

MONITOREO DE ECOSISTEMAS MARINOS DE BAHÍA PORTETE (PUERTO BOLÍVAR)



INFORME TÉCNICO FINAL

CON -CSC-015-015 CERREJON IV ITF

Santa Marta D.T.C.H., agosto de 2016

MONITOREO DE ECOSISTEMAS MARINOS DE BAHÍA PORTETE (PUERTO BOLÍVAR)

INFORME TÉCNICO DE AVANCE

CUERPO DIRECTIVO

Director
Francisco A. Arias Isaza

Subdirector
Coordinador de investigaciones
Jesús Antonio Garay Tinoco

Coordinador
Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos
(BEM)
David Alonso Carvajal

Coordinador
Programa Valoración y Aprovechamiento de
Recursos Marinos Vivos (VAR)
Mario Rueda Hernández

Coordinadora
Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)
Luisa Fernanda Espinosa

Coordinadora
Coordinación de Investigación e Información para
Gestión Marina y Costera (GEZ)
Paula Cristina Sierra Correa

Coordinadora
Programa de Geociencias Marinas (GEO)
Constanza Ricaurte Villota

Coordinador
Coordinación de Servicios Científicos
Julian Betancourt Portela

Subdirector de Recursos y Apoyo a la Investigación
(SRA)
Sandra Rincón Cabal

Cítese como: BOLAÑO, M., M. AGUILAR, E. BARRIOS, I. CAICEDO, C. GIRALDO, J. HERNÁNDEZ, L. RAMOS. 2016. Monitoreo de ecosistemas marinos de Bahía Portete (puerto Bolívar). Coordinación de Servicios científicos. INVEMAR. Informe Técnico Final para Cerrejon Colombian Limited. Santa Marta, D.T.C.H. Colombia. 329 páginas + anexos.

Código de proyecto: **CON-CSC-015-15-ITF**



INVEMAR - Calle 25 N° 2-55. Sector Playa Salguero -
Rodadero Sur Santa Marta – Colombia
Apartado Aéreo 1016, PBX: (57) (5) 4328600
Fax: (57) (5) 4328694
<http://www.INVEMAR.org.co>

COORDINACIÓN DE SERVICIOS CIENTÍFICOS

Julián Betancourt - *COORDINADOR SERVICIOS CIENTÍFICOS*
Juan Carlos Márquez Hoyos – *ASESOR CIENTÍFICO Y ADMINISTRATIVO*

GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Maryela Paola Bolaño Lara - *JEFE DE PROYECTO*

COMPONENTES TÉCNICOS

Lina Ramos Ortega – *CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS*
Julián Hernández Pinto – *ANÁLISIS MINERALÓGICO*
Israel Caicedo Torrado – *FORMACIONES CORALINAS*
María Aguilar Pérez – *PASTOS MARINOS*
Eliana Barrios Vásquez – *MACROFAUNA BENTÓNICA DE FONDOS BLANDOS*
Claudia Giraldo Escobar – *MANGLARES*

CARTOGRAFÍA

Diana Romero – *LABSIS INVEMAR*

PERSONAL DE APOYO EN CAMPO Y LABORATORIO

Freiman Ayala Rivera, Karen Serna, Tibisay Posada, Carlos Benitez, Eduardo García, Juan Cortés, María Aguilar, Ángela Marulanda, Frank Montes, Sergio Tafur, Luisa Sierra, Juan Asís, Jairo Romero, Luis Hernández, Everaldo López, John Beltrán, Víctor Coronado, Eduardo Jaraba, Eduardo Vilarete, Javier Charris.

APOYO ADMINISTRATIVO Y LOGÍSTICA

Bleidis Sierra León
Oscar Fawcett Pereira

Santa Marta D.T.C.H., agosto de 2016

Imagen portada: Imágenes obtenidas en el muestreo realizado durante la época de lluvias (CSC-INVEMAR).

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO	22
1.1. RESUMEN GENERAL	22
1.2. RESUMEN POR COMPONENTE	23
1.2.1. CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS	23
1.2.2. ANÁLISIS MINERALÓGICO	23
1.2.3. FORMACIONES CORALINAS.....	24
1.2.4. PASTOS MARINOS.....	25
1.2.5. MACROINFAUNA BENTÓNICA DE FONDOS BLANDOS.....	26
1.2.6. MANGLARES	27
2. INTRODUCCIÓN.....	28
3. ALCANCE DEL ESTUDIO.....	30
3.1. OBJETIVO GENERAL	30
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	31
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES	31
4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS GENERALES DEL ÁREA.....	31
4.2.1. CLIMA.....	31
4.2.2. VIENTOS	32
4.2.1. PRECIPITACIÓN	33
4.2.2. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	35
4.2.1. OCEANOGRAFÍA.....	37
4.3. DISEÑO Y RED DE ESTACIONES.....	38
5. CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS.....	46
5.1. CONSIDERACIONES GENERALES	46
5.2. MÉTODOS.....	48
5.2.1. SALIDA DE CAMPO.....	48
5.2.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO	50
5.2.3. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	52
5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
5.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA COLUMNA DE AGUA: VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL.....	53
5.3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS	67

5.3.3. VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL.....	74
5.3.4. COMPARACIÓN MULTITEMPORAL	77
5.4. CONCLUSIONES	82

6. ANÁLISIS MINERALÓGICO (CONTENIDO DE CARBÓN) 83

6.1.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	83
6.2. MÉTODOS.....	85
6.2.1. SALIDA DE CAMPO.....	85
6.2.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO	86
6.2.3. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	88
6.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	89
6.3.1. ESTACIONES INFRALITORAL (FONDOS BLANDOS)	90
6.3.2. ESTACIONES DE PLAYAS (INTERMAREAL)	94
6.3.3. COMPARACIÓN MULTITEMPORAL	106
6.4. CONCLUSIONES	109

7. FORMACIONES CORALINAS 110

7.1. CONSIDERACIONES GENERALES	110
7.2. MÉTODOS.....	111
7.2.1. SALIDA DE CAMPO.....	111
7.2.2. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	114
7.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	117
7.3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS FORMACIONES CORALINAS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	117
7.3.2. COBERTURA RELATIVA DEL SUSTRATO	118
7.3.3. COMPOSICIÓN Y COBERTURA DE CORALES	122
7.3.4. EQUITATIVIDAD Y DIVERSIDAD	126
7.3.5. VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL.....	127
7.3.6. COMPARACIÓN MULTITEMPORAL	130
7.4. CONCLUSIONES	137

8. PASTOS MARINOS..... 138

8.1. CONSIDERACIONES GENERALES	138
8.2. MÉTODOS.....	139
8.2.1. SALIDA DE CAMPO.....	139
8.2.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO	140
8.2.3. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	142
8.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	143
8.3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PASTOS MARINOS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	143
8.3.2. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES ESTRUCTURALES.....	145
8.3.3. FAUNA ASOCIADA A LAS PRADERAS DE PASTOS MARINOS	150
8.3.4. COMPARACIÓN MULTITEMPORAL	157

8.4. CONCLUSIONES	163
<u>9. MACROINFAUNA BENTÓNICA DE FONDOS BLANDOS.....</u>	<u>164</u>
9.1. CONSIDERACIONES GENERALES	164
9.2. MÉTODOS.....	165
9.2.1. SALIDA DE CAMPO.....	165
9.2.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO	167
9.2.3. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	168
9.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	171
9.3.1. ATRIBUTOS ECOLÓGICOS	171
9.3.1. VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL.....	180
9.3.2. RELACIÓN CON VARIABLES AMBIENTALES.....	184
9.3.3. COMPARACIÓN MULTITEMPORAL	186
9.4. CONCLUSIONES	191
<u>10. MANGLARES.....</u>	<u>192</u>
10.1. CONSIDERACIONES GENERALES	192
10.2. MÉTODOS.....	193
10.2.1. SALIDA DE CAMPO	193
10.2.2. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	198
10.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	200
10.3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES	201
10.3.2. COMPARACIÓN ENTRE ÁREAS.....	222
10.3.1. COMPARACIÓN MULTITEMPORAL.....	223
10.3.2. CONCLUSIONES	226
<u>11. BIBLIOGRAFÍA.....</u>	<u>227</u>
<u>12. ANEXOS.....</u>	<u>251</u>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Diagrama de caja de la velocidad del viento medio mensual ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) en la estación Puerto Bolívar (período 1986-2012). Tomado de Garrido-Linares <i>et al.</i> (2014).	32
Figura 4.2. Distribución de la velocidad del viento ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) en la estación Puerto Bolívar (período 1988-2012). Tomado de Garrido-Linares <i>et al.</i> (2014).	33
Figura 4.3. Distribución mensual multianual de la velocidad del viento ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) en la estación Puerto Bolívar (período 1988-2012).	33
Figura 4.4. Diagrama de caja mensual de la precipitación total mensual (mm) en la estación Puerto Bolívar (período 1986-2012). Tomado de Garrido-Linares <i>et al.</i> (2014).	34
Figura 4.5. Distribución de frecuencias de precipitación total mensual (mm) en la estación Puerto Bolívar (período 1988-2012). Tomado de Garrido-Linares <i>et al.</i> (2014).	34
Figura 4.6. Distribución mensual multianual de la precipitación (mm) en la estación Puerto Bolívar (período 1988-2012). Tomado de Garrido-Linares <i>et al.</i> (2014).	35
Figura 4.7. Bahía Portete (Geología del departamento de la Guajira, INGEOMINAS, 2002) Escala original 1:250000.	36
Figura 4.8. Altura de la ola en el periodo de tiempo comprendido entre 2000 y 2009. Fuente de datos: Thomas <i>et al.</i> , (2012).	37
Figura 4.9. Ubicación de las estaciones de muestreo para cada uno de los componentes involucrados en el monitoreo. La línea verde (---) señala el área de influencia del puerto (A1) y la línea azul (---), señala el área fuera de la influencia del puerto (A2), de acuerdo a lo especificado por INVEMAR (2004).	39
Figura 4.10. Ubicación de las estaciones para el monitoreo de calidad de aguas y sedimentos, mineralógico infralitoral y macrofauna bentónica durante la época de lluvias (diciembre de 2015) y seca (marzo-abril de 2016). La línea verde (---) señala el área de influencia del puerto (A1) y la línea azul (---), señala el área fuera de la influencia del puerto (A2), de acuerdo a lo especificado por INVEMAR (2004).	41
Figura 4.11. Ubicación de las estaciones para el monitoreo de las formaciones coralinas. La línea verde (---) señala el área de influencia del puerto (A1) y la línea azul (---), señala el área fuera de la influencia del puerto (A2), de acuerdo a lo especificado por INVEMAR (2004).	42
Figura 4.12. Ubicación de las estaciones para el monitoreo de pastos marinos. La línea verde (---) señala el área de influencia del puerto (A1) y la línea azul (---), señala el área fuera de la influencia del puerto (A2), de acuerdo a lo especificado por INVEMAR (2004).	43
Figura 4.13. Ubicación de las estaciones para el monitoreo de manglares. La línea verde (---) señala el área de influencia del puerto (A1) y la línea azul (---), señala el área fuera de la influencia del puerto (A2), de acuerdo a lo especificado por INVEMAR (2004).	44
Figura 4.14. Ubicación de las estaciones para el monitoreo de mineralogía de playas. La línea verde (---) señala el área de influencia del puerto (A1) y la línea azul (---), señala el área fuera de la influencia del puerto (A2), de acuerdo a lo especificado por INVEMAR (2004).	45
Figura 5.1. Valores del índice Oceánico de El Niño entre 1995 - 2016. Valores mayores a 0,5 representan fenómeno de El Niño, y los menores a -0,5, al de La Niña. El índice corresponde a la media de tres meses. Datos tomados de NOAA (2016).	47

Figura 5.2 Recolección de muestras para calidad de aguas. a) Medición de variables <i>in situ</i> con equipos portátiles. b) Recolección de muestra en frascos de polipropileno. c) Recolección de muestra en frascos de vidrio para hidrocarburos. d) Conservación de muestras en refrigeración.	49
Figura 5.3. Recolección de muestras para calidad de sedimentos. a) Draga tipo Van Veen. b) Recolección de muestra para hidrocarburos. c) y d) Recolección de muestra en frascos de polietileno para granulometría y metales.	50
Figura 5.4. Valores de transparencia graficados por época climática en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	54
Figura 5.5. Valores de temperatura y salinidad graficados por época climática en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	55
Figura 5.6. Valores de pH graficados por época climática en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	58
Figura 5.7. Valores de oxígeno disuelto graficados por época climática en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	59
Figura 5.8. Valores de materia orgánica graficados por época climática en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	60
Figura 5.9. Valores de sulfatos graficados por época climática en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	63
Figura 5.10. Valores de nitritos y nitratos graficados por época climática en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	64
Figura 5.11. Valores de fosfatos graficados por época climática en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	66
Figura 5.12. Valores de Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT) graficados por época climática en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	67
Figura 5.13. Distribución de tamaño de grano en las estaciones de muestreo en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	68
Figura 5.14. Variación espacial de la materia orgánica en sedimentos, en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	69
Figura 5.15. Variación espacial de los Hidrocarburos Aromáticos Totales en sedimentos (HAT), en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	70
Figura 5.16. Variación espacial de los metales zinc, hierro y níquel en sedimentos, en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	72
Figura 5.17. Variación espacial de los metales plomo, cobre y cromo en sedimentos, en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.	73
Figura 5.18. Representación gráfica del análisis de coordenadas principales para calidad de aguas, teniendo en cuenta los factores de variación área de influencia (A1: directa y A2: indirecta) y épocas climáticas (lluvias y seca).	75
Figura 5.19. Representación gráfica del análisis de coordenadas principales para calidad de sedimentos, teniendo en cuenta los factores de variación área de influencia (A1: directa y A2: indirecta) y épocas climáticas (lluvias y seca).	76

Figura 5.20. Variación promedio anual (1987 - 2016) de las variables temperatura y salinidad en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira. Época seca (Sc) y época lluviosa (LI). Valores de desviación estándar en el Anexo 12.6.	77
Figura 5.21. Variación promedio anual (1987 - 2016) de las variables oxígeno disuelto y pH en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira. Época seca (Sc) y época lluviosa (LI). Valores de desviación estándar en el Anexo 12.6.	78
Figura 5.22. Variación promedio anual (2003 - 2016) de las variables nitritos (NO ₂), nitratos (NO ₃) y fosfatos (PO ₄) en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira. Época seca (Sc) y época lluviosa (LI). Valores de desviación estándar en el Anexo 12.6.	79
Figura 5.23. Variación promedio anual (2003 - 2016) de los Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT) en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira. Época seca (Sc) y época lluviosa (LI). Valores de desviación estándar en el Anexo 12.6.	79
Figura 5.24. Variación promedio anual (2003 - 2016) de la materia orgánica en sedimentos, en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira. Época seca (Sc) y época lluviosa (LI). Valores de desviación estándar en el Anexo 12.7.	80
Figura 5.25. Variación promedio anual (2003 - 2016) de los Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT) en sedimentos, en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira. Época seca (Sc) y época lluviosa (LI). Valores de desviación estándar en el Anexo 12.7.	81
Figura 5.26. Variación promedio anual (2003 - 2016) de los metales en sedimentos, en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira. Época seca (Sc) y época lluviosa (LI). Valores de desviación estándar en el Anexo 12.7.	81
Figura 6.1. Recolección de muestras de sedimentos para análisis mineralógico. a) Draga Van Veen (0,05 m ²) con muestra recolectada; b) Almacenamiento de la muestra en bolsas etiquetadas.	85
Figura 6.2. Recolección de muestras de sedimentos de playa para análisis mineralógico a) Maniobra para muestreo empleando nucleador; b) toma de la muestra; c) extremo superior del nucleador sellado para proceder a la extracción de la muestra; d) muestra de núcleo sellada a sus extremos para su transporte.	86
Figura 6.3. Procedimiento del trabajo de laboratorio. a) Columna de tamices sobre un vibrador, utilizada en la separación granulométrica; b) determinación del contenido mineralógico utilizando lupa estereoscópica MOTICAM; c) montaje para la separación de carbón por densidad.	88
Figura 6.4. Curvas de acumulación granulométrica en escala logarítmica según el diámetro de partículas (mm) en las muestras infralitoral, en época de lluvias.	91
Figura 6.5. Curvas de acumulación granulométrica en escala logarítmica según el diámetro de partículas (mm) en las muestras infralitoral, en época seca.	92
Figura 6.6. Playa Ipari (P1). a) vista al NE en época de lluvias; b) vista al SW en época de lluvias; c) vista al NE época seca; d) vista al SW época seca.	94
Figura 6.7. Playa estación P2. Toma desde el punto de muestreo P2B. a) vista al NE en época de lluvias; b) vista al SW en época de lluvias; c) vista al NE en época seca, un poco más cerca a la malla norte del puerto; d) vista al SW en época seca.	95
Figura 6.8. Estación P3 próximo al parque eólico. a) Sección de playa litoral rocoso donde se extrajo la muestra P3B; b) vista NE del sector P3A para época de lluvias; c) época seca; d) época seca. ...	96
Figura 6.9. Playa estación P4 diagonal al Parque eólico. Toma desde el punto de muestreo P4B. a) Playa extensa vista al NE, en época de lluvias; b) Playa extensa que termina con el espolón en rocas,	

vista al SW en época de lluvias; c) Playa extensa vista al NE, época seca; d) Playa extensa que termina con el espolón en rocas, vista al SW en época seca.	97
Figura 6.10. Playa estación P5. a) Playa angosta, gravosa, al borde de terrazas sedimentarias vista al NE, en época de lluvias; b) costado SW se observan gravas, vegetación en zona de playa, terrazas bajas sedimentarias, época de lluvias; c) Playa angosta, gravosa, al borde de terrazas sedimentarias vista al NE, época seca; d) costado SW se observan gravas, vegetación en zona de playa, terrazas bajas sedimentarias, época seca.	98
Figura 6.11. Estación P6 sobre el muelle Early Coal. Toma desde el punto de muestreo P6B. a) Vista al SE en época de lluvias, se observa acantilado de areniscas con evidente desgaste de la roca por acción del mar, presencia de algunos cantos rodados, con nivel alto del agua y fuerte oleaje, impidiendo acceso al punto P6A; b) vista al NW de P6B en época de lluvias playa angosta con presencia de gravas y bioturbación al borde de las laderas sedimentaria; c) vista al NW desde el punto P6A, playa angosta con abundantes guijas, restos de conchas y cantos rodados; d) vista al NW de P6B en época seca.	99
Figura 6.12. Curvas de acumulación granulométrica en escala logarítmica según el diámetro de partículas (mm) en las muestras de playa, en época de lluvias.	102
Figura 6.13. Curvas de acumulación granulométrica en escala logarítmica según el diámetro de partículas (mm) en las muestras de playa, en época seca.	103
Figura 6.14. Comparación del contenido de carbón entre el 2010 y 2015. a) Muestras del infralitoral; b) muestras de playa (zona intermareal).	108
Figura 7.1. Muestreo de formaciones coralinas en bahía Portete. a) Lancha <i>Pristis</i> del INVEMAR. b) Estaca de acero inoxidable para delimitar la parcela. c) Tramo de un transecto pasando sobre una cabeza de <i>Siderastrea siderea</i> . d) Registro de porcentajes de cobertura en un cuadrante de 1m ²	112
Figura 7.2. Trazado de los cuatro transectos dentro de cada parcela de monitoreo de las formaciones coralinas de bahía Portete. Se muestra la unidad de muestreo (cuadrante de 1 m ²), utilizada 40 veces en cada parcela.	113
Figura 7.3. Cobertura (%) promedio de las categorías del sustrato en las formaciones coralinas monitoreadas en bahía Portete. Se unificaron los datos primarios registrados en época lluviosa (diciembre 2015) y época seca (abril 2016).	119
Figura 7.4. Cobertura (%) promedio de los principales componentes del sustrato (<i>Thalassia testudinum</i> , Sedimento y <i>Millepora alcicornis</i>) en las formaciones coralinas monitoreadas en bahía Portete (2015-2016).	121
Figura 7.5. Especies de corales hermatípicos registradas durante el presente monitoreo (2015-2016) en bahía Portete. a) <i>Millepora alcicornis</i> . b) <i>Agaricia agaricites</i> . c) <i>Orbicella annularis</i> . d) <i>Colpophyllia natans</i> . e) <i>Favia fragum</i> . f) <i>Pseudodiploria clivosa</i> . g) <i>Pseudodiploria strigosa</i> . h) <i>Oculina diffusa</i> . i) <i>Porites astreoides</i> . j) <i>Porites porites</i> . k) <i>Siderastrea siderea</i> . l) <i>Siderastrea radians</i>	123
Figura 7.6. Cobertura (%) promedio de las especies de corales hermatípicos registradas en las formaciones coralinas monitoreadas en bahía Portete (2015-2016).	125
Figura 7.7. Índices de diversidad de Shannon (H') y equitatividad de Pielou (J') de las formaciones coralinas monitoreadas en bahía Portete en época de lluvias (diciembre 2015) y época seca (abril 2016).	127
Figura 7.8. Análisis de clasificación de las formaciones coralinas monitoreadas en bahía Portete en las dos épocas climáticas. L = época de lluvias (diciembre de 2015). S = época seca (abril de 2016). ..	128

Figura 7.9. Análisis de ordenamiento nMDS de las formaciones coralinas monitoreadas en bahía Portete durante época de lluvias (diciembre de 2015) y época seca (abril de 2016).	129
Figura 7.10. Análisis de ordenamiento nMDS de las formaciones coralinas monitoreadas en bahía Portete (2015-2016). a) Áreas de influencia, Área 1: área de influencia directa del puerto; Área 2: área de influencia indirecta; b) estaciones con formaciones sin talud y con talud.	129
Figura 7.11. Comparación multianual de la cobertura (%) promedio de las categorías del sustrato en las formaciones coralinas en los tres sectores monitoreados de bahía Portete.	131
Figura 7.12. Comparación multianual de la cobertura (%) promedio de las especies de corales hermatípicos registradas en las formaciones coralinas en los tres sectores monitoreados de bahía Portete.	133
Figura 7.13. Comparación multianual de los índices de diversidad de Shannon ($H' [Ln]$) y equitatividad de Pielou (J') de las formaciones coralinas en los tres sectores monitoreados en bahía Portete.	134
Figura 7.14. Análisis de clasificación de las formaciones coralinas en el área de estudio, bahía Portete, evaluando los monitoreos realizados en los años 2004, 2010 y 2016.	135
Figura 7.15. Análisis de ordenamiento nMDS de las formaciones coralinas en el área de estudio, bahía Portete, evaluando los monitoreos realizados en los años 2004, 2010 y 2016.	136
Figura 7.16. Análisis de ordenamiento nMDS de las formaciones coralinas en el área de estudio, bahía Portete, evaluando los monitoreos realizados en los años 2004, 2010 y 2016. Comparación entre estaciones: a) dentro y fuera del área de influencia del puerto; b) sin talud y con talud.	136
Figura 8.1. Características de las parcelas empleadas en el muestreo de pastos marinos.	140
Figura 8.2. a) Corazonador de 16 cm, empleados en el muestreo de atributos estructurales de pastos marinos. b) Cuadrante de 1 m ²	140
Figura 8.3. a.) Proceso de separación de hojas y raíces b.) Biomasa foliar y rizoidal. c y d). Procedimiento con HCl. e). Medición del ancho de las hojas. f). Medición del largo de las hojas.	141
Figura 8.4. Separación e Identificación de organismos de macrofauna en grupos taxonómicos mayores.	142
Figura 8.5. a.) Vástagos de <i>Syringodium filiforme</i> y b.) <i>Thalassia testudinum</i>	144
Figura 8.6. Comparación entre épocas climáticas de las biomasa foliares y rizoidales con corazonador y cuadrante de las pradera de pastos encontradas en las estaciones ubicadas en bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. Se indican valores p obtenidos de la prueba T, y W de prueba Wilcoxon (U). A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.	145
Figura 8.7. Comparación de las biomasa foliar y rizoidal con corazonador y cuadrante en las estaciones ubicadas en el área de influencia de Puerto Bolívar (Bahía Portete, Caribe colombiano). Se indican valores p obtenidos de la prueba T. A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.	146
Figura 8.8. Comparación entre áreas de la cobertura de las praderas de pastos marinos en las estaciones ubicadas en Puerto Bolívar (Bahía Portete, Caribe colombiano). Se indican valores p obtenidos de la prueba T. A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.	147
Figura 8.9. Comparación entre épocas climáticas de la cobertura de las praderas de pastos marinos en las estaciones ubicadas en Puerto Bolívar (Bahía Portete, Caribe colombiano). Se indica el valor p obtenido de la prueba Wilcoxon. A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.	147

Figura 8.10. Comparación entre Áreas de la Densidad de Vástagos ($V \cdot m^{-2}$) de la pradera de pastos de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. Se indican valores p obtenidos de la prueba T. A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.	148
Figura 8.11. Comparación entre épocas climáticas de la densidad de vástagos por m^2 de las praderas de pastos marinos en las estaciones ubicadas en Puerto Bolívar (Bahía Portete, Caribe colombiano). Se indican valores p obtenidos de la prueba T. A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.....	148
Figura 8.12. Comparación entre áreas del Alto y Ancho de las Hojas de las praderas de pastos marinos en las estaciones ubicadas en Puerto Bolívar (Bahía Portete, Caribe colombiano). Se indican valores p obtenidos de la prueba T. A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.	149
Figura 8.13. Comparación entre épocas climáticas de la altura y ancho de las hojas (cm) de las praderas de pastos marinos en las estaciones ubicadas en Puerto Bolívar (Bahía Portete, Caribe colombiano). Se indican valores p obtenidos de la prueba T. A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.....	150
Figura 8.14. Comparación entre áreas de la altura y ancho de las hojas (cm) de las praderas de pastos marinos en las estaciones ubicadas en Puerto Bolívar (Bahía Portete, Caribe colombiano). Se indican valores p obtenidos de la prueba T. A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.	151
Figura 8.15. Comparación de las familias (Riqueza) de los phyla para épocas de lluvias (L) y seca (S) de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano.	152
Figura 8.16. Comparación del número de individuos (Abundancia) de los phyla para épocas de lluvias (L) y seca (S) de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano.	153
Figura 8.17. (a) Resultado del análisis de clasificación usando el índice de similitud de Bray-Curtis y ordenación mediante la técnica de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) de la comunidad macroinfaunal asociada a las praderas de pastos marinos en las estaciones ubicadas en Puerto Bolívar (Bahía Portete, Caribe colombiano), durante los muestreos realizados durante las épocas de lluvias (L) y seca (S).	154
Figura 8.18. Comparación entre épocas de la abundancia y riqueza de las praderas de pastos marinos en las estaciones ubicadas en Puerto Bolívar (Bahía Portete, Caribe colombiano). Se indican valores p obtenidos de la prueba T.....	155
Figura 8.19. Comparación entre áreas de la abundancia y riqueza de las praderas de pastos marinos en las estaciones ubicadas en Puerto Bolívar (Bahía Portete, Caribe colombiano). Se indican valores p obtenidos de la prueba T. A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.	155
Figura 8.20. Algunos especímenes de la megafauna asociada a pastos marinos registrados durante los muestreos realizados en Bahía Portete (Caribe colombiano). a. <i>Cassiopea</i> sp., b. <i>Vasum muricatum</i> ., c. <i>Mithrax</i> sp Paguridae, d. <i>Lytechinus variegatus</i> ., e. <i>Echinaster</i> sp, f. <i>Fasciolaria tulipa</i> , g. <i>Oreaster reticulatus</i> , h. <i>Isostichopus</i> sp.....	157
Figura 8.21. Comparación entre áreas y años de las biomásas foliares y rizoidales obtenidas por los métodos de extracción de cuadrante y corazonador, de las praderas de pastos marinos registradas en las estaciones monitoreadas en bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.	159
Figura 8.22. Comparación entre áreas y años para los atributosestructurales densidad de Vastagos porcentaje de cobertura de la pradera de pastos marinos registradas en las estaciones monitoreadas en bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. . A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.....	160

Figura 8.23. Comparación año-áreas y épocas de la altura y ancho de las hojas (cm), de las praderas de pastos marinos registradas en las estaciones monitoreadas en bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.	161
Figura 8.24. Comparación entre Áreas y Años de la Riqueza y Abundancia de la macrofauna asociada a las praderas de pastos registradas en las estaciones monitoreadas en bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. A1: área de influencia directa; A2: área de influencia indirecta.	162
Figura 9.1. Proceso en campo de las muestras de macroinfauna bentónica. a) Equipo para la de toma de la muestra: Draga Van ven de 0,05 m ² . b) Lavado-tamizaje de la muestra. c) Narcotización de organismos y d) Fijación con formol al 10% y rosa de bengala.	166
Figura 9.2. Análisis de laboratorio. a) Lavado de muestras sobre tamiz de 500 µm. b) Separación de organismos en grupos mayores. c) Identificación y cuantificación de la macroinfauna a nivel taxonómico de familia por estación. d) Procedimiento para la biomasa húmeda por familia por estación.	167
Figura 9.3. Distribución de familias por phylum y época en la comunidad macroinfaunal de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. Categoría Otros: Brachiopoda, Bryozoa, Chordata, Cnidaria, Echinodermata, Echiurida, Foraminifera, Hemichordata, Nematoda, Nemertea, Platyhelminthes y Porifera.	172
Figura 9.4. Comparación entre épocas climáticas del número de taxones en la comunidad macroinfaunal de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. Se indican valores W y p obtenidos de prueba Wilcoxon (U).	173
Figura 9.5. Distribución de organismos por phylum y época en la comunidad macroinfaunal de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. Categoría Otros: Brachiopoda, Chordata, Cnidaria, Echinodermata, Echiurida, Foraminifera, Hemichordata, Nematoda, Nemertea y Platyhelminthes.	174
Figura 9.6. Comparación entre épocas climáticas de la densidad de organismos en la comunidad macroinfaunal de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. Se indican valores W y p, obtenidos de prueba Wilcoxon (U).	175
Figura 9.7. Distribución de la biomasa húmeda de organismos por phylum y época en la comunidad macroinfaunal de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. Categoría Otros: Brachiopoda, Chordata, Cnidaria, Echinodermata, Echiurida, Foraminifera, Hemichordata, Nematoda, Nemertea y Platyhelminthes.	176
Figura 9.8. Comparación entre épocas climáticas de la biomasa húmeda de organismos en la comunidad macroinfaunal de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. Se indican valores W y p, obtenidos de prueba Wilcoxon (U).	177
Figura 9.9. Representación gráfica de los valores del estadístico W, resultado del análisis de perturbación por curvas ABC (Comparación Abundancia-Biomasa) de la comunidad de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano, en las épocas climáticas de lluvias y seca.	178
Figura 9.10. Comparación entre épocas climáticas de los índices ecológicos (d, H', J') de la comunidad macroinfaunal asentada de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. Se indican valores W y p, obtenidos de prueba Wilcoxon (U).	179
Figura 9.11. Análisis de clasificación a) y Ordenación b), mediante el índice de similaridad de Bray Curtis, de la comunidad macroinfaunal asentada de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano.	181

Figura 9.12. Distribución de la abundancia (a) y riqueza (b) entre estaciones y épocas climáticas, en la comunidad macroinfaunal asentada de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. Sectores: interno (demarcado en negro) y expuesto (demarcado en azul).	182
Figura 9.13. Superposición de las variables mejor correlacionadas con el análisis de ordenación de la comunidad macroinfaunal, en época de lluvias (L) y Seca (S). AG: Arena gruesa; L-A: Limos-Arcillas; MO: Materia orgánica; Cr: Cromo; Fe: Hierro. El tamaño de los símbolos es proporcional al valor de cada variable. Estrés: 0,14.	185
Figura 9.14. Comparación interanual de la distribución por phylum de familias a), y de organismos b), en la comunidad macroinfaunal de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. Categoría Otros: Brachiopoda, Bryozoa, Chordata, Cnidaria, Echinodermata, Echiurida, Foraminifera, Hemichordata, Nematoda, Nemertea, Platyhelminthes, Sipuncula.....	187
Figura 9.15. Comparación interanual de la distribución de familias a) y número de individuos b), por estación y años de muestreo en la comunidad macroinfaunal de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. Épocas climáticas L: Lluvias y S: Seca.	188
Figura 9.16. Análisis de clasificación a) y Ordenación b), para evaluar el comportamiento interanual en la comunidad macroinfaunal asentada de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano.....	190
Figura 10.1. Ubicación del transecto y disposición de las parcelas en cada una de las estaciones de muestreo.	194
Figura 10.2. Izquierda: Medición de la circunferencia a la altura del pecho (CAP). Derecha: árboles marcados después de la medición para evitar recuento.	196
Figura 10.3. Izquierda: Disposición de las subparcelas de regeneración natural en cada una de las parcelas. Derecha: conteo de plántulas y propágulos al interior de cada cuadrante.	196
Figura 10.4. Medición <i>in situ</i> de la temperatura y salinidad del agua intersticial en los bosques de manglar, empleando un conductímetro YSI 30.....	197
Figura 10.5. Tubos de salinidad y forma de tomar la medición del agua intersticial. Tomado de Gamba-Blanco <i>et al.</i> (2009).	197
Figura 10.6. Muestreo de los perfiles de terreno y vegetación. Época seca.	198
Figura 10.7. Ejemplo de gráfico que ilustra la densidad de plántulas y propágulos en cada parcela. Cada segmento claro representa 0,33 plántulas o propágulos·m ⁻²	200
Figura 10.8. Imagen satelital con los puntos de referencia de cada una de las estaciones en el área de influencia directa (A1). Nótese que el Norte apunta a la derecha. Datos del mapa: Google, DigitalGlobe.....	201
Figura 10.9. Estaciones M2 (a – e) y M1 (e - i). Borde entre el mar y el manglar (a, f y g), interior del manglar (b y h), zona entre el manglar y la llanura (c, d y e) y terraza (i).	207
Figura 10.10. Estaciones M5 (a - e) y M6 (f - i). Borde (f), interior (a, b, g y h), entre la llanura y el manglar (c, e, i) y llanura y terraza (d).....	209
Figura 10.11. Estación M7. Manglar de borde de <i>R. mangle</i> (a y b), vista al manglar de borde desde la llanura en marea alta (c) y baja (d), vista al manglar de cuenca de <i>A. germinans</i> desde la llanura (e) e interior del bosque de <i>A. germinans</i> (f) nótese sus problemas fitosanitarios.	211
Figura 10.12. Imagen satelital con los puntos de referencia de cada una de las estaciones fuera del área de influencia (A2). Nótese que el Norte apunta a la derecha. Datos del mapa: Google, DigitalGlobe.	212

- Figura 10.13. Estación M4. Borde de manglar monoespecífico de *R. mangle* (a y b), manglar monoespecífico de *A. germinans* (c), manglar mixto (e y f) y claro (f). 213
- Figura 10.14. Estación M3. Borde (a) e interior (b y c) de manglar monoespecífico de *R. mangle*, manglar monoespecífico de *A. germinans* (d), vista hacia el manglar (e) se observa zona de *B. maritima*, pantano, zona de *A. germinans* y zona de *R. mangle* y vista al salitral y terraza (f). 217
- Figura 10.15.   ndice de valor de importancia (IVI) de cada especie de mangle por estación. Se indican las estaciones en el área de influencia directa (A1) y en el área de influencia indirecta (A2). 218
- Figura 10.16. Densidad de plántulas y juveniles (arriba) y propágulos (abajo) por tipo de rodal, área, estación, campaña y especie. Las columnas superpuestas muestran la densidad total por época para cada estación/área/rodal. Donde: Rm = *Rhizophora mangle*, Lr = *Laguncularia racemosa* y Ag = *Avicennia germinans*. 219
- Figura 10.17. Salinidad superficial e intersticial promedio en cada uno de los puntos ubicados cada 10 m en la estación M4,   nica con 100 m continuos de manglar. 221
- Figura 10.18. Comparación de los perfiles de la estación M4 de los años 2009 y 2016. El eje de abscisas representa la distancia horizontal en metros desde el borde del manglar hacia su parte interna. 224

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Estaciones de muestreo para calidad de aguas y sedimentos, mineralógico de fondos blandos y macrofauna bentónica, indicadas en la PTE-490-15. A1: �rea de influencia directa; A2: �rea de influencia indirecta.....	40
Tabla 4.2. Estaciones de muestreo para calidad de aguas y sedimentos, mineralógico infralitoral y macrofauna bentónica, muestreadas en la campaña realizada durante la época de lluvias (diciembre de 2015) y seca (marzo-abril de 2016). A1: �rea de influencia directa; A2: �rea de influencia indirecta.....	40
Tabla 4.3. Estaciones de muestreo para el estudio de los componentes Formaciones coralinas, Pastos marinos y Manglares, durante la campaña realizada en la época de lluvias (diciembre de 2015) y seca (marzo-abril de 2016). A1: �rea de influencia directa; A2: �rea de influencia indirecta.	41
Tabla 4.4. Estaciones de muestreo para el análisis mineralógico (contenido de carbón) de playas, durante la campaña realizada en la época de lluvias (diciembre de 2015) y seca (abril de 2016).....	43
Tabla 5.1. Variables y métodos de análisis para el monitoreo de aguas marinas.	50
Tabla 5.2. Variables y métodos de análisis de muestras para el monitoreo de sedimentos marinos.	51
Tabla 5.3. Valores promedio de temperatura (T), salinidad (Sal), pH y oxígeno disuelto (OD) para diferentes zonas costeras del Caribe colombiano. Se presentan los valores mínimo y máximo entre paréntesis. (*) Monitoreos previos realizados en el sector de Bahía Portete.	56
Tabla 5.4. Valores promedio de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅), Materia Orgánica oxidable (MO), Sulfatos e Hidrocarburos Totales para diferentes zonas costeras del Caribe colombiano. Se presentan los valores mínimo y máximo entre paréntesis. (*) Monitoreos previos realizados en el sector de Bahía Portete	61
Tabla 5.5. Valores promedio de Nitritos, nitratos y fosfatos en diferentes zonas costeras del Caribe colombiano. Se presentan los valores mínimo y máximo entre paréntesis. (*) Monitoreos previos realizados en el sector de Bahía Portete.	64
Tabla 5.6. Concentraciones de materia orgánica en sedimentos (mínimo y máximo) en el área de influencia de Puerto Bolívar en el sector de Bahía Portete, La Guajira.....	69
Tabla 5.7. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos totales en sedimentos (mínimo y máximo) para diferentes zonas costeras del Caribe colombiano. (*) Monitoreos previos realizados en el sector de Bahía Portete.....	71
Tabla 5.8. Valores promedio de plomo (Pb), cromo (Cr), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), mercurio (Hg) y níquel (Ni) en sedimentos del Caribe colombiano. Valores mínimo y máximo entre paréntesis. (*) Monitoreos previos realizados en el sector de Bahía Portete.	74
Tabla 6.1. Composición granulométrica porcentual de las muestras del infralitoral.	90
Tabla 6.2. Parámetros estadísticos de la distribución granulométrica ($\phi = -\log_2$ diámetro (mm); σ - desviación estándar) de las muestras tomadas en el infralitoral.	91
Tabla 6.3. Contenido mineralógico de los sedimentos infralitorales del �rea A1 (�rea de influencia directa) en Puerto Bolívar durante la época de lluvias (diciembre de 2015).	92
Tabla 6.4. Contenido mineralógico de los sedimentos infralitorales del �rea A1 (�rea de influencia directa) frente a la costa entre Puerto Bolívar y el Parque Eólico durante la época de lluvias (diciembre de 2015).....	93

Tabla 6.5. Contenido mineralógico de los sedimentos infralitorales del �rea A2 (�rea de influencia indirecta) en Puerto Bolívar durante la época de lluvias (diciembre de 2015).	93
Tabla 6.6. Composición granulométrica porcentual y parámetros estadísticos de la distribución granulométrica ($\varphi = -\log_2$ diámetro (mm); σ - desviación estándar) de las muestras de playa en época de lluvias (diciembre de 2015).	100
Tabla 6.7. Composición granulométrica porcentual y parámetros estadísticos de la distribución granulométrica ($\varphi = -\log_2$ diámetro (mm); σ - desviación estándar) de las muestras de playa en época seca (abril de 2016).	101
Tabla 6.8. Contenido mineralógico de los sedimentos en la estación P1 (Playa Ipari).	104
Tabla 6.9. Contenido mineralógico de los sedimentos en la estación P2.	104
Tabla 6.10. Contenido mineralógico de los sedimentos en la estación P3, en época de lluvias.	105
Tabla 6.11. Contenido mineralógico aproximado de los sedimentos en la estación P4.	105
Tabla 6.12. Contenido mineralógico aproximado de los sedimentos en la estación P5.	106
Tabla 6.13. Contenido mineralógico de los sedimentos en la estación P6 (Early Coal).	106
Tabla 7.1. Descripción de las categorías y subcategorías del sustrato en las formaciones coralinas de bahía Portete.....	113
Tabla 7.2. Cobertura (%) promedio de las categorías del sustrato en las formaciones coralinas monitoreadas en bahía Portete. Se unificaron los datos primarios registrados en época lluviosa (diciembre 2015) y época seca (abril 2016).	118
Tabla 7.3. Cobertura (%) de las subcategorías del sustrato en las formaciones coralinas monitoreadas en bahía Portete. Se unificaron los datos primarios registrados en época lluviosa (diciembre 2015) y época seca (abril 2016).	120
Tabla 7.4. Taxonomía de las especies de corales identificadas durante el presente monitoreo (2015-2016) en bahía Portete.	122
Tabla 7.5. Registro de presencia/ausencia de las especies de corales hermatípicos en las estaciones de monitoreo de las formaciones coralinas en bahía Portete (2015-2016).	124
Tabla 7.6. �ndices de diversidad de Shannon (H') y equitatividad de Pielou (J') de las formaciones coralinas monitoreadas en bahía Portete en época de lluvias (diciembre 2015) y época seca (abril 2016).	126
Tabla 8.1. Descripción de las estaciones de pastos marinos ubicadas en el área de influencia de Puerto Bolívar (Bahía Portete, Caribe colombiano). A1: �rea de influencia directa; A2: �rea de influencia indirecta.....	144
Tabla 8.2. Megafauna asociada a pastos marinos en las estaciones muestreadas en el época de lluvias y seca en Bahía Portete, Caribe colombiano.	156
Tabla 8.3. Comparación Multianual AÑO-ÁREA y AÑO-ÉPOCA (2003-2004; 2009-2010 y 2015-2016) de los atributos de la pradera de fanerógamas en las estaciones ubicadas en Puerto Bolívar (Bahía Portete, Caribe colombiano). Se indican valores p obtenidos de las prueba F (ANOVA) y H (Kruskal-Wallis). Los valores en negrilla muestran los atributos que revelaron diferencias significativas.	158
Tabla 9.1. Resultados de la correlación de Pearson de pares de variables ambientales superiores a $ 0,95 $, medidas en las estaciones muestreadas en bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano..	170

Tabla 9.2. Valores obtenidos en los índices de diversidad de la comunidad de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano, en las épocas climáticas de lluvias y seca. Se indican los Promedios (PROM) y desviaciones estándar (\pm DS).....	179
Tabla 9.3. Análisis multivariado de similaridad (ANOSIM) a una vía, para evaluar diferencias significativas espaciales (��pocas climáticas) y temporales (entre estaciones) en la comunidad macroinfaunal asentada de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano.	180
Tabla 9.4. Evaluación de la heterogeneidad espacial por medio del análisis de caracterización SIMPER (usando Bray-Curtis). Pr.Dis: promedio de contribución a la disimilaridad; Dis.SD: Cociente (relación de Pr.Dis/desviación estándar de Pr.Dis en todos los pares de muestras). Se muestran las familias que contribuyeron con el 70 % de las diferencias halladas.	183
Tabla 9.5. Resultado del análisis BioEnv entre las variables ambientales del sedimento y la comunidad macroinfaunal asentada en bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano, mediante el coeficiente de correlación armónico por rangos de Spearman. $p=0,0001$. Se muestran los cinco mejores resultados. L-A: Limos-Arcillas, Cr: Cromo, MO: Materia Orgánica, Fe: Hierro, AG: Arena Gruesa	185
Tabla 9.6. Análisis de similaridad (ANOSIM) a una vía, para evaluar diferencias significativas entre años y épocas en la comunidad macroinfaunal asentada de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano. En negrita valores significativos.	189
Tabla 10.1. Resumen de las principales variables estructurales de los manglares estudiados en bahía Portete. Se separan los datos por tipo de rodal, área y estación.	217
Tabla 10.2. Salinidad del agua superficial e intersticial en los manglares estudiados. Se separa la información por tipo de rodal y época. Se muestra el promedio general, por tipo de rodal (gris), área (negrita) y estación (cursiva). La salinidad intersticial es el promedio de la tomada a 0,5 y 1,0 m de profundidad.....	219
Tabla 10.3. Temperatura promedio de agua en cada punto separado cada 10 m a lo largo del perfil para cada estación. Se muestran algunos promedios por ��rea.....	220
Tabla 10.4. Nivel de agua en cada punto separado cada 10 m a lo largo del perfil para cada estación y época. Se muestran algunos promedios por ��rea.	221
Tabla 10.5. Comparación de los atributos estructurales principales entre los años muestreados para cada área y especie o tipo de rodal.....	225

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 12.1. Prueba de homogeneidad de varianzas (F) y prueba t-Student (T) para establecer diferencias entre niveles en la columna de agua (superficie y fondo). Ho= la variable X tiene varianzas homogéneas.....	251
Anexo 12.2. Prueba de homogeneidad de varianzas (F) y prueba de comparación de medias (t-Student, T) y medianas (U de Mann Whitney, W) para establecer diferencias entre épocas climáticas (lluvias y seca), para las variables medidas en la columna de agua. Ho= la variable X tiene varianzas homogéneas.....	252
Anexo 12.3. Prueba de homogeneidad de varianzas (F) y prueba de comparación de medias (t-Student, T) y medianas (U de Mann Whitney, W) para establecer diferencias entre épocas climáticas (lluvias y seca), para las variables medidas en el sedimento. Ho= la variable X tiene varianzas homogéneas.	253
Anexo 12.4. Resultados de las variables fisicoquímicas medidas en la columna de agua, en el área de influencia de puerto Bolívar entre 1987 – 2016. Transparencia (Transp), Temperatura (Temp), Salinidad (Sal), Oxígeno disuelto (OD), Nitritos (NO2), Nitratos (NO3), Fosfatos (PO4), Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Sulfatos (SO4), Materia Orgánica oxidable (MO). A1: ��rea de influencia directa, A2: ��rea de influencia indirecta.	254
Anexo 12.5. Resultados de las variables fisicoquímicas medidas en el sedimento, en el área de influencia de puerto Bolívar entre 1987 – 2016. A1: ��rea de influencia directa, A2: ��rea de influencia indirecta. Materia Orgánica volátil (MO).	264
Anexo 12.6. Valores promedio (\pm DE) anual de las variables fisicoquímicas medidas en la columna de agua, en el área de influencia de puerto Bolívar. Temperatura (Temp), Salinidad (Sal), Oxígeno disuelto (OD), Nitritos (NO2), Nitratos (NO3), Fosfatos (PO4), Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT)..	266
Anexo 12.7. Valores promedio (\pm DE) anual de las variables fisicoquímicas medidas en el sedimento, en el área de influencia de puerto Bolívar.	266
Anexo 12.8. Resultados del análisis granulométrico para las estaciones del infralitoral durante la época de lluvias, formato FT-LabIMA-05 Versión 01.	267
Anexo 12.9. Resultados del análisis granulométrico para las estaciones del infralitoral durante la época seca, formato FT-LabIMA-05 Versión 01.	267
Anexo 12.10. Imagen a 20 x y 40x de los sedimentos de 125 μ m y 63 μ m. a) Estación F1 época de lluvias, corresponde a arenas calcáreas, carbonatos impregnados de carbón y fragmentos de carbón (señalados en rojo); b) Estación F1 época seca de igual composición. c) Estación F2, época de lluvias corresponden a arenas calcáreas, fragmentos translucidos de cuarzo, carbonatos impregnados de carbón (señalados en rojo); d) ��poca seca de igual composición, fragmentos negros corresponden a carbón (señalados en rojo).	268
Anexo 12.11. Imagen a 20x y 40x en los sedimentos de fondos para las fracciones de 125 μ m y 63 μ m. a) Estación F5 época de lluvias, corresponde a arenas calcáreas, carbonatos impregnados de carbón y fragmentos de carbón (señalados en rojo); b) estación F5 época seca de igual composición. c) Estación F6, época de lluvias corresponden a arenas calcáreas de origen orgánico, carbonatos impregnados de carbón y algunos fragmentos de carbón (señalados en rojo); d) ��poca seca de igual composición, fragmentos negros corresponden a carbón (señalados en rojo).	269
Anexo 12.12. Imagen a 20 x y 40x de los sedimentos de 250 μ m y 63 μ m. a) Estación F7 época de lluvias, corresponde a arenas calcáreas de origen organica, con contenido de cuarzo; b) estación F7 época	

seca de igual composición. c) Estación F8, época de lluvias corresponden a arenas calcáreas de origen orgánico, carbonatos impregnados de carbón; d) ��poca seca de igual composición.	270
Anexo 12.13. Imagen a 40x y 20x de los sedimentos de fondos para las fracciones de 63 ��m y 250 ��m. a) Estación F3 época lluvias corresponde a arenas calcáreas, carbonatos de origen orgánico. b) ��poca seca de igual composición, fragmentos negros corresponden a carbón (señalado en rojo), carbonatos impregnados de polvillo de carbón. c) Estación F4 época de lluvias, corresponde a arenas calcáreas, carbonatos de origen orgánico, carbonatos impregnados de carbón (señalados en rojo). d) ��poca seca de igual composición.	271
Anexo 12.14. Resultados del análisis granulométrico para las estaciones de playa durante la época de lluvias, formato FT-LabIMA-05 Versión 01.	272
Anexo 12.15. Resultados del análisis granulométrico para las estaciones de playa durante la época seca, formato FT-LabIMA-05 Versión 01.	273
Anexo 12.16. Núcleos de sedimento de la estación P1 (Playa Ipari); Punto P1A: a) ��poca lluvias, b) ��poca seca. Punto P1B: c) ��poca lluvias, d) ��poca seca. Punto P1C: e), época lluvias, f) ��poca seca. Punto P1D: g) ��poca lluvias, h) ��poca seca.	274
Anexo 12.17. Imagen de los sedimentos en la estación P1 para la fracción 125 ��m con aumento de 20X. a) Punto P1A época de lluvias, corresponden a arenas calcáreas, fragmentos translucidos de cuarzo, carbonatos impregnados de carbón y algunos fragmentos de carbón (señalado en rojo); b) punto P1A época seca. c) Punto P1B época de lluvias, arenas calcáreas, con cuarzo, carbonatos impregnados de carbón (señalados en rojo); d) P1B época seca, igual composición, algunos cristales de cuarzo rosado (señalados en azul).	275
Anexo 12.18. Imagen de los sedimentos en la estación P1 para la fracción 125 ��m con aumento de 20X. a) Punto P1C época de lluvias, corresponden a arenas calcáreas, fragmentos translucidos de cuarzo, carbonatos impregnados de carbón y algunos fragmentos de carbón (señalado en rojo); b) punto P1C época seca, igual composición. c) Punto P1D época de lluvias, arenas calcáreas, con cuarzo, carbonatos impregnados de carbón (señalados en rojo); d) P1D época seca, igual composición.	276
Anexo 12.19. Núcleos de sedimento de la estación P2; Punto P2A: a) ��poca lluvias, b) ��poca seca. Punto P2B: c) ��poca lluvias, d) ��poca seca.	277
Anexo 12.20. Imagen de los sedimentos en la estación P2 para la fracción 250 ��m con aumento de 10X. a) Punto P2A época de lluvias, corresponden a arenas calcáreas, fragmentos translucidos de cuarzo, fragmentos de cuarzo rosa (señalado en azul); b) punto P2A época seca, igual composición. c) Punto P2B época de lluvias, arenas calcáreas, con cuarzo, esporádico carbonatos impregnados de carbón (señalados en rojo); d) P2B época seca, igual composición.	278
Anexo 12.21. Núcleos de sedimento de la estación P3; Punto P3A: a) ��poca lluvias, b) ��poca seca. Punto P3B: c) ��poca lluvias, d) ��poca seca.	279
Anexo 12.22. Imagen a 10X de los sedimentos en la estación P3 para la fracciones de 250 ��m a 500 ��m. a) Punto P3A época de lluvias, corresponden a arenas calcáreas, fragmentos translucidos de cuarzo, esporádicos fragmentos de minerales maficos y pequeñas impregnaciones de carbón en carbonatos; b) punto P3A época seca, igual composición. c) Punto P3B época de lluvias, arenas calcáreas, con cuarzo traslucido y rosa (señalado de azul), esporádico carbonatos impregnados de carbón (señalados en rojo); d) P3B época seca, igual composición, con algunos fragmentos de carbón (señalados de rojo).	280
Anexo 12.23. Núcleos de sedimento de la estación P4; Punto P4A: a) ��poca de lluvias, b) ��poca seca. Punto P4B: c) ��poca lluvias, d) ��poca seca.	281

Anexo 12.24. Imagen a 10X de los sedimentos en la estación P4 para la fracciones de 250 μ m a 500 μ m. a) Punto P4A época de lluvias, corresponden a arenas calcáreas, fragmentos translucidos de cuarzo y cuarzo rosado, esporádicos fragmentos de minerales maficos y pequeñas impregnaciones de carbón en carbonatos y sobre los fragmentos de coral (señalados en rojo); b) punto P4A época seca, igual composición. c) Punto P4B época de lluvias, arenas calcáreas, con cuarzo traslucido, esporádica presencia de maficos; d) P4B época seca, igual composición, con algunas manchas por polvillo de carbón (señalados de rojo).	282
Anexo 12.25. Núcleos de sedimento de la estación P5; Punto P5A: a) �poca lluvias, b) �poca seca. Punto P5B: c) �poca lluvias, d) �poca seca.	283
Anexo 12.26. Imagen a 20X y 10X de los sedimentos en la estación P5 para la fracciones de 125 μ m y 500 μ m. a) Punto P5A época de lluvias, corresponden a arenas calcáreas, fragmentos translucidos de cuarzo, fragmentos de conchas y algunos fragmentos de carbón (señalado en rojo); b) punto P5A época seca, igual composición, fragmentos oscuros de restos de materia organica. c) Punto P5B época de lluvias, arenas calcáreas, con cuarzo, esporádico carbonatos impregnados de carbón (señalados en rojo); d) P5B época seca, igual composición, con algunos fragmentos de carbón (señalados de rojo).	284
Anexo 12.27. Núcleos de sedimento de la estación P6; Punto P6A: a) �poca seca. Punto P6B: b) �poca lluvias, c) �poca seca.	285
Anexo 12.28. Imagen a 10X de los sedimentos en la estación P6 para la fracciones de 250 μ m. a) Punto P6A época seca, corresponden a arenas calcáreas, fragmentos de cuarzo, esporádicos fragmentos de minerales maficos e impregnaciones de carbón sobre carbonatos (señaladas en rojo); b) Punto P6B época de lluvias, arenas calcáreas, traslucido y fragmentos de carbón (señalados en rojo); c) P6B época seca, igual composición, con algunos fragmentos de carbón (señalados de rojo).	286
Anexo 12.29. Porcentajes de cobertura del sustrato en las formaciones coralinas presentes en las seis estaciones monitoreadas en el área de estudio, durante las dos épocas climáticas (lluvias – diciembre de 2015 – y seca – abril de 2016 –).	287
Anexo 12.30. Porcentajes de cobertura (promedio \pm desviación estándar) de las subcategorías del sustrato en las formaciones coralinas monitoreadas en bahía Portete. a) INVEMAR (2004); b) Sánchez <i>et al.</i> (2010).....	292
Anexo 12.31. Distribución de los datos de abundancia, según la prueba de umbrales de la Ley de Taylor, de las formaciones coralinas presentes en las seis estaciones monitoreadas en el área de estudio, durante las dos épocas climáticas (lluvias – diciembre de 2015 – y seca – abril de 2016 –).	293
Anexo 12.32. Valores promedio y desviaciones estándar de las diferentes Categorías encontradas en la cobertura de la pradera de pastos en Bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano.	294
Anexo 12.33. Valores promedio y desviaciones estándar de las Biomasas de hojas y raíces tomadas con corazonador y cuadrante en la época de lluvia y seca y, áreas en Bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano.	294
Anexo 12.34. Valores promedio y desviaciones estándar de la Cobertura, Densidad, Alto y Ancho de Hoja, en la época de lluvia y seca en Bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano.	295
Anexo 12.35. Número de Familias y Número de Individuos de la Macrofauna Asociada a la pradera de pastos en la época de lluvia y seca en Bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano.	295
Anexo 12.36. Riqueza y abundancia de los Phylum más representativos (Annelida, Arthropoda, Mollusca, Nematoda y Otros) de la Macrofauna Asociada a la pradera de pastos en la época de lluvia y seca en Bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano.	296

Anexo 12.37. Clasificación taxonómica de la comunidad de fondos blandos presente en bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano, durante los muestreos realizados en las épocas de lluvias (diciembre de 2015) y Seca (Abril-Marzo de 2016). Los asteriscos indican niveles taxonómicos diferentes al especificado, ya sea porque la familia no lo tiene o en el caso de los morfotipos se indica el nivel más bajo a el que pudo identificarse.	297
Anexo 12.38. Resultados de pruebas de normalidad Shapiro Wilks (a), y homogeneidad de varianza (Prueba F) (b), para los atributos comunitarios e índices de diversidad de la comunidad macroinfaunal encontrada en bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano, en las épocas climáticas de lluvias y seca.	302
Anexo 12.39. Distribución de los datos de abundancia, según la prueba de umbrales de la Ley de Taylor, de la comunidad macroinfaunal encontrada en bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano, a) en las épocas climáticas de lluvias y seca entre 2015 y 2016, y b) entre los años 2004, 2010, y 2016.	303
Anexo 12.40. Matriz de Abundancia de taxones por estación ($\text{ind} \cdot 0,10 \text{ m}^{-2}$) y Clasificación taxonómica de la comunidad de fondos blandos presente en bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano, durante los muestreos realizados en las épocas de lluvias (diciembre de 2015) y Seca (Abril-Marzo de 2016). Los asteriscos indican niveles taxonómicos diferentes al especificado, ya sea porque la familia no lo tiene o en el caso de los morfotipos se indica el nivel más bajo a el que pudo identificarse. L: ��poca de lluvias; S: ��poca seca.	304
Anexo 12.41. Matriz de biomasa húmeda de taxones por estación ($\text{g} \cdot 0,10 \text{ m}^{-2}$), de la macroinfauna bentónica en bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano, durante los muestreos realizados en las épocas de lluvias (diciembre de 2015) y Seca (Abril-Marzo de 2016). Los asteriscos indican niveles taxonómicos diferentes al especificado, ya sea porque la familia no lo tiene o en el caso de los morfotipos se indica el nivel más bajo a el que pudo identificarse. L: ��poca de lluvias; S: ��poca seca.	310
Anexo 12.42. Matriz de Abundancia de taxones por estación ($\text{ind} \cdot 0,1 \text{ m}^{-2}$) de la comunidad de fondos blandos presente en bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano, durante los muestreos realizados en las épocas de lluvias y seca en los años 2004 y 2010. Los asteriscos indican niveles taxonómicos diferentes al especificado, ya sea porque la familia no lo tiene o en el caso de los morfotipos se indica el nivel más bajo a el que pudo identificarse.	316
Anexo 12.43. Variables ambientales medidas en el sedimento de bahía Portete (Puerto Bolívar), Caribe colombiano, tenidas en cuenta para relacionar con la comunidad macroinfaunal, durante los muestreos realizados en noviembre de 2015 y marzo-abril de 2016. L. Lluvias; S: seca.....	325
Anexo 12.44. Diagrama de puntos (Daftman plots) para observar la distribución de los datos de las variables Granulos (G), Arena muy gruesa (AMG), Arena gruesa (AG), Arena media (AM), Arena fina (AF), Arena muy fina (AMF), Limo-Arcilla (L-A), Cromo (Cr), Zinc (Zn), Níquel (Ni), Hierro (Fe), Plomo (Pb), Hidrocarburos aromáticos totales (HAT), Materia orgánica (MO), Materia orgánica oxidable (MO ox), a) Daftman plots inicial y b) Daftman plots con transformación de la variable AF.	326