones que como empresa tienen para apoyar este tipo de iniciativa debido a experiencias previas, pues el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras ha emitido conceptos negativos para la implementación de arrecifes artificiales, y por eso la empresa no ha incursionado en estas propuestas.
12. Julieth Prieto explicó que el instituto solo da un concepto técnico y que este normalmente no está basado en la experiencia propia del instituto en la utilización

www.moam.com.co

info@moam.com.co / +57 3114588419-3002187228 / Calle 87 2-53 Of.101 Bocasalinas / Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia



de arrecifes artificiales. Adicionalmente, la funcionaria mencionó la experiencia de iniciativas en arrecifes en el Caribe y como estos son una alternativa exitosa y viable para el manejo de los recursos y el impulso de alternativas económicas para las comunidades locales. Finalmente aclaró que quien es la autoridad ambiental en el territorio es la Corporación y que tiene autonomía para dar viabilidad a estos proyectos siempre y cuando cumplan con los estándares técnicos requeridos.

13. Por último, el funcionario de Drummond Ltda Rafael Ortiz, comentó que la empresa está dispuesta a apoyar los proyectos encaminados a la protección de los ecosistemas marinos. Asimismo, Diego Alonso de Puerto Nuevo recalcó la importante labor de la empresa en el acompañamiento de estos procesos y también se comprometió a hacer parte de estas iniciativas a favor del medio ambiente marino.
14. La sesión cerró con los compromisos de compartir la información y divulgarla una vez se haya finalizado todo el proyecto.



www.moam.com.co

info@moam.com.co / +57 3114588419-3002187228 / Calle 87 2-53 Of.101 Bocasallinas / Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia



MoAm



CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y DE LA DIVERSIDAD EN LOS ECOSISTEMAS DE ARRECIFES DE CORAL Y PASTOS MARINOS EN LA JURISDICCIÓN MARINA DE CORPAMAG, CARIBE COLOMBIANO

REGISTRO DE ASISTENCIA

Asunto: Presentación resultados caracterización arrecifes coralinos y pastos marinos
Lugar: Auditorio CORPAMAG
Hora inicio: 3:30 pm
Fecha: 14 de febrero 2019
Hora fin: 5:30 pm

No	Nombre Completo	Entidad	Ciudad	Cargo	Tel fijo	Celular	Genero	Correo electrónico	Firma
1.	Edgar Quiroga	DDT	Ciudad de Panamá	Supervisor		315698859	M	edgarqui@corpamag.gov.co	[Firma]
2.	Wilfredo Beltrán	Amada	Bombalito	Teniente		316291591	M	wilfredo.beltran@corpamag.gov.co	[Firma]
3.	Diego Flores	PNIA	Unigu	SS Ambiental		3103020471	M	Diego.Flores@corpamag.gov.co	[Firma]
4.	Jorge Villanueva	Dimar	Quibdó	Dir. Reg. y Control		316551400	M	jorge.villanueva@corpamag.gov.co	[Firma]
5.	Kevin Plazas	Corporación	Salto	Comité de		3106307236	F	kevin.plazas@corpamag.gov.co	[Firma]
6.	María Dávila	Quindío	Quindío	Adm. 4	4211460		F	maria.davila@corpamag.gov.co	[Firma]
7.	Nadia Andía	Petrolero	Bogotá	Asesor		3244235	F	nadia.andia@corpamag.gov.co	[Firma]
8.	Yolimar García	Procuraduría	Bogotá	Asesor		320812781	F	yolimar.garcia@corpamag.gov.co	[Firma]
9.	Rafael Ariza	INDEP	SUR	Asesor		30164909	M	rafael.ariza@corpamag.gov.co	[Firma]
10.	Julio Pardo	INDEP	SUR	Asesor		3555574	M	julio.pardo@corpamag.gov.co	[Firma]
11.	Magdalena	INDEP	SUR	Asesor		31597023	F	magdalena@corpamag.gov.co	[Firma]
12.	Fernando	INDEP	SUR	Asesor		31066884	M	fernando@corpamag.gov.co	[Firma]
13.	Diego	INDEP	SUR	Asesor		3207491	F	diego@corpamag.gov.co	[Firma]
14.	Diego	INDEP	SUR	Asesor		30157519	F	diego@corpamag.gov.co	[Firma]

WWW.MOAM.COM.CO
info@moam.com.co / +57 3114588419-3002187228 / Calle 87 2-53 Of.101 Bocasalinas / Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia

www.moam.com.co

info@moam.com.co / +57 3114588419-3002187228 / Calle 87 2-53 Of.101 Bocasalinas / Pozos Colorados, Santa Marta, Colombia

