



El ambiente  
es de todos

Minambiente



Santa Marta, diciembre de 2019



#### CUERPO DIRECTIVO INVEMAR

**Director General**

Francisco Armando Arias Isaza

**Subdirector de Coordinación Científica**

Jesús Antonio Garay Tinoco

**Subdirectora Administrativa**

Sandra Rincón Cabal

**Coordinadora de Investigación e Información para la Gestión Marina y Costera (GEZ)**

Paula Cristina Sierra Correa

**Coordinador Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)**

David Alejandro Alonso Carvajal

**Coordinadora Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)**

Luisa Fernanda Espinosa Díaz

**Coordinadora Programa Geociencias****Marinas y Costeras (GEO)**

Constanza Ricaurte Villota

**Coordinador Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos y Costeros (VAR)**

Mario Enrique Rueda Hernández

**Coordinador Servicios Científicos (CSC)**

Julián Mauricio Betancourt Portela

#### COORDINACIÓN DEL PROYECTO

**INVEMAR**

Luisa Fernanda Espinosa

Mario Rueda

**CORPAMAG**

Edgar Correa Viloria

Karen Forero

#### GRUPO DE INVESTIGACION

**Programa CAM**

Karen Ibarra-Gutiérrez

Tania Córdoba

Roika Ángulo

Camila Padilla

Yoselin Nieto

Cesar A. Bernal

María Camila Bernal

Julián Franco-Angulo

Natalia Arbeláez

Julián Beltrán

Margarita Dussan

Alexandra Rodríguez

**Programa VAR**

Efraín Viloria -Maestre

Sarith Salas

José Alexander Romero

Fabián Escobar

**Programa GEO**

Martha Bastidas Salamanca

Constanza Ricaurte Villota

**Programa BEM**

Maria Mutis Martínez Guerra

Diana Isabel Gómez

David Alonso Carvajal

#### GRUPO DE APOYO

**Campo**

Carlos Carbono

Catalina Cortes

Ana María Sierra

Yeimy Vargas

Jesús Pérez

Héctor Rodríguez

Jesús Suárez

Héctor Rodríguez

Vladimir Carbonó

Yaneth Palomino

Kelvin Varela

Stephannie Chávez

**Laboratorio**

María Rodríguez

José Campo

**Talleres**

Amanda Selene Rojas

Luisa Francisca Cardona

**Edición**

Yeimy Vargas-Castillo

**Citar como:**

INVEMAR. 2019. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2019, Volumen 18. Santa Marta 214 p + anexos.

Imagen portada: Proyecto Prociénaga – GTZ, Juan Pablo Parra, Carlos Augusto Villamil.

**INVEMAR**

Calle 25 No. 2-55, Playa Salguero

Santa Marta D.T.C.H., Colombia

Teléfono: (57) (5) 4328600

[www.invemar.org.co](http://www.invemar.org.co)



## CONTENIDO

1	RESUMEN EJECUTIVO .....	13
2	INTRODUCCIÓN .....	16
3	METODOLOGÍA.....	17
3.1	Área de Estudio.....	17
3.2	Métodos.....	20
3.2.1	Calidad de Aguas .....	20
3.2.2	Comunidad fitoplanctónica .....	25
3.2.3	Ecosistemas de manglar.....	25
	Descripción de las estaciones de monitoreo: .....	27
	Diseño de muestreo y variables medidas .....	28
	Análisis de cambios de coberturas vegetales en la CGSM .....	33
3.2.4	Recursos pesqueros .....	37
3.3	Análisis de información.....	41
3.3.1	Calidad de aguas.....	41
3.3.2	Comunidad fitoplantonica.....	41
3.3.3	Ecosistemas de manglar.....	41
	Análisis para la determinación de la composición y abundancia de la comunidad avifaunal .....	44
3.3.4	Recursos pesqueros .....	44
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1	CALIDAD DE AGUAS .....	47
4.1.1	Calidad de aguas.....	47
	Variables fisicoquímicas .....	47
4.1.1.1	Parámetros fisicoquímicos in situ: temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto	
	47	
4.1.1.2	Clorofila a .....	59
4.1.1.3	Solidos suspendidos totales .....	62
4.1.1.4	Nutrientes inorgánicos disueltos.....	65
	Contaminantes en Aguas, Sedimentos y Organismos.....	73
4.1.1.5	Comunidades microbiológicas .....	73
4.1.1.6	Metales Pesados.....	79



4.1.2 <i>Comunidad fitoplanctónica</i> .....	100
4.1.1.3.1.    Atributos de la comunidad fitoplanctónica .....	103
4.1.2.1    Variación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica .....	104
4.1.2.2    Relación con las variables ambientales .....	105
4.1.2.3    Microalgas potencialmente nocivas en la CGSM .....	106
4.2     BOSQUE DE MANGLAR .....	113
4.2.1    Salinidad y nivel de agua .....	115
4.2.2    Regeneración natural y reclutamiento.....	120
4.2.3    Estructura del bosque de manglar .....	125
4.2.4    Estado fitosanitario del bosque de manglar .....	132
4.2.5    Composición y abundancia de avifauna asociada al manglar .....	133
4.2.5.1    Categorías de amenaza, residencia y migración. ....	138
4.2.5.2    Composición y abundancia relativa por estación.....	141
4.2.5.3    Hábitos tróficos y su relación con el estado del manglar.....	142
4.2.6    Cambios de Coberturas Vegetales en la CGSM.....	148
4.3     Recursos Pesqueros .....	151
4.3.1    Variables de desempeño pesquero y su relación con la variabilidad climática global	
151	
Captura total .....	151
4.3.1.2.    Composición de las capturas por grupos de especies.....	152
4.3.1.3.    Composición de las capturas por especies de peces .....	158
4.3.1.4.    Composición de las capturas por especies de invertebrados .....	160
4.3.1.5.    Captura total anual para los principales sitios de desembarco por arte y/ o método de pesca.....	162
4.3.1.6.    Relación de la captura (t), esfuerzo de pesca (faenas) y captura por unidad de esfuerzo (kg/faena) de los principales artes y/o métodos de pesca .....	164
4.3.1.7.    Distribución temporal y espacial del esfuerzo de pesca (número de faenas)	166
4.3.1.8.    Comparación anual y espacial de la CPUE (kg/faena) por arte y/o método de pesca por especie y multiespecífica .....	167
4.3.1.8.1.    Atarraya .....	167
4.3.1.8.2.    Trasmallo .....	170
4.3.1.8.3.    Redes camaroneras, aros y nasas.....	172
4.3.1.8.4.    Buceo ostra .....	174
4.3.1.9.    Aspectos económicos de la actividad pesquera en la CGSM .....	175



4.3.1.9.1.	Ingreso (\$/faena) y renta económica (\$/faena) global y por arte y/o método de pesca en la pesquería .....	175
4.3.1.9.2.	Comparación anual de las capturas e ingresos económicos en la pesquería de CGSM. 177	
4.3.1.9.3.	Renta económica por pescador para los principales sitios de desembarco por arte y/o método de pesca en la ecorregión CGSM.....	179
4.3.1.10.	Talla de madurez sexual (TM) actualizada para algunas especies de peces e invertebrados de la pesquería de la CGSM .....	182
4.3.1.11.	Relación entre las TMC anuales, la composición de captura por tallas y la TM de las principales especies de peces e invertebrados en la pesquería de la CGSM. ....	189
4.3.1.12.	Presión pesquera artesanal sobre la estructura de tallas capturadas de las principales especies de peces en la ecorregión CGSM .....	192
5	DIAGNÓSTICO GENERAL Y CONCLUSIONES.....	193
6	RECOMENDACIONES .....	197
7	BIBLIOGRAFÍA .....	200
8	ANEXOS.....	214



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3.1-1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y LÍMITE DEL ÁREA EFECTIVA DEL MONITOREO REALIZADO POR INVEMAR EN LA CGSM.	18
FIGURA 3.2-1. UBICACIÓN ESPACIAL EN EL COMPLEJO LAGUNAR DE LA CGSM, DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DEL COMPONENTE CALIDAD DE AGUAS.	21
FIGURA 3.2-2 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUAS Y BOSQUES DE MANGLAR.	26
FIGURA 3.2-3 ESTACIONES DE MONITOREO. A: RINCONADA; B: AGUAS NEGRAS; C: CAÑO GRANDE; D: KILOMETRO 22; E: LUNA; F: SEVILLANO. FOTOS: ARCHIVOS LÍNEA RAE, 2018-2019.	28
FIGURA 3.2-4 ESKEMA DE MEDICIÓN DE LA ESTRUCTURA, REGENERACIÓN NATURAL Y FISICOQUÍMICOS.	29
FIGURA 3.2-5 MEDICIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS IN SITU. A Y B: COLECTA DE AGUA INTERSTICIAL; C: MEDICIÓN DE SALINIDAD. FOTOS: ARCHIVO LÍNEA RAE, 2018.	30
FIGURA 3.2-6 RECOMENDACIONES PARA LA MEDICIÓN DEL DAP EN LOS CASOS DE ANOMALÍAS DEL TERRENO O CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE LOS ÁRBOLES (FUENTE: <a href="#">MELO Y VARGAS, 2002</a> ).	30
FIGURA 3.2-7 . REMARAJE Y MEDICIÓN DE ÁRBOLES. FOTO: JUAN CAMILO RODRÍGUEZ, 2018.	31
FIGURA 3.2-8 JÓVENES Y ADULTOS AVISTADORES DE LA ASOCIACIÓN DE PESCADORES DE BUENAVISTA ASOPEBUE, EN LAS TRES SALIDAS DE CAMPO PARA EL REGISTRO DE AVIFAUNA EN LA CGSM.	33
FIGURA 3.2-9. PUNTOS DE VERIFICACIÓN DE COBERTURA VEGETAL EN CAMPO	36
FIGURA 3.2-10. UBICACIÓN ESPACIAL EN EL COMPLEJO LAGUNAR DE LA CGSM, DE LOS SITIOS DE DESEMBARCO DEL COMPONENTE DE RECURSO PESQUERO	38
FIGURA 3.2-11. REGISTRO DE MEDIDAS MORFOMÉTRICAS, PESO Y ASIGNACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ GONADAL DE INDIVIDUOS RECOLECTADOS DE <i>EUGERRES PLUMIERI</i> EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA.	40
FIGURA 3.2-12. DIFERENCIACIÓN MORFOLÓGICA DEL SEXO DE LA JAIBA AZUL.	40
FIGURA 4.1-1. TEMPERATURA (°C) DEL AGUA SUPERFICIAL EN LAS ESTACIONES DE SEIS ZONAS DE LA CGSM, ENTRE OCTUBRE DE 2018 Y SEPTIEMBRE DE 2019.	48
FIGURA 4.1-2. REGISTROS HISTÓRICOS (1993 - 2019) DE LA TEMPERATURA (°C) PROMEDIO DEL AGUA SUPERFICIAL EN SEIS ZONAS DE LA CGSM. PUNTOS NARANJAS REPRESENTAN LA ÉPOCA SECA Y PUNTOS AZULES LA ÉPOCA LLUVIOSA. LÍNEAS VERTICALES REPRESENTAN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.	49
FIGURA 4.1-3. SALINIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN LAS ESTACIONES DE SEIS ZONAS DE LA CGSM, ENTRE OCTUBRE DE 2018 Y SEPTIEMBRE DE 2019. ESCALA DE COLOR DE FONDO REPRESENTA EL TIPO DE AGUA SEGÚN LOS VALORES DE SALINIDAD, BASADO EN LA CLASIFICACIÓN PROPUESTA POR <a href="#">KNOX, 2001</a> (VER TABLA 4.1-1).	51
FIGURA 4.1-4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA POR ESCALA DE COLORES, DE LA VARIACIÓN DE LA SALINIDAD EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LAS ESTACIONES MONITOREADAS ENTRE OCTUBRE DE 2018 Y SEPTIEMBRE DE 2019.	52
FIGURA 4.1-5. REGISTROS HISTÓRICOS (1993 - 2019) DE LA SALINIDAD PROMEDIO DEL AGUA SUPERFICIAL EN SEIS ZONAS DE LA CGSM. PUNTOS NARANJAS REPRESENTAN LA ÉPOCA SECA Y PUNTOS AZULES LA ÉPOCA LLUVIOSA. LÍNEAS VERTICALES REPRESENTAN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR. BANDAS ROJAS INDICAN LA APERTURA DE LOS CAÑOS NUEVO CLARÍN (CLA, 1996), RENEGADO (RE, 1998) Y AGUAS NEGRAS (AN, 1998). ESCALA DE COLOR DE FONDO DE CADA FIGURA REPRESENTA EL TIPO DE AGUA SEGÚN LOS VALORES DE SALINIDAD, BASADO EN LA CLASIFICACIÓN PROPUESTA POR KNOX ( <a href="#">2001</a> ; VER TABLA 4.1-1).	53
FIGURA 4.1-6. PH DEL AGUA SUPERFICIAL EN LAS ESTACIONES DE SEIS ZONAS DE LA CGSM, ENTRE OCTUBRE DE 2018 Y SEPTIEMBRE DE 2019. LÍNEAS HORIZONTALES ROJAS REPRESENTAN LOS LÍMITES MÍNIMO Y MÁXIMO PERMISIBLES PARA PRESERVACIÓN DE FLORA Y FAUNA (6,5 – 8,5; <a href="#">MINAMBIENTE, 2015</a> ).	54
FIGURA 4.1-7. REGISTROS HISTÓRICOS (1993 - 2019) DEL PH PROMEDIO DEL AGUA SUPERFICIAL EN SEIS ZONAS DE LA CGSM. PUNTOS NARANJAS REPRESENTAN LA ÉPOCA SECA Y PUNTOS AZULES LA ÉPOCA LLUVIOSA. LÍNEAS VERTICALES REPRESENTAN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR. LÍNEAS HORIZONTALES ROJAS REPRESENTAN LOS LÍMITES MÍNIMO Y MÁXIMO PERMISIBLES PARA PRESERVACIÓN DE FLORA Y FAUNA (6,5 – 8,5; <a href="#">MINAMBIENTE, 2015</a> ).	56



FIGURA 4.1-8. OXÍGENO DISUELTO (MG O <sub>2</sub> /L) DEL AGUA SUPERFICIAL EN LAS ESTACIONES DE SEIS ZONAS DE LA CGSM, ENTRE OCTUBRE DE 2018 Y SEPTIEMBRE DE 2019. LÍNEA HORIZONTAL ROJA REPRESENTA EL LÍMITE MÍNIMO PERMISIBLE PARA PRESERVACIÓN DE FLORA Y FAUNA (4,0 MG O <sub>2</sub> /L; <a href="#">MINAMBIENTE, 2015</a> ).	57
FIGURA 4.1-9. REPRESENTACIÓN GRÁFICA POR ESCALA DE COLORES, DE LA VARIACIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LAS ESTACIONES MONITOREADAS ENTRE OCTUBRE DE 2018 Y SEPTIEMBRE DE 2019.	58
FIGURA 4.1-10. REGISTROS HISTÓRICOS (1993 - 2019) DEL OXÍGENO DISUELTO (MG O <sub>2</sub> /L) PROMEDIO DEL AGUA SUPERFICIAL EN SEIS ZONAS DE LA CGSM. PUNTOS NARANJAS REPRESENTAN LA ÉPOCA SECA Y PUNTOS AZULES LA ÉPOCA LLUVIOSA. LÍNEAS VERTICALES REPRESENTAN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR. LÍNEA HORIZONTAL ROJA REPRESENTA EL LÍMITE MÍNIMO PERMISIBLE PARA PRESERVACIÓN DE FLORA Y FAUNA (4,0 MG O <sub>2</sub> /L; <a href="#">MINAMBIENTE, 2015</a> ).	59
FIGURA 4.1-11 CONCENTRACIONES DE CLOROFILA A ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LAS SEIS ZONAS DE LA CGSM, DURANTE EL MONITOREO OCTUBRE 2018 - SEPTIEMBRE 2019. LAS BARRAS CORRESPONDEN AL VALOR DE REFERENCIA (100 $\mu\text{g}/\text{L}$ ) ( <a href="#">FRAILE ET AL., 1991</a> ).	61
FIGURA 4.1-12 VALORES HISTÓRICOS DE CLOROFILA A DEL AGUA SUPERFICIAL EN LAS SEIS ZONAS DE LA CGSM, DESDE 1993 HASTA LA ÉPOCA SECA DE 2019. LAS LÍNEAS NARANJAS REPRESENTAN EL PROMEDIO EN LA ÉPOCA SECA Y LAS LÍNEAS AZULES EL PROMEDIO EN LA ÉPOCA LLUVIOSA. LAS BARRAS CORRESPONDEN A LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.	62
FIGURA 4.1-13. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (MG/L) MEDIDOS EN EL AGUA SUPERFICIAL EN LAS SEIS ZONAS DE LA CGSM, DURANTE EL MONITOREO OCTUBRE 2018-SEPTIEMBRE 2019.	63
FIGURA 4.1-14. VALORES HISTÓRICOS DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (MG.L <sup>-1</sup> ) DEL AGUA SUPERFICIAL EN LAS SEIS ZONAS DE LA CGSM, DESDE 1993 HASTA 2019. LAS LÍNEAS NARANJAS REPRESENTAN LA ÉPOCA SECA Y LAS LÍNEAS AZULES LA ÉPOCA LLUVIOSA. LAS LÍNEAS VERTICALES REPRESENTAN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.	64
FIGURA 4.1-15. CONCENTRACIONES DE NITRITOS (MGN-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L) EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LAS SEIS ZONAS DE LA CGSM, DURANTE EL MONITOREO OCTUBRE 2018 - SEPTIEMBRE 2019.	66
FIGURA 4.1-16. VALORES HISTÓRICOS DE LA CONCENTRACIÓN DE NITRITOS ( $\mu\text{G}\text{-NO}_2^-/\text{L}$ ) EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LAS SEIS ZONAS DE LA CGSM, DESDE 1993 HASTA SEPTIEMBRE DE 2019. LAS LÍNEAS NARANJAS REPRESENTAN LA ÉPOCA SECA Y LAS LÍNEAS AZULES LA ÉPOCA LLUVIOSA. LAS BARRAS CORRESPONDEN A LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.	67
FIGURA 4.1-17. CONCENTRACIONES DE AMONIO ( $\mu\text{G N-NH}_4^+/\text{L}$ ) EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LAS SEIS ZONAS DE LA CGSM, DURANTE EL MONITOREO OCTUBRE DE 2018 - SEPTIEMBRE DE 2019. LÍNEA HORIZONTAL ROJA REPRESENTA EL VALOR CONSIDERADO TÍPICO EN ESTUARIOS POCO CONTAMINADOS (70,0); ( <a href="#">FRAILE ET AL., 1991</a> ).	68
FIGURA 4.1-18. VALORES HISTÓRICOS DE LAS CONCENTRACIONES DE AMONIO ( $\text{N-NH}_4^+$ $\mu\text{G}/\text{L}$ ) EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LAS SEIS ZONAS DE LA CGSM, DESDE 1993 HASTA SEPTIEMBRE DE 2019. LOS ROMBOS NARANJAS REPRESENTAN LA ÉPOCA SECA Y LOS CÍRCULOS AZULES LA ÉPOCA LLUVIOSA. LAS BARRAS CORRESPONDEN A LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.	69
FIGURA 4.1-19. CONCENTRACIONES DE NITRATOS ( $\mu\text{G N-NO}_3^-/\text{L}$ ) EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LAS SEIS ZONAS DE LA CGSM, DURANTE EL MONITOREO OCTUBRE DE 2018-SEPTIEMBRE 2019	70
FIGURA 4.1-20. VALORES HISTÓRICOS DE LA CONCENTRACIÓN DE NITRATOS ( $\mu\text{G N-NO}_3^-/\text{L}$ ) EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LAS SEIS ZONAS DE LA CGSM, DESDE 1993 HASTA LA ÉPOCA SECA DE 2019. LAS LÍNEAS NARANJAS REPRESENTAN LA ÉPOCA SECA Y LAS AZULES LA ÉPOCA LLUVIOSA. LAS BARRAS CORRESPONDEN A LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.	71
FIGURA 4.1-21. CONCENTRACIONES DE FOSFATOS ( $\mu\text{G P-PO}_4^{3-}/\text{L}$ ) EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LAS SEIS ZONAS DE LA CGSM, DURANTE EL MONITOREO OCTUBRE DE 2018-SEPTIEMBRE 2019.	72
FIGURA 4.1-22. VALORES HISTÓRICOS DE LA CONCENTRACIÓN DE FOSFATOS ( $\mu\text{G P-PO}_4^{3-}/\text{L}$ ) EN EL AGUA SUPERFICIAL DE LAS SEIS ZONAS DE LA CGSM, DESDE 1993 HASTA LA ÉPOCA SECA DE 2019. LAS LÍNEAS NARANJAS REPRESENTAN LA ÉPOCA SECA Y LAS AZULES LA ÉPOCA LLUVIOSA. LAS BARRAS CORRESPONDEN A LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.	73
FIGURA 4.1-23. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN ESTACIONES DE LA CGSM, DURANTE OCTUBRE DE 2018 – SEPTIEMBRE DE 2019; VALORES EN ESCALA LOGARÍTMICA. LA LÍNEA ROJA CONTINUA INDICA EL LÍMITE ESTABLECIDO POR EL DECRETO 1076 DE 2015 PARA EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES RECREATIVAS DE CONTACTO PRIMARIO (LCP) Y LA DISCONTINUA PARA ACTIVIDADES RECREATIVAS DE CONTACTO SECUNDARIO (LCS), CORRESPONDIENTES A 1000 NMP/100 ML Y 5000 NMP/100 ML RESPECTIVAMENTE (MINSAUD; 1984 EN MINAMBIENTE, 2015), REPRESENTADOS EN ESCALA LOGARÍTMICA.	75
FIGURA 4.1-24. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN ESTACIONES DE LA CGSM, DURANTE OCTUBRE DE 2018 – SEPTIEMBRE DE 2019; VALORES EN ESCALA LOGARÍTMICA. LA LÍNEA ROJA CONTINÚA INDICA EL LÍMITE ESTABLECIDO	



POR EL DECRETO 1076 DE 2015 PARA EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES RECREATIVAS DE CONTACTO PRIMARIO (200 NMP/100 ML, MINSAUD; 1984 EN <a href="#">MINAMBIENTE, 2015</a> ), REPRESENTADO EN ESCALA LOGARÍTMICA.	76
FIGURA 4.1-25. ESPECIES DE <i>VIBRIO</i> Y <i>AEROMONAS</i> AISLADAS POR CADA ESTACIÓN. LOS NÚMEROS EN LAS BARRAS INDICAN EL NÚMERO DE CEPAS POR ESPECIE IDENTIFICADAS EN LAS ESTACIONES.	78
FIGURA 4.1-26. ESPECIES DE <i>VIBRIO</i> Y <i>AEROMONAS</i> AISLADAS DE PECES DE LA ESPECIE <i>MUGIL INCILIS</i> (LISA).	79
FIGURA 4.1-27. CONCENTRACIÓN DE CINC BIODISPONIBLE EN MATERIAL PARTICULADO EN MUESTRAS DE AGUAS RECOLECTADAS EN OCHO ESTACIONES UBICADAS EN LA CGSM. BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA. LOS ESPACIOS SIN BARRAS INDICAN QUE EN ESAS ESTACIONES NO SE TOMARON MUESTRAS DEBIDO A LA BAJA PROFUNDIDAD.	81
FIGURA 4.1-28. HISTÓRICO DE CONCENTRACIÓN DE METALES BIODISPONIBLES DE A) PLOMO, B) CADMIO Y C) CROMO EN MATERIAL PARTICULADO SUSPENDIDO EN AGUA DE LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CGSM MEDIDOS EN ÉPOCA SECA: ENERO-JUNIO Y ÉPOCA DE LLUVIA: JULIO-DICIEMBRE, ENTRE LOS AÑOS 2004 Y 2014. BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA.	82
FIGURA 4.1-29. HISTÓRICO DE CONCENTRACIÓN DE METALES BIODISPONIBLES DE A) COBRE, B) NIQUEL Y C) ZINC EN MATERIAL PARTICULADO SUSPENDIDO EN AGUA DE LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CGSM MEDIDOS EN ÉPOCA SECA: ENERO-JUNIO Y ÉPOCA DE LLUVIA: JULIO-DICIEMBRE, ENTRE LOS AÑOS 2009 Y 2014. BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA.	83
FIGURA 4.1-30. HISTÓRICO DE CONCENTRACIÓN DE METALES BIODISPONIBLES DE A) PLOMO, B) CROMO Y C) NIQUEL EN MATERIAL PARTICULADO SUSPENDIDO EN AGUA DE LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CGSM MEDIDOS BIMESTRALMENTE DE 2015 A 2019. BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA.	84
FIGURA 4.1-31. HISTÓRICO DE CONCENTRACIÓN DE METALES BIODISPONIBLES DE A) CADMIO, B) COBRE Y C) ZINC EN MATERIAL PARTICULADO SUSPENDIDO EN AGUA DE LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CGSM MEDIDOS BIMESTRALMENTE DE 2015 A 2019. BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA.	86
FIGURA 4.1-32. CONCENTRACIÓN TOTAL DE A) PLOMO (Pb), B) CADMIO (Cd), C) COBRE (Cu), D) NIQUEL (Ni), E) CROMO (Cr), F) ZINC (Zn) EN SEDIMENTOS DE LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA MEDIDOS ENTRE NOVIEMBRE DEL 2018 Y SEPTIEMBRE DEL 2019, COMPARADOS CON EL NIVEL UMBRAL DE EFECTOS – TEL ( <i>THRESHOLD EFFECT LEVEL</i> ) – ESTABLECIDO EN LAS TABLAS SQUIRTS DE LA NOAA ( <a href="#">BUCHMAN, 2008</a> ). BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA.	88
FIGURA 4.1-33. HISTÓRICO DE CONCENTRACIÓN TOTAL DE A) PLOMO, B) CROMO Y C) COBRE, D) ZINC Y E) NIQUEL EN SEDIMENTOS DE LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CGSM MEDIDOS EN 2011-2014 COMPARADO CON EL VALOR DE REFERENCIA TEL ( <i>THRESHOLD EFFECT LEVEL</i> ) ESTABLECIDO EN LAS TABLAS SQUIRTS DE LA NOAA ( <a href="#">BUCHMAN, 2008</a> ). BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA.	89
FIGURA 4.1-34. HISTÓRICO DE CONCENTRACIÓN DE METALES TOTALES DE A) PLOMO, B) CROMO Y C) COBRE EN SEDIMENTOS DE LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CGSM MEDIDOS ENTRE 2015 Y 2019 (BIMESTRALES). BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA.	90
FIGURA 4.1-35. HISTÓRICO DE CONCENTRACIÓN DE METALES TOTALES DE A) CADMIO, B) NIQUEL Y C) ZINC EN SEDIMENTOS DE LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CGSM MEDIDOS ENTRE 2015 Y 2019 (BIMESTRALES). BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA.	91
FIGURA 4.1-36. CONCENTRACIÓN BIODISPONIBLE DE A) PLOMO (Pb), B) CADMIO (Cd), C) COBRE (Cu), D) NIQUEL (Ni), E) CROMO (Cr), F) ZINC (Zn) EN SEDIMENTOS DE LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA MEDIDOS ENTRE NOVIEMBRE DEL 2018 Y SEPTIEMBRE DEL 2019. BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA.	93
FIGURA 4.1-37. HISTÓRICO DE CONCENTRACIÓN BIODISPONIBLE DE A) PLOMO (Pb), B) CROMO (Cr), C) CADMIO (Cd), D) COBRE (Cu), E) NIQUEL (Ni), F) ZINC (Zn) EN SEDIMENTOS DE LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CGSM MEDIDOS ENTRE 2005 Y 2014. BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA.	95



- FIGURA 4.1-38. HISTÓRICO DE CONCENTRACIÓN DE METALES BIODISPONIBLES DE A) PLOMO, B) CADMIO Y C) NÍQUEL EN SEDIMENTOS DE LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CGSM MEDIDOS EN 2015 Y 2019 (BIMESTRALES). BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA. 96
- FIGURA 4.1-39. HISTÓRICO DE CONCENTRACIÓN DE METALES BIODISPONIBLES DE A) CROMO b) COBRE Y C) ZINC EN SEDIMENTOS DE LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CGSM MEDIDOS ENTRE 2015 Y 2019 (BIMESTRALES). BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA. 97
- FIGURA 4.1-40. CONCENTRACIÓN DE MERCURIO TOTAL EN A) SEDIMENTOS EN LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CGSM MEDIDOS ENTRE NOVIEMBRE DE 2018 Y SEPTIEMBRE DE 2019 Y COMPARADOS CON EL VALOR DE REFERENCIA TEL ([BUCHMAN, 2008](#)) Y B) HISTÓRICO DE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE MERCURIO TOTAL EN SEDIMENTOS EN LAS SEIS ZONAS DE MONITOREO DE LA CGSM MEDIDOS ENTRE 2014 Y 2019. BARRAS POR DEBAJO DE CERO REPRESENTAN VALORES MENORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN DE LA TÉCNICA ANALÍTICA (ÁGUAS: <0,30 µg/L, SEDIMENTOS: <3,00 NG/G) 98
- FIGURA 4.1-41. CONCENTRACIÓN DE MERCURIO TOTAL EN PEZES *MUGIL INCILIS* (LISA) ADQUIRIDOS DURANTE LOS MONITOREOS REALIZADOS EN LA CGSM ENTRE NOVIEMBRE DE 2018 Y SEPTIEMBRE DE 2019. LAS LÍNEAS VERTICALES NEGRAS CORRESPONDEN A DESVIACIONES ESTÁNDAR Y N AL NÚMERO DE NÚMERO DE PEZES ANALIZADOS. 99
- FIGURA 4.1-42. PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN DE GÉNEROS SEGÚN LOS GRUPOS TAXONÓMICOS ENCONTRADOS PARA LA ÉPOCA LLUVIOSA DE 2018 (A) Y ÉPOCA SECA DE 2019 (B). 100
- FIGURA 4.1-43. DENSIDAD CELULAR (CEL. L<sup>-1</sup>) POR ESTACIÓN REGISTRADA DURANTE LA ÉPOCA DE LLUVIAS DE 2018 (OCTUBRE) Y ÉPOCA SECA DE 2019 (FEBRERO). LBA= BOCA DE LA BARRA; CLU= CIÉNAGA LA LUNA; NVE= NUEVA VENECIA; CEN= CENTRO CGSM; RIN= RINCONADA; FRF= FRENTE A RÍO FUNDACIÓN Y CAN= BOCA DEL CAÑO AGUAS NEGRAS. 101
- FIGURA 4.1-44. VALORES DE SALINIDAD REGISTRADOS POR ESTACIÓN REGISTRADA DURANTE LA ÉPOCA DE LLUVIAS DE 2018 (OCTUBRE) Y ÉPOCA SECA DE 2019 (FEBRERO). LBA= BOCA DE LA BARRA; CLU= CIÉNAGA LA LUNA; NVE= NUEVA VENECIA; CEN= CENTRO CGSM; RIN= RINCONADA; FRF= FRENTE A RÍO FUNDACIÓN Y CAN= BOCA DEL CAÑO AGUAS NEGRAS. 101
- FIGURA 4.1-45. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS PRINCIPALES GRUPOS TAXONÓMICOS DEL FITOPLANCTON EN LAS ESTACIONES DE MUESTREO DURANTE LA ÉPOCA DE LLUVIAS DE 2018 Y ÉPOCA SECA DE 2019. LBA= BOCA DE LA BARRA; CLU= CIÉNAGA LA LUNA; NVE= NUEVA VENECIA; CEN= CENTRO CGSM; RIN= RINCONADA; FRF= FRENTE A RÍO FUNDACIÓN Y CAN= BOCA DEL CAÑO AGUAS NEGRAS. 102
- FIGURA 4.1-46. ATRIBUTOS ECOLÓGICOS DE LAS COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS EN LAS SIETE ESTACIONES MONITOREADAS EN LA CGSM DURANTE LA ÉPOCA DE LLUVIAS DE 2018 (AZUL) Y LA SECA DE 2019 (NARANJA). A) RIGUEZA DE MARGALEF (D), B) DIVERSIDAD SHANNON-WIENER (H') C) ÍNDICES DE UNIFORMIDAD DE PIELOU (J') Y D) ÍNDICE DE PREDOMINIO DE SIMPSON (λ). 104
- FIGURA 4.1-47. ANÁLISIS DE ORDENACIÓN MEDIANTE LA TÉCNICA DE COORDENADAS PRINCIPALES (PCO) IMPLEMENTANDO LA ÉPOCA (A) Y LAS ZONAS (B) COMO FACTORES DE AGRUPACIÓN. LBA= BOCA DE LA BARRA; CLU= CIÉNAGA LA LUNA; NVE= NUEVA VENECIA; CEN= CENTRO CGSM; RIN= RINCONADA; FRF= FRENTE A RÍO FUNDACIÓN Y CAN= BOCA DEL CAÑO AGUAS NEGRAS; M= INFLUENCIA MARINA; CG= INTERIOR DE LA CIÉNAGA Y CP= COMPLEJO PAJARALES. 105
- FIGURA 4.1-48. VALORES DE LA DENSIDAD FITOPLANCTÓNICA (CEL. L<sup>-1</sup>) REGISTRADO EN LAS ESTACIONES DE BOCA DE LA BARRA (LBA) Y CIÉNAGA LA LUNA (CLU), ENTRE OCTUBRE DE 2018 Y AGOSTO DE 2019. 108
- FIGURA 4.1-49. VALORES DE SALINIDAD REGISTRADA EN LAS ESTACIONES DE BOCA DE LA BARRA (LBA) Y CIÉNAGA LA LUNA (CLU), ENTRE OCTUBRE DE 2018 Y AGOSTO DE 2019. 109
- FIGURA 4.1-50. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS PRINCIPALES GRUPOS TAXONÓMICOS DE FITOPLANCTON EN LA BOCA DE LA BARRA (IZQUIERDA) Y CIÉNAGA LA LUNA (DERECHA), ENTRE OCTUBRE DE 2018 Y AGOSTO DE 2019. 109
- FIGURA 4.1-51. ANÁLISIS DE ORDENACIÓN MEDIANTE LA TÉCNICA DE COORDENADAS PRINCIPALES (PCO) IMPLEMENTANDO PARA LA ZONA MARINA (M) Y EL COMPLEJO PAJARALES (CP) COMO FACTORES DE AGRUPACIÓN. LBA= BOCA DE LA BARRA; CLU= CIÉNAGA LA LUNA. 110
- FIGURA 4.2-1. INDICADOR DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA PARA EL MANGLAR EN LA CGSM. LA BARRA DE COLORES EN LA PARTE DERECHA DEL GRAFICO CORRESPONDE A LAS DIFERENTES ESCALAS DE INTERPRETACIÓN DEL IBIM NOMBRADAS EN LA TABLA 3.3-1. 114
- FIGURA 4.2-2. INDICADOR DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA DE MANGLAR (IBIM) EN LOS ÚLTIMOS CINCO AÑOS PARA LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE CGSM. LUN=LUNA, ANE= AGUAS NEGRAS, CGD= CAÑO GRANDE, KM22= KILÓMETRO 22, RIN=



RINCONADA, SEV= SEVILLANO. LA BARRA DE COLORES EN LA PARTE DERECHA DEL GRAFICO CORRESPONDE A LAS DIFERENTES ESCALAS DE INTERPRETACIÓN DEL IBIM NOMBRADAS EN LA TABLA 3.3-1. 115

FIGURA 4.2-3 CAMBIOS ANUALES EN EL PROMEDIO DE SALINIDAD INTERSTICIAL (0,5M) DENTRO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE MANGLAR EN CGSM. LAS LÍNEAS ROJAS VERTICALES REPRESENTAN PROCESOS DE REHABILITACIÓN HÍDRICA DE CAÑOS Y CANALES. LAS LÍNEAS PUNTEADAS HORIZONTALES NEGRAS REPRESENTAN EL LÍMITE FISIOLÓGICO DE LAS ESPECIES DE MANGLAR RM (*RHIZOPHORA MANGLE*), LR (*LAGUNCULARIA RACEMOSA*) Y AG (*AVICENNIA GERMINANS*). 116

FIGURA 4.2-4. ALGUNOS DE LOS CAÑOS DRAGADOS DURANTE LA VIGENCIA 2017-2018 POR LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL MAGDALENA (CORPAMAG). IMAGEN SIN ESCALA, CON FINES ILUSTRATIVOS. TOMADO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE LOS MANGLAres DE COLOMBIA – SIGMA – SERIES DE TIEMPO CGSM

<HTTP://BURITACA.INVEMAR.ORG.CO/SIGMAGEOVISOR/> 116

FIGURA 4.2-5. PROMEDIO DE SALINIDAD INTERSTICIAL (0,5M) EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE CGSM PARA LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS\*. LA ESTACIÓN SEVILLANO EMPIEZA A SER MONITOREADA DESDE EL AÑO 2018. 117

FIGURA 4.2-6. SALINIDAD SUPERFICIAL DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE MANGLAR CGSM 118

FIGURA 4.2-7. PROMEDIO DEL NIVEL DE INUNDACIÓN EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO PARA LOS AÑOS 2018 Y 2019. 119

FIGURA 4.2-8. COMPORTAMIENTO DEL NIVEL DE INUNDACIÓN PARA LAS ESTACIONES LUNA Y KILOMETRO 22. PROMEDIOS DEL AÑO 2019 Y CUARTO TRIMESTRE DE 2018. 119

FIGURA 4.2-9. RELACIÓN PORCENTUAL DE PLÁNTULAS, PROPÁGULOS Y BRINZALES EN LA CGSM PARA EL AÑO 2019. 121

FIGURA 4.2-10. DENSIDAD TOTAL DE PROPÁGULOS, PLÁNTULAS Y BRINZALES EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO CGSM. 122

FIGURA 4.2-11. PARTE SUPERIOR: DENSIDAD ACUMULADA DE PLÁNTULAS Y PROPÁGULOS EN CGSM. PARTE INTERIOR: SERIE DE TIEMPO DE LA PRECIPITACIÓN PORCENTUAL RESPECTO A LA MEDIA VS. ÍNDICE OCEÁNICO DE EL NIÑO (ONI). DATOS PARA EL AEROPUERTO SIMÓN BOLÍVAR – SANTA MARTA (FUENTE: WWW. IDEAM.GOV.CO). LOS RECUADROS ROJO Y MORADO MUESTRAN RELACIONES DE CORRESPONDENCIA ENTRE AMBOS GRÁFICOS. 124

FIGURA 4.2-12. DENSIDAD TOTAL Y POR ESPECIE DE PROPÁGULOS, PLÁNTULAS Y BRINZALES EN LAS ESTACIONES MONITOREADAS DE LA CGSM EN EL PERÍODO 2010-2018. 125

FIGURA 4.2-13. RELACIÓN PORCENTUAL DE ESPECIES ENCONTRADAS EN EL COMPONENTE ESTRUCTURAL CGSM. 126

FIGURA 4.2-14. DENSIDAD DE ÁRBOLES EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE CGSM DURANTE EL PERÍODO 2015-2019 127

FIGURA 4.2-15. ÁREA BASAL, DENSIDAD E ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA PARA LAS ESTACIONES RINCONADA Y AGUAS NEGRAS 128

FIGURA 4.2-16. ÁREA BASAL, DENSIDAD E ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA PARA LAS ESTACIONES CAÑO GRANDE Y SEVILLANO. 129

FIGURA 4.2-17. ÁREA BASAL, DENSIDAD E ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA PARA LAS ESTACIONES LUNA Y KILOMETRO 22. 130

FIGURA 4.2-18. HISTÓRICO DEL ÁREA BASAL PARA LAS ESPECIES *AVICENNIA GERMINANS*, *RHIZOPHORA MANGLE* Y *LAGUNCULARIA RACEMOSA* EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE CGSM. 131

FIGURA 4.2-19. ESTADO FITOSANITARIO GENERAL DE LOS ÁRBOLES EN EL 2019. VALORES EN PORCENTAJE POR ESTACIÓN. 0=BUEN ESTADO, 1=MODERADAMENTE AFECTADO, 2=FUERTEMENTE AFECTADO, 3=MUERTO. 132

FIGURA 4.2-20. PRINCIPALES SÍNTOMAS FITOSANITARIOS ENCONTRADOS EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO. CLO= CLOROSIS; HERB= HERBIVORÍA; DEF= DEFOLIACIÓN; HP= HOJAS PERFORADAS; EXU= EXUDADOS; MB= MANCHAS BLANCAS; DESC= DESCORTEZAMIENTO; RA= RAÍCES ADVENTICIAS; FT= FRACTURACIÓN; MUAS= MUERTE ASCENDENTE. 133

FIGURA 4.2-21 PORCENTAJE DE REPRESENTATIVIDAD DE REGISTROS AVIFAUNALES REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES DE MANGLAR DE LA CGSM DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DE 2019. LUN: LUNA. ANE: AGUAS NEGRAS. CGD: CAÑO GRANDE. RIN: RINCONADA. 134

FIGURA 4.2-22 PORCENTAJE DE ESPECIES MIGRATORIAS DETECTADAS PARA EL SEGUNDO SEMESTRE DE 2019, EN CINCO ESTACIONES DE INTERÉS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA. 138

FIGURA 4.2-23 AVES MIGRATORIAS REGISTRADAS DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DE 2019 EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA: MIGRATORIAS BORALES A. BARRAQUETE *SPATULA DISCORS*, B. ÁGUILA PESCADORA *PANDION HALIAETUS*, C. JUVENIL DE HALCÓN PEREGRINO *FALCO PEREGRINUS*, D. REINITA ACUÁTICA *PARKESIA NOVEBORACENSIS*, E. GAVIOTÍN REAL *THALASSEUS MAXIMUS*, Y MIGRATORIA AUSTRAL F. GOLONDRINA PARDА *PROgne TAPERA*. 139



FIGURA 4.2-24 EJEMPLARES REGISTRADAS BAJO ALGUNA CATEGORÍA DE AMENAZA: A. COLIBRÍ CIENAGUERO <i>LEPIDOPYGA LILLIAE</i> , EJEMPLAR HEMBRA, B. TORDO DE OJOS ROJOS <i>MOLOTHRUS AENEUS ARMENTI</i> Y C. CHAVARRÍ <i>CHAUNA CHAVARRIA</i> , EJEMPLARES HEMBRA Y MACHO.	140
FIGURA 4.2-25 PORCENTAJES DE REPRESENTATIVIDAD POR FAMILIAS PARA A. ESTACIÓN RINCONADA, B. ESTACIÓN AGUAS NEGRAS, C. ESTACIÓN CAÑO GRANDE, D. ESTACIÓN KM22 Y E. ESTACIÓN LUNA.	142
FIGURA 4.2-26 EJEMPLARES REPRESENTATIVOS DE ALGUNOS GREMIOS TRÓFICOS A. ICTIÓFAGOS, GARZA REAL <i>ARDEA ALBA</i> , B-C. INVERTEBRADÍVOROS, GUARAGUACO COMÚN <i>CARACARA CHERIWAY</i> , D. CARROÑEROS, GUALA COMÚN <i>CATHARTES BURROVIANUS</i> , E. INSECTÍVOROS, VIUDITA <i>FLUVICOLA PICA</i> , Y F. HERBÍVOROS, POLLA DE AGUA <i>PORPHYRIO MARTINICA</i> .	144
FIGURA 4.2-27 PORCENTAJE POR GREMIOS TRÓFICOS PARA EL TOTAL DE EJEMPLARES DETECTADOS.	145
FIGURA 4.2-28 A. PORCENTAJE DE REPRESENTATIVIDAD POR GREMIO TRÓFICO, PARA CADA UNA DE LAS ESTACIONES, EXCLUYENDO EL GREMIO DE LOS ICTIÓFAGOS. B. PORCENTAJE DE REPRESENTATIVIDAD DEL GREMIO ICTIÓFAGO PARA CADA UNA DE LAS ESTACIONES.	146
FIGURA 4.2-29 DINÁMICA DE PÉRDIDA, GANANCIA Y ESTABILIDAD DEL MANGLAR DE LA CGSM ENTRE EL 2018 Y EL 2019	148
FIGURA 4.2-30 DINÁMICA DE LA COBERTURA DEL MANGLAR DE LA CGSM ENTRE EL AÑO 2000 Y EL AÑO 2019	149
FIGURA 4.2-31 GRADO DE AFECTACIÓN DEL MANGLAR DE LA CGSM EN EL 2019	150
FIGURA 4.3-1. CAPTURA TOTAL ANUAL Y PROMEDIO MENSUAL ANUAL EN LA PESQUERÍA DE LA ECORREGIÓN CGSM.	152
FIGURA 4.3-2. TENDENCIA DE LA CAPTURA TOTAL ANUAL DE PEZES, CRUSTÁCEOS Y MOLUSCOS EN LA PESQUERÍA DE LA ECORREGIÓN CGSM.	154
FIGURA 4.3-3. VARIACIÓN MULTIANUAL DEL IOS, CAUDALES DEL RÍO MAGDALENA, SALINIDAD MEDIA Y CAPTURAS TOTALES EN LA CGSM.	158
FIGURA 4.3-4. COMPOSICIÓN ANUAL DE LA CAPTURA (T) DE PEZES EN LA ECORREGIÓN CGSM.	159
FIGURA 4.3-5. COMPOSICIÓN ANUAL DE LA CAPTURA DE INVERTEBRADOS EN LA ECORREGIÓN.	161
FIGURA 4.3-6. CAPTURA TOTAL ANUAL PARA LOS PRINCIPALES SITIOS DE DESEMBARCO POR ARTE Y/ O MÉTODO DE PESCA EN LA ECORREGIÓN CGSM.	163
FIGURA 4.3-7. CAPTURA, ESFUERZO Y CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO POR ARTE DE PESCA (A) ATARRAYA, (B) RED DE ENMALLE BOLICHE, (C) RED DE ENMALLE FIJA (TRASMALLO), (D) RED CAMARONERA RELEO Y (E) NASAS, EN LA ECORREGIÓN CGSM.	166
FIGURA 4.3-8. ESFUERZO DE PESCA ANUAL DE ALGUNOS ARTES DE PESCA EN LA PESQUERÍA DE LA CGSM.	167
FIGURA 4.3-9. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL ESFUERZO PROMEDIO DE ALGUNOS ARTES DE PESCA EN CGSM	167
FIGURA 4.3-10. COMPARACIÓN ANUAL DE LA ABUNDANCIA POR ESPECIE DE PEZES CAPTURADA CON ATARRAYA EN LA PESQUERÍA DE LA CGSM.	168
FIGURA 4.3-11. COMPARACIÓN ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA POR ESPECIE DE PEZES CAPTURADA CON ATARRAYA EN LA PESQUERÍA DE LA CGSM	169
FIGURA 4.3-12. COMPARACIÓN ANUAL DE LA ABUNDANCIA MULTIESPECÍFICA CAPTURADA CON ATARRAYA EN LA PESQUERÍA DE CGSM.	169
FIGURA 4.3-13. COMPARACIÓN ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA MULTIESPECÍFICA CAPTURADA CON ATARRAYA EN LA PESQUERÍA DE CGSM	170
FIGURA 4.3-14. COMPARACIÓN ANUAL DE LA ABUNDANCIA DE PEZES CAPTURADOS CON TRASMALLO EN LA PESQUERÍA DE LA CGSM.	171
FIGURA 4.3-15. COMPARACIÓN ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA DE PEZES CAPTURADOS CON TRASMALLO EN LA PESQUERÍA DE LA CGSM	171
FIGURA 4.3-16. COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA ANUAL Y ESPACIAL MULTI-ESPECÍFICA DE PEZES PARA TRASMALLO EN LA PESQUERÍA DE CGSM.	172
<b>FIGURA 4.3-17. COMPARACIÓN ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA MULTIESPECÍFICA CAPTURADA CON TRASMALLO EN LA PESQUERÍA DE CGSM</b>	172
FIGURA 4.3-18. COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA ANUAL DE CAMARONES POR ZONAS EN LA PESQUERÍA DE CGSM.	173
FIGURA 4.3-19. COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA ANUAL DE JAIBAS POR ZONAS EN LA CGSM (CON AROS).	174
<b>FIGURA 4.3-20. COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA ANUAL DE JAIBAS POR ZONAS EN LA CGSM (CON NASAS).</b>	174
<b>FIGURA 4.3-21. COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA ANUAL Y ESPACIAL DE LA OSTRA EN LA CGSM.</b>	175



FIGURA 4.3-22. INGRESOS ECONÓMICOS (\$/FAENA) A.) PRECIOS CORRIENTES Y B.) PRECIOS CONSTANTES A DICIEMBRE DE 2018.	176
COMPARACIÓN ANUAL PARA LA ATARRAYA Y EL TRASMALLO EN LA PESQUERÍA DE LA CGSM.	
FIGURA 4.3-23. RENTA ECONÓMICA (\$/FAENA) A.) PRECIOS CORRIENTES Y B.) PRECIOS CONSTANTES DICIEMBRE DE 2018.	177
COMPARACIÓN ANUAL PARA LA ATARRAYA Y EL TRASMALLO EN LA PESQUERÍA DE CGSM.	
FIGURA 4.3-24. COMPARACIÓN ANUAL DE LAS CAPTURAS E INGRESOS ECONÓMICOS A PRECIOS CORRIENTES E INDEXADOS A PRECIOS DE DICIEMBRE DE 2018 PARA EL TOTAL DE ESPECIES CAPTURADAS CON TODOS LOS ARTES EN LA PESQUERÍA DE CGSM.	178
<b>FIGURA 4.3-25. RENTA ECONÓMICA POR PESCADOR PARA LOS PRINCIPALES SITIOS DE DESEMBARCO POR ARTE Y/ O MÉTODO DE PESCA EN LA ECORREGIÓN CGSM.</b>	181
FIGURA 4.3-26. RELACIÓN ANCHO DEL CAPARAZÓN (MM)- PESO (G) PARA SEXOS COMBINADOS DE LA JAIBA AZUL ( <i>CALLINECTES SAPIDUS</i> ) RECOLECTADOS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA.	182
FIGURA 4.3-27. ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA PARA LA JAIBA AZUL ( <i>CALLINECTES SAPIDUS</i> ) RECOLECTADOS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA.	183
FIGURA 4.3-28. TALLA DE MADUREZ SEXUAL PARA SEXOS COMBINADOS DE LA JAIBA AZUL ( <i>CALLINECTES SAPIDUS</i> ) RECOLECTADOS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA. LA LÍNEA PUNTEADA MUESTRA EL CORTE DONDE SE UBICA LA TM.	184
FIGURA 4.3-29. RELACIÓN ANCHO DEL CAPARAZÓN (MM)- PESO (G) PARA SEXOS COMBINADOS DE LA JAIBA ROJA ( <i>CALLINECTES BOCOURTI</i> ) RECOLECTADOS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA.	185
FIGURA 4.3-30. ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA PARA LA JAIBA ROJA ( <i>CALLINECTES BOCOURTI</i> ) RECOLECTADOS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA.	186
FIGURA 4.3-31. TALLA DE MADUREZ SEXUAL PARA SEXOS COMBINADOS DE LA JAIBA ROJA ( <i>CALLINECTES BOCOURTI</i> ) RECOLECTADOS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA. LA LÍNEA PUNTEADA MUESTRA EL CORTE DONDE SE UBICA LA TM.	186
FIGURA 4.3-32. RELACIÓN LONGITUD (MM)- PESO (G) PARA SEXOS COMBINADOS DEL LEBRANCHE ( <i>MUGIL LIZA</i> ) RECOLECTADOS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA.	188
FIGURA 4.3-33. RELACIÓN LONGITUD (MM)- PESO (G) PARA SEXOS COMBINADOS DEL MACABÍ ( <i>ELOPS SMITHI</i> ) RECOLECTADOS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA.	189
FIGURA 4.3-34. COMPARACIÓN ANUAL DE LA TALLA MEDIA DE CAPTURA (2000-2019) Y COMPOSICIÓN DE LA CAPTURA POR TALLAS (2019) CONTRA LA TALLA DE MADUREZ SEXUAL PARA LAS PRINCIPALES ESPECIES DE PECES Y JAIBAS EN LA PESQUERÍA DE LA CGSM. ** 8 MESES	192
FIGURA 4.3-35. PRESIÓN PESQUERA ARTESANAL SOBRE LA ESTRUCTURA DE TALLAS CAPTURADAS DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE PECES EN LA ECORREGIÓN CGSM.	193



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.2-1. ESTACIONES Y PERIODICIDAD DE MUESTREO (M: MENSUAL, B: BIMESTRAL, S: SEMESTRAL) PARA EL ANÁLISIS DE VARIABLES EN AGUAS, SEDIMENTOS Y PECES ( <i>MUGIL INCILIS</i> ). NUT: NUTRIENTES, CHL A: CLOROFILA A, SST: SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, CTT: COLIFORMES TOTALES, CTE: COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	21
TABLA 3.2-2. MÉTODOS ANALÍTICOS EMPLEADOS PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA. ....	23
TABLA 3.2-3. MÉTODOS ANALÍTICOS EMPLEADOS PARA DETERMINAR METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA.....	24
TABLA 3.2-4. MÉTODOS ANALÍTICOS PARA DETERMINAR MERCURIO Y <i>VIBRIO SP.</i> EN PECES ( <i>MUGIL INCILIS</i> ).....	25
TABLA 3.2-5 ESTACIONES DE MONITOREO DEL BOSQUE DE MANGLAR. * ESTACIONES DE MONITOREO DE AVIFAUNA.....	26
TABLA 3.2-6 ESCALA PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO FITOSANITARIO GENERAL DE LOS ÁRBOLES DE MANGLAR.....	31
TABLA 3.2-7 SENsoRES REMOTOS UTILIZADOS EN DIFERENTES AÑOS.....	34
TABLA 3.2-8 CLASES TEMÁTICAS TENIDAS EN CUENTA PARA EL ANÁLISIS DE COBERTURA EN LA CGSM .....	35
TABLA 3.2-9.GRADO DE PERTURBACIÓN SEGÚN OSAVI .....	37
TABLA 3.2-10. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES, PERIODO Y FRECUENCIA DE MUESTREO POR ESTACIÓN O SITIO DE DESEMBARQUE .....	37
TABLA 3.3-1. ESCALA DE INTERPRETACIÓN DEL IBIM.....	42
TABLA 3.3-2 VARIABLES DE INTERÉS PARA DEFINIR LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURAL DE LOS BOSQUES DE MANGLAR ( <a href="#">SCHEAFFER-NOVELLI Y CINTRÓN-MOLERO, 1986</a> ).....	42
TABLA 3.3-3. ESCALA PARA MEDIR LA SEVERIDAD DE SÍNTOMAS EN LA ZONA FOLIAR Y MADERABLE DE ÁRBOLES DE MANGLAR DE LA CGSM .....	44
TABLA 4.1-1. CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN LOS VALORES DE SALINIDAD ( <a href="#">KNOX, 2001</a> ).....	50
TABLA 4.1-2. RESUMEN DEL MONITOREO DE METALES PESADOS EN EL MATERIAL PARTICULADO SUSPENDIDO EN AGUAS Y SEDIMENTOS DE OCHO ESTACIONES REPRESENTATIVAS DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA. ....	80
TABLA 4.1-3. NÚMERO DE MORFOTIPOS POR GRUPOS TAXONÓMICOS ENCONTRADOS EN LA CGSM EN DIFERENTES ESTUDIOS. DIATOMEAS (DT), DINOFAGELADOS (DF), CHLOROPHYTA (CL), EUGLENOZOA (EU) Y CIANOBACTERIA (CB).....	103
TABLA 4.1-4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BIOENV PARA CADA UNA DE LAS ÉPOCAS CLIMÁTICAS, UTILIZANDO COMO VARIABLES FISICOQUÍMICAS PROFUNDIDAD (M), TRANSPARENCIA DISCO SECHI (M), TEMPERATURA (°C), SALINIDAD, PH, OXÍGENO DISUELTO (MG L <sup>-1</sup> ), CONCENTRACIÓN DE NITRITOS (MG L <sup>-1</sup> ), NITRATOS (MG L <sup>-1</sup> ), AMONIO (MG L <sup>-1</sup> ), FOSFATOS (MG L <sup>-1</sup> ), SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES - SST (MG L <sup>-1</sup> ) Y CLOROFILA A (µG/L). .....	106
TABLA 4.1-5. DENSIDAD (CÉL. L <sup>-1</sup> ) DE LOS GÉNEROS CON ESPECIES DE MICROALGAS POTENCIALMENTE TÓXICAS REGISTRADOS DURANTE OCTUBRE DE 2018 (ÉPOCA DE LLUVIOSA) Y FEBRERO DE 2019 (ÉPOCA SECA) EN LAS ESTACIONES ANALIZADAS. H= ÉPOCA DE LLUVIAS Y S= ÉPOCA SECA. ESTACIONES: LA BOCA DE LA BARRA (LBA), CIÉNAGA LA LUNA (CLU), NUEVA VENECIA (NVE), CENTRO CIÉNAGA (CEN), RINCONADA (RIN), FRENTE AL RÍO FUNDACIÓN (FRF) Y CAÑO AGUAS NEGRAS (CAN).....	107
TABLA 4.1-6. DENSIDAD (CEL. L <sup>-1</sup> ) DE LOS GÉNEROS CON ESPECIES DE MICROALGAS POTENCIALMENTE NOCIVAS REGISTRADOS ENTRE OCTUBRE DE 2018 Y AGOSTO DE 2019 EN LA ESTACIÓN BOCA DE LA BARRA (LBA).....	111
TABLA 4.1-7. DENSIDAD (CEL. L <sup>-1</sup> ) DE LOS GÉNEROS CON ESPECIES DE MICROALGAS POTENCIALMENTE NOCIVAS REGISTRADOS ENTRE OCTUBRE DE 2018 Y AGOSTO DE 2019 EN LA ESTACIÓN CIÉNAGA LA LUNA (CLU).....	111
TABLA 4.1-8. GÉNEROS POTENCIALMENTE NOCIVOS DE FITOPLANCTON OBSERVADOS ENTRE OCTUBRE DE 2018 Y AGOSTO DE 2019, Y EL EFECTO NOCIVO AL CUAL SE HAN ASOCIADO EN OTROS LUGARES DEL MUNDO Y/O EN COLOMBIA. CLU: ESTACIÓN CIÉNAGA LA LUNA; LBA: ESTACIÓN BOCA DE LA BARRA. MCC = MÁXIMA CONCENTRACIÓN CELULAR.....	112
TABLA 4.2-1 LISTADO DE ESPECIES AVIFAUNALES. IUCN: CATEGORÍA DE AMENAZA SEGÚN LA UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA-IUCN. LR, CATEGORÍA DE AMENAZA EN EL LIBRO ROJO DE LAS AVES DE COLOMBIA. CR, CATEGORÍA DE RESIDENCIA DE LA ESPECIE EN EL PAÍS: R (RESIDENTE), INR (INVERNANTE CON POBLACIONES NO REPRODUCTIVAS), E (ENDÉMICO). CM, CATEGORÍA MIGRATORIA: MB (MIGRATORIO BOREAL), MA (MIGRATORIO AUSTRAL), ML (MIGRATORIO LOCAL).....	134
TABLA 4.2-2 VALORES DE EXTENSIÓN DE MANGLAR VIVO Y PERDIDO EN LA CGSM, EN EL PERÍODO 2018-2019 .....	149



TABLA 4.2-3 VALORES DE EXTENSIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE COBERTURAS GENERADAS PARA LA CGSM, EN EL PERÍODO 2019, DE ACUERDO A SU GRADO DE AFECTACIÓN.....	151
TABLA 4.3-1. ESPECIES COMERCIALES DE LA PESQUERÍA DE LA ECORREGIÓN .....	155
TABLA 4.3-2. PARÁMETROS ESTIMADOS DE LA PRINCIPAL VARIABLE MORFOMÉTRICA Y PESAJE DATADOS EN LABORATORIO DE LA JAIBA AZUL ( <i>CALLINECTES SAPIDUS</i> ) RECOLECTADOS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA. ....	182
TABLA 4.3-3. PARÁMETROS ESTIMADOS DE LA PRINCIPAL VARIABLE MORFOMÉTRICA Y PESAJE DATADOS EN LABORATORIO DE LA JAIBA ROJA ( <i>CALLINECTES BOCOURTI</i> ) RECOLECTADOS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA. ....	184
TABLA 4.3-4 PARÁMETROS ESTIMADOS DE LA PRINCIPAL VARIABLE MORFOMÉTRICA Y PESAJE DATADOS EN LABORATORIO DEL LEBRANCHE ( <i>MUGIL LIZA</i> ) RECOLECTADOS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA. ....	187
TABLA 4.3-5. PARÁMETROS ESTIMADOS DE LA PRINCIPAL VARIABLE MORFOMETRICA Y PESAJE DATADOS EN LABORATORIO DEL MACABI ( <i>ELOPS SMITH</i> ) RECOLECTADOS EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA.....	188

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 MEMORIA TALLER DE SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA: AVANZANDO HACIA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL COMPLEJO LAGUNAR .....	214
ANEXO 2. DESCRIPCIÓN DE FITOPATOLOGÍAS IDENTIFICADAS EN LOS MANGLAres DE LA CGSM .....	226
ANEXO 3 AYUDA DE MEMORIA. TALLER “VALIDACIÓN DE LAS ESPECIES DE AVES QUE PUEDEN CONSIDERARSE INDICADORAS DEL ESTADO DE SALUD DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA” .....	236



## 1 RESUMEN EJECUTIVO

La ecorregión de la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM, es el complejo lagunar estuarino más extenso de Colombia del que hacen parte 14 municipios. Por sus características hidrológicas, ecológicas y geomorfológicas, sus ecosistemas son considerados de los más productivos de la zona tropical, hecho que le ha permitido estar distinguida con cinco figuras de protección. A pesar de su gran importancia, la CGSM mostró un grave deterioro ambiental en la década de los noventa como producto del desequilibrio hídrico originado por la construcción de la carretera Ciénaga-Barranquilla en los años 50, que condujo progresivamente a la hipersalinización del sistema. Con el objeto de promover su rehabilitación, se realizó la reapertura de cinco canales naturales preexistentes, con conexión al río Magdalena. Desde la apertura de los canales y para evaluar los cambios ambientales, estructurales y funcionales de las comunidades vegetales (manglar), de la calidad del agua y los recursos pesqueros, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras –INVEMAR, con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible- MinAmbiente y de la Corporación Autónoma Regional del Magdalena –CORPAMAG, en el marco del Convenio de Cooperacion No. 16 del 2006 ha venido realizando el monitoreo ambiental en la CGSM.

En el presente informe, se presentan los resultados de los tres componentes del monitoreo, calidad de aguas, manglares y recursos pesqueros, realizado en el periodo comprendido entre octubre de 2018 y octubre de 2019, y comparaciones con la serie histórica del sistema. El monitoreo se realizó en: 28 estaciones de calidad de aguas, en donde se hicieron mediciones *in situ* y se colectaron muestras de aguas para el análisis de nutrientes, clorofila a, sólidos suspendidos totales, materia orgánica, comunidades microbiológicas y metales pesados; en seis estaciones de manglar, en las que se tomaron variables estructurales, funcionales, fitopatológicos y fisicoquímicos; y en cinco puntos de muestreo, ubicados en los principales sitios de desembarco del área, para el registro de variables de desempeño pesquero (captura, esfuerzo, tallas, precios de las especies, costos de operación de faenas, etc.). Sumado a esto, en el marco del proyecto “Fortalecimiento al monitoreo ambiental a la CGSM”, Convenio de Asociación No. 40 suscrito entre INVEMAR y CORPAMAG en 2014; se recolectaron muestras de sedimento para determinar metales pesados; muestras de agua para el análisis de fitoplancton en el sistema; y se adquirieron peces (lisas) para determinar mercurio y la presencia de microorganismos patógenos como *Vibrio sp.* y *Aeromonas sp.* Así mismo se realizaron censos de avifauna asociada a los manglares en cinco localidades; se actualizaron las tallas de madurez sexual (TM) para las especies de peces chivo cabezón (*Ariopsis canteri*), chivo mapalé (*Cathorops mapale*) y mojarra rayada (*Eugerres plumieri*), para los crustáceos jaiba azul (*Callinectes sapidus*) y jaiba roja (*Callinectes bocourtii*) y se verificó el estado de madurez de las especies de peces de macabí (*Elops smithii*) y lebranché (*Mugil liza*).

Los resultados mostraron que la salinidad del agua superficial aumentó con respecto al 2018, especialmente en la cuenca baja de los ríos de la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta - SNSM, el cuerpo de agua principal, el complejo de ciénagas de Pajarales y las del noroccidente del Vía Parque Isla de Salamanca - VIPIS, indicando que los aportes de agua dulce disminuyeron y que esta situación se ve agudizada cuando predominan las condiciones secas como se observó en el primer semestre de 2019. El pH, la concentración de oxígeno disuelto y de nutrientes inorgánicos disueltos, evidenciaron que en estaciones de los ríos de la SNSM y en ciénagas cercanas al cuerpo de agua principal y al complejo de Pajarales, continúa presentándose



un deterioro en la calidad del agua, lo cual ocasionó mortandades de peces en febrero de 2019 en el río Fundación y el caño Clarín. Los resultados de metales pesados reafirman que su principal ingreso a la CGSM se da a través del río Magdalena, debido a que en estaciones sobre las que influye directamente este río, como la Ciénaga Poza Verde y los caños Clarín y Aguas Negras, las concentraciones de metales biodisponibles y totales en sedimentos y en el material particulado del agua son mayores, con respecto a las concentraciones registradas en las demás estaciones de la CGSM; las concentraciones de metales totales en estas estaciones, como Cobre, Cromo y Zinc, superaron el nivel de referencia de efecto umbral (TEL) el cual puede representar un riesgo para la biota. Las concentraciones de coliformes totales y termotolerantes registradas, indican la entrada continua de aguas residuales domésticas al ecosistema, lo cual genera condiciones sanitarias inadecuadas que limitan su uso para actividades como la pesca, principalmente en las estaciones Isla del Rosario, desembocadura río Aracataca, Nueva Venecia, Buenavista, Boca Caño Aguas Negras y Boca Caño Clarín. Además, persisten especies de *Vibrio* y *Aeromonas* potencialmente patógenas como *V. cholerae* y *A. hydrophila*, las cuales representan un riesgo para la fauna y las poblaciones humanas expuestas a los recursos que provee el ecosistema.

Los manglares de la CGSM presentan diferentes estados ecológicos y de salud que están íntimamente relacionados con su estado estructural, la capacidad de generar e implantar nuevos individuos en la población y de factores externos pero que influencian la dinámica del sistema (precipitación, salinidad, microtopografía, etc). Durante los 3 primeros trimestres del 2019 las estaciones con un buen estado de integridad ecológica fueron Rinconada y Aguas Negras, mientras Kilómetro 22 y Luna mostraron estados pobres o no deseables. Estas dos últimas estaciones mostraron un alto grado de inundación durante los 4 trimestres (época lluvia y seca), además presentaron valores muy bajos de producción de renacientes y en el establecimiento de brizales; lo que finalmente repercute en el crecimiento de nuevos árboles. A nivel general para las demás estaciones, hubo una leve recuperación en los brizales. En todas las estaciones, la salinidad intersticial se encontró dentro del rango tolerable para el crecimiento y desarrollo de las diferentes especies (valores menores a 40 unidades), se destaca que en la estación Luna, se registraron los valores promedio más bajos reportados desde el año 2000 (23,4 unidades). La densidad de árboles por hectárea fue menor en el 2019 con respecto a 2018, dado que en algunas de las estaciones se observaron eventos de pérdida de árboles por muerte o tala. La cobertura de manglar para 2019, tuvo una ganancia neta de 1.014 hectáreas, asociado principalmente al establecimiento y desarrollo de nuevas plantas de *Laguncularia racemosa* en diferentes localidades de la Ciénaga.

En relación a la dinámica de explotación de los recursos pesqueros, entre febrero y septiembre de 2019 se ingresaron 26.718 registros de monitoreo pesquero en el Sistema de Información Pesquera del INVEMAR - SIPEIN (21.955 de captura y esfuerzo, 3.082 de tallas y 1.681 de precios). Para este periodo se estimó una producción pesquera de 4.034 t, representadas en un 77% de peces y 23% de crustáceos, resaltando el hecho que para este año no se registraron moluscos en VIPIS, debido a la prohibición de la actividad extractiva en el Parque. En el grupo de peces, se destacaron las especies estuarinas, principalmente la lisa (34,4%), seguida de un grupo compuesto por chivo mapalé, macabí, chivo cabezón y mojarra rayada, que representaron el 30,3% del total de peces. En lo relativo a la mojarra lora, se presentó una mejoría durante este periodo, figurando con el 13,2% de la captura total desembarcada. Las jaibas constituyeron el 73,6% de los crustáceos. La composición anual de la captura por especies de peces e invertebrados, permitió inferir impactos en la estructura de los ensamblajes de ambos grupos. La disminución en la salinidad de las aguas favoreció hasta septiembre el aporte a la producción total de especies de peces estuarinos, de las



cuales la lisa representó las mayores capturas en peso. Aunque las estimaciones son hasta septiembre de 2019, se sugiere un incremento de la producción pesquera respecto a la media anual de los 12 años anteriores de la serie de datos. No obstante, se percibe una incidencia negativa de los artes de pesca sobre los peces, registrándose una afectación importante sobre las longitudes de captura de las principales especies, que en algunos casos se capturan por debajo de las tallas de madurez (TM). En cuanto a la estimación de las TM, para el chivo cabezón fue 301 mm de longitud total (Lt), para el mapalé 163 mm Lt, para la mojarra rayada fue 216 mm Lt, para la jaiba azul 95 mm de ancho del caparazón y preliminarmente para jaiba roja, se valoró en 86 mm de ancho del caparazón. Para los casos de las especies macabí y lebranche, se evidenció a la fecha, que, en el área de la CGSM, se pescan en estado juvenil, notándose ausencia total de individuos maduros.

La información obtenida en el monitoreo ambiental de la CGSM hasta la fecha, fue insumo para la generación de medidas de manejo para el Comité Ejecutivo de la Pesca, liderado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el MinAmbiente (cuotas, esfuerzo óptimo y tallas mínimas de captura), así como para la elaboración del Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia, la generación de conceptos técnicos y el acompañamiento a diversos actores en torno a las problemáticas actuales del sistema lagunar. De igual manera, los resultados del monitoreo del 2018, fueron socializados en un taller a la comunidad de pescadores y entidades relacionadas con la administración de los recursos de la CGSM (Anexo 1), además se divulgaron en el XVIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar.



## 2 INTRODUCCIÓN

La Ciénaga Grande de Santa Marta - CGSM es el complejo lagunar estuarino más extenso de Colombia ([Blanco et al., 2006](#)), comprende el cuerpo central de la ciénaga, el complejo de ciénagas de Pajarales y la Isla de Salamanca ([Cotes, 2004](#)). Se encuentra ubicada en el departamento del Magdalena, norte de Colombia, separada del mar Caribe por la Isla de Salamanca y en la parte continental está limitada por la planicie de inundación del río Magdalena al oeste y suroeste, y con la Sierra Nevada de Santa Marta al este y sureste. Además de la importancia ecológica de este ecosistema, en ella tienen asiento 14 municipios que derivan su sustento de forma directa e indirecta de los recursos que provee el ecosistema.

Geográficamente, en la ecorregión de la CGSM ejercen jurisdicción los municipios de Sitio Nuevo, Pueblo Viejo, Remolino, El Retén, Salamina, Zona Bananera, Pivijay, Ciénaga, Aracataca, El Piñón, Fundación, Concordia, Zapayán y Cerro de San Antonio; incluidas en Sitio Nuevo las comunidades palafíticas de Buenavista y Nueva Venecia, en el complejo de Pajarales. Estas 14 entidades registran una población de 445.384 habitantes, los cuales se concentran en el casco urbano y área rural de Ciénaga (105.510 habitantes), la Zona Bananera (62.312 habitantes), Pivijay (33.225 habitantes), Aracataca (41.371 habitantes), Sitio Nuevo (33.130 habitantes) y Pueblo Viejo (33.030 habitantes) ([DANE, 2019a](#)); municipios en donde las actividades económicas se enfocan en la pesca artesanal, agroindustria, ganadería y la economía informal ([Vilardy-Quiroga y González-Novoa, 2011](#)). La CGSM y sus ecosistemas como los manglares, proveen servicios ecosistémicos de gran importancia para el bienestar, seguridad alimentaria y calidad de vida de las poblaciones aledañas, al tiempo que aporta beneficios del orden nacional, enfocados a la protección contra fenómenos naturales, producción de alimento y mejora en la calidad del agua; además de proveer beneficios de escala global como la captura de carbono y mitigación del cambio climático ([De la Peña et al., 2010](#)).

Por su gran riqueza natural y condiciones ecológicas especiales, la ecorregión CGSM se encuentra cobijada bajo cinco figuras de conservación, el Parque Nacional Natural Vía Parque Isla de Salamanca - VIPIS (declarado en 1964), El Santuario de Flora y Fauna de la Ciénaga Grande de Santa Marta – SFF CGSM (declarado en 1977), Humedal RAMSAR (1998), Reserva de Biosfera (2000) y área de importancia internacional para la conservación de aves (IBA/AICA) dentro de la iniciativa de Birdlife Internacional y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza- UICN. A pesar de su gran importancia, el complejo lagunar llegó a un avanzado estado de deterioro ambiental producto de actividades antrópicas, relacionadas con disminución de caudales de los ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta por la canalización para los cultivos de banano; y por la construcción de la carretera Barranquilla-Ciénaga (entre 1956 y 1960) que ocasionó el cierre de algunas bocanas naturales de intercambio entre el mar y la CGSM (Barra Vieja, Rincón del Jagüey), dando inicio a los incrementos de salinidad en los suelos de manglar por la alteración de los flujos hídricos ([Dilger y Schnetter, 1998](#)) y por la paulatina construcción de canales y diques para facilitar la extracción y aprovechamiento de recursos forestales que afectó el relieve, la microtopografía y el drenaje de los bosques cercanos a los caños Clarín y Mendegua. Por otra parte, en la década de los sesenta y principios de los setenta, la construcción de los carreteables Medialuna-Pivijay-Salamina y Palermo-Sitio Nuevo, el puente del río Magdalena y una serie de diques y terraplenes para impedir la inundación de predios de uso agrícola y ganadero, y para desviar aguas del río Magdalena con fines de irrigación que causaron un grave desbalance en la entrada de agua dulce al sistema ([Dilger y Schnetter, 1998](#)). La interrupción de los flujos de agua entre la Ciénaga, el río Magdalena y el mar Caribe, desencadenaron el incremento de la salinidad en los suelos y cuerpos de agua internos, alcanzando valores de hasta



120 unidades de salinidad en áreas de manglar ([INVEMAR, 2002](#)), lo cual generó la pérdida de aproximadamente 285,7 km<sup>2</sup> (28.570 ha) de manglar entre 1956 y 1995 (correspondiente al 55,8% de la cobertura de bosque que existía originalmente), mortandades periódicas de peces y la desaparición de la ostra, uno de los recursos más importantes del sistema ([Mancera y Vidal, 1994](#); [Viloria et al., 2012](#)).

Los efectos sobre los recursos naturales han sido igualmente acelerados por una creciente población humana que ha hecho uso indiscriminado de los mismos, destacando las comunidades de pescadores que constituyen el grupo social que ha interactuado por más tiempo y con mayor proximidad con el cuerpo lagunar, lo cual les ha garantizado el uso de los recursos sin una regulación estatal y social efectivas ([PROCIÉNAGA, 1995](#)). Estos impactos generaron pérdidas económicas importantes y deterioro de la calidad de vida de los habitantes.

Con el objetivo de promover la disminución de la salinidad en el ecosistema a través del restablecimiento del régimen hídrico y lograr recuperar la cobertura vegetal, los recursos pesqueros y contribuir al bienestar social de las comunidades, se inició en el año 1992 el “Proyecto de rehabilitación de la región de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM)” – PROCIENAGA ([Rivera-Monroy et al., 2001](#)). El proyecto tuvo como finalidad la reapertura de 5 canales naturales pre-existentes, con conexión al río Magdalena y la conexión del complejo lagunar con el mar a través de una serie de box-culverts construidos bajo la carretera ([Garay et al., 2004](#)). Desde la apertura de los canales y hasta la fecha, el INVEMAR ha venido realizando el monitoreo ambiental con el apoyo de CORPAMAG y el MinAmbiente en el marco de diversos convenios de cooperación. En el presente informe, se presentan los resultados de la evaluación de la calidad de aguas, el monitoreo de los bosques de manglar, y los recursos pesqueros en el período comprendido entre octubre de 2018 y de 2019, realizados en el marco del Convenio de Cooperación No. 16 del 2006, con el fin de describir el comportamiento del complejo lagunar frente a las actividades de recuperación establecidas y su respuesta frente a los crecientes tensores ambientales de la zona. Así mismo, se incluyen los resultados obtenidos en el Convenio de Asociación No. 40 de 2014 celebrado entre INVEMAR y CORPAMAG que tiene como objeto fortalecer el monitoreo ambiental en esta área, incluyendo el análisis de contenidos de metales pesados en sedimentos y tejido muscular de peces de interés comercial, los microorganismos que puedan afectar la salud humana o del ecosistema, el estado fitosanitario del bosque de manglar, la abundancia y composición de aves como indicador del estado de conservación del bosque y algunas variables biológicas relevantes al manejo pesquero (talla media de madurez). Se incluye un diagnóstico general del área de estudio de acuerdo a la información recopilada durante el año de estudio y unas recomendaciones generales dirigidas al manejo del complejo estuarino.

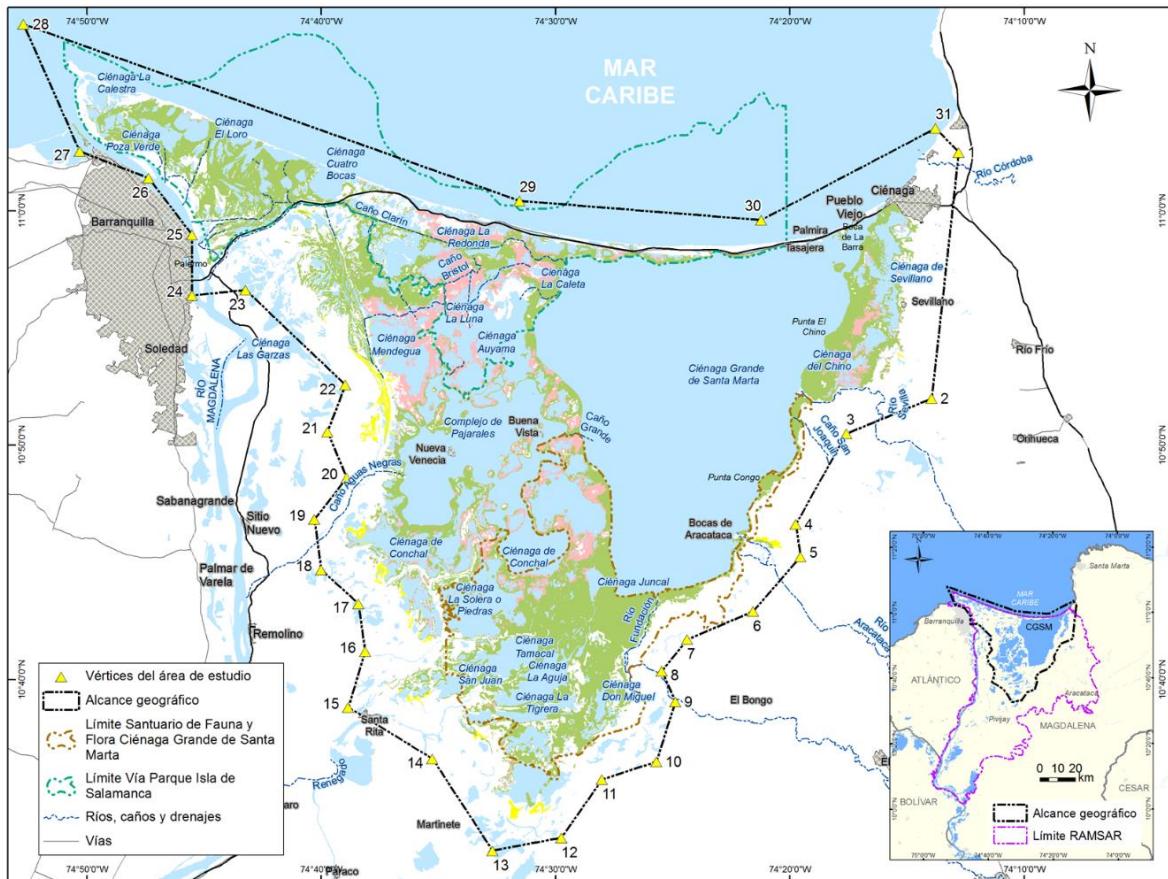
## 3 METODOLOGÍA

### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El alcance geográfico del presente estudio, en la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta - CGSM se realiza entre la latitud Norte 10.54505306 y 11.13278062 grados, y entre longitud Oeste -74.87842746 y -74.21323554 grados, en el cual se realizan las actividades de los tres componentes (calidad de aguas, manglar y recursos pesqueros). De acuerdo a ello, el área efectiva analizada en el



presente monitoreo comprende 205.393 ha constituida por el cuerpo central de la Ciénaga, el complejo de ciénagas de Pajarales, la Isla de Salamanca y la cuenca de los tributarios de la Sierra Nevada de Santa Marta - SNSM (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).



**Figura 3.1-1 Localización geográfica y Límite del área efectiva del monitoreo realizado por INVEMAR en la CGSM.**

La CGSM, se encuentra ubicada en el departamento del Magdalena, norte de Colombia, separada del mar Caribe por la Isla de Salamanca. En la zona continental está limitada por la planicie de inundación del río Magdalena al oeste y suroeste, y por la Sierra Nevada de Santa Marta al este y sureste. La CGSM se encuentra en una zona tropical árida, donde se presenta un alto déficit de agua de aproximadamente 1031 mm/año, debido a la alta tasa de evapotranspiración (1431 mm/año) ([Rivera- Monroy et al., 2001](#)). Su dinámica climática está marcada por un gradiente de precipitaciones alrededor del espejo de agua principal, con menores acumulados al norte y los mayores al sureste, en el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta – SNSM ([INVEMAR, 2015](#)). La información histórica de estaciones IDEAM, indica que la estación El Bongo, ubicada al este de la CGSM, tiene registros con promedios de 44312 mm, seguida de La Esperanza (al este también con 43821 mm), San Rafael (al suroeste con 36861 mm) y Los Cocos (al noroeste con 32314 mm); mientras que los menores registros corresponden a Tasajera, al norte de la ciénaga con 13028 mm.



En la zona, se han registrado episodios asociados a anomalías regionales como los eventos La Niña; los cuales incrementaron las precipitaciones durante el segundo semestre del año 2010 y primer semestre del año 2011 ([INVEMAR, 2015](#)), fenómenos climáticos globales como El Niño y La Niña determinan parcialmente el aporte de recurso hídrico a los principales tributarios de la CGSM ([Blanco et al., 2006](#); [Rodríguez-Rodríguez, 2015](#)); así mismo este aporte influye en la calidad del agua de la CGSM al modificar el volumen de descarga de los tributarios en el complejo lagunar, alterando el régimen hidrológico y generando variaciones en parámetros como la salinidad. Particularmente y para el primer trimestre del 2019, se presentaron condiciones de sequía, las cuales son típicas de esta parte del Caribe para dicho periodo, pero que fueron rerudecidas por el inicio de un fenómeno El Niño, el cual genera altas temperaturas, bajas precipitaciones y con ello disminuciones en los caudales y niveles de los ríos. Las condiciones de sequía generan en cadena la reducción de la profundidad de la columna de agua y posterior sedimentación.

Por otro lado, la hidrodinámica del sistema lagunar CGSM, recientemente fue descrita dentro del "Estudio Integral de la Ciénaga Grande de Santa Marta" ([INVEMAR-CORPAMAG, 2018](#)). A partir de la implementación de un modelo hidrodinámico, se logró entender y cuantificar los flujos por cada uno de los cuerpos de agua que interactúan en el complejo lagunar. Este modelo permitió identificar que en el costado Oeste y provenientes del río Magdalena, los caños Renegado y Aguas Negras tienen mayor capacidad hidráulica de transporte de agua y sedimento con respecto al Clarín, ya que tienen un gradiente hidráulico mayor. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el Renegado tiene una compuerta y por tanto sus caudales están regulados, razón por la cual el modelo presenta mayor incertidumbre para resolverlo ([INVEMAR-CORPAMAG, 2018](#)).

Adicionalmente, el Estudio Integral permitió dar inicio al monitoreo mensual de las condiciones hidrosedimentológicas del complejo lagunar y así tener una descripción actualizada del comportamiento del hidrosistema. El monitoreo ha permitido identificar que la zona de intercambio ciénaga-mar a través de la boca de La Barra, muestra un comportamiento dinámico y forzado por las variaciones climáticas y la condición de la marea, en la época húmeda domina el flujo de la ciénaga al mar; mientras que en época seca, domina el flujo del mar a la ciénaga y su valor de caudal está determinado por la condición de marea, siendo mayor el aporte durante mareas vivas. También ha permitido identificar que el mayor aporte del río Magdalena se da a través del caño Aguas Negras que drena sus aguas al complejo de Pajarales y finalmente al espejo de agua principal a través de caño Grande

Los tributarios de la cuenca de la SNSM determinan las condiciones hidrológicas e hidrodinámicas del sector oriente y suroriente del complejo lagunar. No obstante, la oferta real de los ríos que drenan de la SNSM (Fundación, Aracataca y Sevilla) y que finalmente desembocan al espejo de agua principal de la CGSM, se ve afectada por su paso a través de la zona agrícola ([INVEMAR-CORPAMAG, 2018](#)); así mismo la vertiente del río Magdalena influencia directamente el sector occidente y noroccidente, específicamente el complejo lagunar de Pajarales en donde se localizan las poblaciones palafíticas de Buenavista y Nueva Venecia ([Blanco et al., 2006](#)). No obstante, los aportes generados por el río Magdalena son altamente dependientes de los períodos pluviométricos, mientras que los de los tributarios provenientes de la SNSM son más constantes ([Rodríguez-Rodríguez et al., 2016](#)).



El análisis de sedimentos de la CGSM, ha mostrado que estos se caracterizan por tener una composición lodo-arcilloso y lodo-arenoso, con presencia de material biogénico, posiblemente proveniente de antiguos bancos de bivalvos. Los resultados parciales del modelo batimétrico de la CGSM muestran que las menores profundidades se encuentran en el costado noreste y suroeste. ([INVEMAR, 2016e; INVEMAR-MADS-PNN, 2017](#)).

En cuanto a la dinámica de la línea de costa, de acuerdo a los monitoreos mensuales realizados en la CGSM, para 2017, se encontraron procesos erosivos durante marzo a julio mientras que durante los meses de agosto a octubre hubo aporte de sedimentos, generando procesos de acreción en el sector, con excepción del costado este, en donde durante todo el año ocurrieron procesos erosivos ([INVEMAR-MADS-PNN, 2017](#)).

Las características climáticas y geomorfológicas del complejo lagunar deltaico previamente descritas, han permitido el desarrollo del bosque de mangle que se constituye como la cobertura vegetal más conspicua de la ecorregión ([Álvarez-León et al., 2004](#)). El ecosistema se extiende por el nororiente cerca de las poblaciones de Pueblo Viejo y Ciénaga, creciendo bajo la influencia hídrica marina a través de la Boca de la Barra y la influencia del agua dulce de los ríos de SNSM, que genera adicionalmente la aparición de especies glicofitas de hábitos herbáceos. En el occidente, los manglares cubren la mayor parte de ciénagas del complejo lagunar de Pajarales, y se extiende hacia el noroccidente a lo largo del caño Clarín Nuevo, las ciénagas que conforman la barra de Salamanca en el Vía parque Isla de Salamanca - VIPIS y hacia el sur, hasta el Santuario de Fauna y Flora Ciénaga Grande de Santa Marta - SFF CGSM.

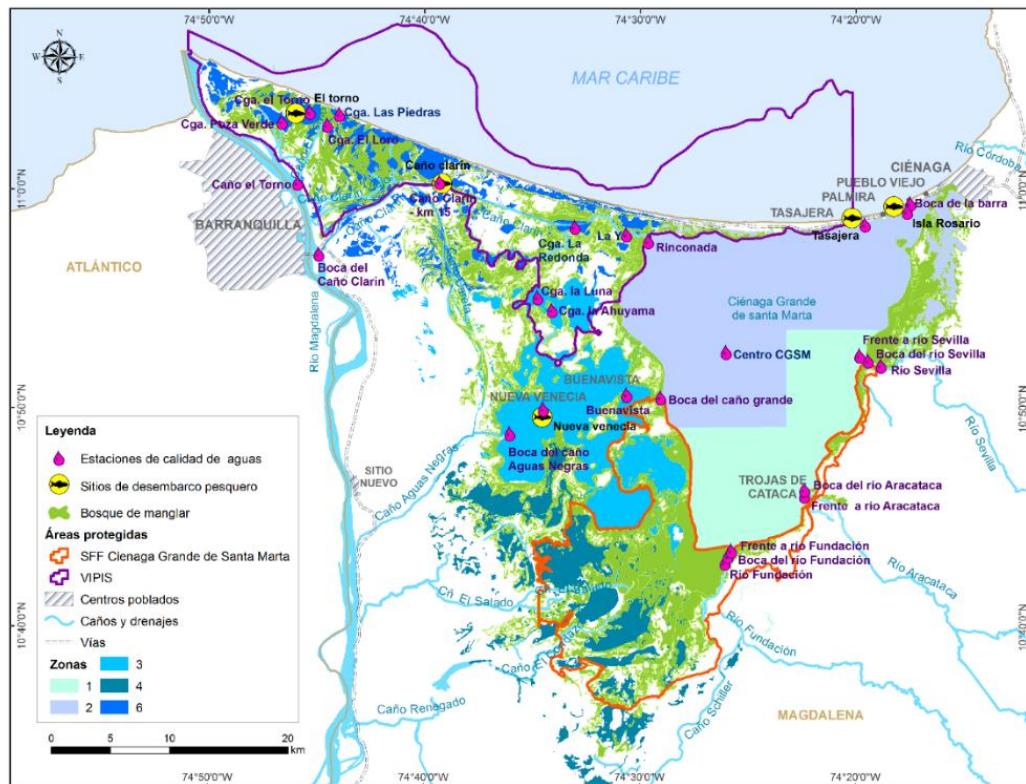
En el marco del presente monitoreo, se evaluó la calidad de las aguas, el estado de los bosques de mangle y del recurso pesquero, en la red de estaciones y principales sitios de desembarco pesquero de la CGSM (Tasajera, Isla del Rosario, Caño Clarín, Torno y Nueva Venecia), de acuerdo al diseño de monitoreo implementado desde 1995 que se describe a continuación.

## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 CALIDAD DE AGUAS

La calidad del agua se evalúo en 28 estaciones (Figura 3.2-1) agrupadas en seis zonas, las cuales están definidas como: Zona 0, en la que se localiza la Boca de la Barra, conexión continua entre la Ciénaga Grande y el mar Caribe; Zona 1 que comprende las estaciones ubicadas en la boca de los ríos provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta - SNSM, Sevilla, Aracataca y Fundación y sobre la cuenca baja de los ríos Sevilla y Fundación; Zona 2, conformada por ocho estaciones localizadas en el cuerpo de la laguna principal; Zona 3, comprende siete estaciones en el Complejo de Pajarales, dos de ellas cerca a las poblaciones palafíticas Buenavista y Nueva Venecia; Zona 5, con dos estaciones en el Caño Clarín; y Zona 6, con cinco estaciones ubicadas en la parte noroccidental del Vía Parque Isla Salamanca – VIPIS (Figura 3.2-1). En cada estación, se midieron *in situ* temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto y se recolectaron muestras de agua superficial para análisis de variables fisicoquímicas, microbiológicas y para evaluación de la comunidad de fitoplancton. Para este periodo de monitoreo se incluyó el análisis de plaguicidas organoclorados y organofosforados en las estaciones ubicadas en las bocas de los ríos Fundación, Sevilla y Aracataca. En la Tabla 3.2-1, se presentan las estaciones y periodicidad con que se miden las variables evaluadas. Las muestras

fueron procesadas en la Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina - LABCAM de INVEMAR.



**Figura 3.2-1. Ubicación espacial en el complejo lagunar de la CGSM, de las estaciones de muestreo del componente calidad de aguas.**

**Tabla 3.2-1. Estaciones y periodicidad de muestreo (M: Mensual, B: Bimestral, S: Semestral) para el análisis de variables en aguas, sedimentos y peces (*Mugil incilis*). NUT: nutrientes, Chl a: clorofila a, SST: sólidos suspendidos totales, CTT: coliformes totales, CTE: coliformes termotolerantes.**

Estación	Zona	In situ	NUT, Chla, SST	Metales	Plaguicidas	Coliformes CTT-CTE	Vibrio sp. y Aeromonas sp.	Comunidades Fitoplanctónicas
Boca de la Barra	0	M	M	B		M	B	B
Río Sevilla		M	B	-	-	-	-	-
Río Fundación		M	B	B	-	-	-	-
Boca del río Sevilla	1	M	B	-	B	-	-	-
Boca del río Aracataca		M	M	-	B	M	B	-
Boca del río Fundación		M	B	-	B	-	-	-



Estación	Zona	In situ	NUT, Chla, SST	Metales	Plaguicidas	Coliformes CTT-CTE	Vibrio sp. y Aeromonas sp.	Comunidades Fitoplanctónicas
Frente a río Sevilla	2	M	B	-	-	-	-	-
Frente a río Aracataca		M	B	-	-	-	-	-
Frente a río Fundación		M	B	-	-	-	-	S
Centro CGSM		M	M	B	-	M	B	S
Boca del caño grande		M	B	-	-	-	-	-
Rinconada		M	M	B	-	M	B	S
Tasajera		M	M	-	-	M	B	-
Isla del Rosario		M	M	-	-	M	B	-
Ciénaga la Luna		M	M	B	-	-	-	B
Ciénaga la Ahuyama		M	B	-	-	-	-	-
Ciénaga la Redonda	3	M	B	-	-	-	-	-
La Y		M	B	-	-	-	-	-
Buenavista		M	M	-	-	M	B	-
Nueva Venecia		M	M	-	-	M	B	S
Boca del caño Aguas Negras		M	M	B	-	M	B	S
Caño Clarín - km 15	5	M	B	-	-	-	-	-
Boca del Caño Clarín		M	M	B	-	M	B	-
Ciénaga las Piedras		M	B	-	-	-	-	-
Ciénaga El Loro		M	B	-	-	-	-	-
Ciénaga El Torno		M	M	-	-	M	B	-
Ciénaga Poza Verde	6	M	B	B	-	-	-	-
Caño el Torno		M	B	-	-	-	-	-



Bimestralmente, se recolectaron muestras de sedimentos, para evaluar metales pesados (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Zn, Hg), en estaciones representativas de cada zona; Zona 0, Boca de La Barra; Zona 1, río Fundación; Zona 2, Rinconada y Centro de la Ciénaga Grande; Zona 3, Ciénaga La Luna y Boca del Caño Aguas Negras; Zona 5, Boca del Caño Clarín, Zona 6, Ciénaga Poza Verde (Tabla 3.2-1). Además, se compraron a pescadores de la zona, peces de la especie *Mugil incilis* (Lisa), para determinar Hg y cepas bacterianas del género *Vibrio sp.* y *Aeromonas sp.* en músculo.

En los meses octubre de 2018 y febrero de 2019 no se colectaron muestras en las estaciones Boca Río Sevilla y río Sevilla ya que la boca se encontraba cerrada. De igual manera, en el mes de enero de 2019, no fue posible llegar hasta las estaciones Ciénaga La Redonda, Ciénaga La Ahuyama, La Luna, Caño Hondo, Chesle y Rio Sevilla debido al bajo nivel de agua que impidió el ingreso de la embarcación.

Para la medición, toma y preservación de las muestras, se siguieron los lineamientos establecidos en los protocolos y procedimientos del LABCAM de INVEMAR, los cuales están basados en el Manual de Técnicas Analíticas de Garay *et al.* (2003) y en estándares internacionales ([APHA et al., 2017](#), [Strickland y Parsons, 1972](#)). En la Tabla 3.2-2, Tabla 3.2-3 y Tabla 3.2-4, se describen los métodos aplicados para el análisis de las variables en aguas, sedimentos y peces, respectivamente.

**Tabla 3.2-2. Métodos analíticos empleados para determinar los parámetros de calidad de las aguas en la Ciénaga Grande de Santa Marta.**

	Parámetros	Técnicas analíticas y métodos de referencia
Fisicoquímicos	Temperatura <i>in situ</i>	Medición electrométrica con termocupla acoplada a sonda portátil (Standard Methods N° 2550-B, <a href="#">APHA et al., 2017</a> ).
	Salinidad <i>in situ</i>	Medición electrométrica de la conductividad con electrodo acoplado a sonda (Standard Methods 2520-B, <a href="#">APHA et al., 2017</a> ).
	pH <i>in situ</i>	Medición potenciométrica con sonda portátil (Standard Methods N° 4500-H B, <a href="#">APHA et al., 2017</a> ).
	Oxígeno Disuelto <i>in situ</i>	Medición en campo con electrodo de membrana (Standard Methods N° 4500-O G, <a href="#">APHA et al., 2017</a> ). Método óptico por luminiscencia (ISO 17289, <a href="#">ISO, 2014</a> )
	Sólidos Suspensidos Totales	Filtración en membrana de fibra de vidrio / Evaporación a 103-105°C / Gravimetría (Standard Methods N° 2540-D, <a href="#">APHA et al., 2017</a> ).
	Clorofila "a"	Método de Lorenzen, lectura por espectrofotometría (Standard Methods N° 10200-H, <a href="#">APHA et al., 2017</a> ).
	Amonio (nutrientes)	Método colorimétrico del azul de indofenol ( <a href="#">Strickland y Parsons, 1972</a> ).
	Nitritos (nutrientes)	Método colorimétrico de la sulfanilamida ( <a href="#">Strickland y Parsons, 1972</a> ).
	Nitratos (nutrientes)	Reducción con cadmio y método colorimétrico de la sulfanilamida ( <a href="#">Strickland y Parsons, 1972</a> ).
	Ortofosfatos (nutrientes)	Método colorimétrico del ácido ascórbico ( <a href="#">Strickland y Parsons, 1972</a> ).
		Filtración: Standard Methods N° 3030B ( <a href="#">APHA et al., 2017</a> ).



	Parámetros	Técnicas analíticas y métodos de referencia
<b>Metales pesados</b>	Metales en material particulado en aguas: N. Pb, Cd, Cu, Cr, Zn, Ni	Extracción débil (metales biodisponibles): Digestión con HCl 0,1 N. Cuantificación: Espectrometría de absorción atómica.
	Mercurio total	Mercurio en sólidos y solución por descomposición térmica, amalgamación y espectrometría de absorción atómica. (Método EPA 7473, <a href="#">EPA, 2007</a> ).
<b>Contaminantes orgánicos</b>	Pesticidas Organoclorados	Extracción líquido-líquido con diclorometano ( <a href="#">EPA 3510C, 1996</a> ), Cuantificación cromatografía de gases acoplada a masas ( <a href="#">EPA 8270D, 2014</a> ).
	Pesticidas Organofosforados	Extracción líquido-líquido con diclorometano ( <a href="#">EPA 3510C, 1996</a> ), Cuantificación cromatografía de gases acoplada a masas ( <a href="#">EPA 8270D, 2014</a> ).
<b>Microbiológicos</b>	Coliformes totales (CTT) (NMP/100 mL)	Fermentación en tubos múltiples (Standard Methods N° 9221 B, <a href="#">APHA et al., 2017</a> ).
	Coliformes termotolerantes (CTE) (NMP/100mL)	Fermentación en tubos múltiples (Standard Methods N° 9221 E, <a href="#">APHA et al., 2017</a> )
	Aeromonas sp.	Filtración por membrana con filtros de nitrocelulosa de 0,45 µm de poro, e incubación a 35°C, por 24 horas en Agar m-Aeromonas (Standard Methods N° 9260 L, <a href="#">APHA et al., 2017</a> ).
	Vibrio sp.	Filtración por membrana con filtros de nitrocelulosa de 0,22 µm de poro, e incubación a 35°C, por 24 horas en Agar TCBS (Standard Methods, <a href="#">APHA et al., 2017</a> ).

**Tabla 3.2-3. Métodos analíticos empleados para determinar metales pesados en sedimentos de la Ciénaga Grande de Santa Marta.**

	Parámetros	Técnicas analíticas y métodos de referencia
<b>Metales pesados</b>	Metales biodisponibles: Pb, Cd, Cr, Ni, Cu y Zn	Extracción débil (metales biodisponibles): Digestión con HCl 0,1 N. Cuantificación por espectrofotometría de absorción atómica.
	Metales totales: Pb, Cd, Cr, Ni, Cu y Zn	Extracción total: Digestión ácida asistida por microondas para matrices silíceas y orgánicas (EPA 3052, <a href="#">EPA, 1996b</a> ). Cuantificación: Espectrofotometría de absorción atómica
	Mercurio total	Mercurio en sólidos y solución por descomposición térmica, amalgamación y espectrometría de absorción atómica. (Método EPA 7473, <a href="#">EPA, 2007</a> ).



Tabla 3.2-4. Métodos analíticos para determinar mercurio y *Vibrio sp.* en peces (*Mugil incilis*).

Parámetros	Técnicas analíticas y métodos de referencia
<b>Metales pesados</b>	Mercurio total Mercurio en sólidos y solución por descomposición térmica, amalgamación y espectrometría de absorción atómica. (Método EPA 7473, <a href="#">EPA, 2007</a> ).
<b>Microbiológicos</b>	<i>Vibrio sp.</i> en peces Incubación de 10 g de tejido muscular en agua peptonada por 8-12 h, con el sobrenadante se realiza siembra por agotamiento en placa con agar TCBS.

### 3.2.2 COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA

El monitoreo de la comunidad fitoplanctónica se realizó en siete (7) estaciones (LBA= Boca de la Barra; CLU= Ciénaga la Luna; NVE= Nueva Venecia; CEN= Centro CGSM; RIN= Rinconada; FRF= Frente a Río Fundación y CAN= Boca del caño Aguas Negras), durante el periodo de lluvias de 2018 (octubre) y la época seca de 2019 (febrero). Adicionalmente, para fortalecer el monitoreo de la CGSM y determinar la presencia de microalgas potencialmente nocivas, se realizaron muestreos bimestrales entre octubre de 2018 y agosto de 2019 en las estaciones Boca de la Barra y Ciénaga la Luna.

Para la caracterización del fitoplancton se colectaron muestras integradas de la columna de agua a través de un tubo de PVC de dos pulgadas de diámetro provisto con una válvula de pie según la metodología propuesta por [Franks y Keafer \(2004\)](#). Adicionalmente, se realizaron arrastres superficiales con una red de 20 µm. Finalmente, las muestras colectadas se depositaron en frascos plásticos de 500 mL adicionando 6 mL de lugol, y en frascos plásticos de 100 mL que se fijaron con 1 mL de formol al 40% ([Edler y Elbrächter, 2010](#); [Reguera et al., 2016](#)).

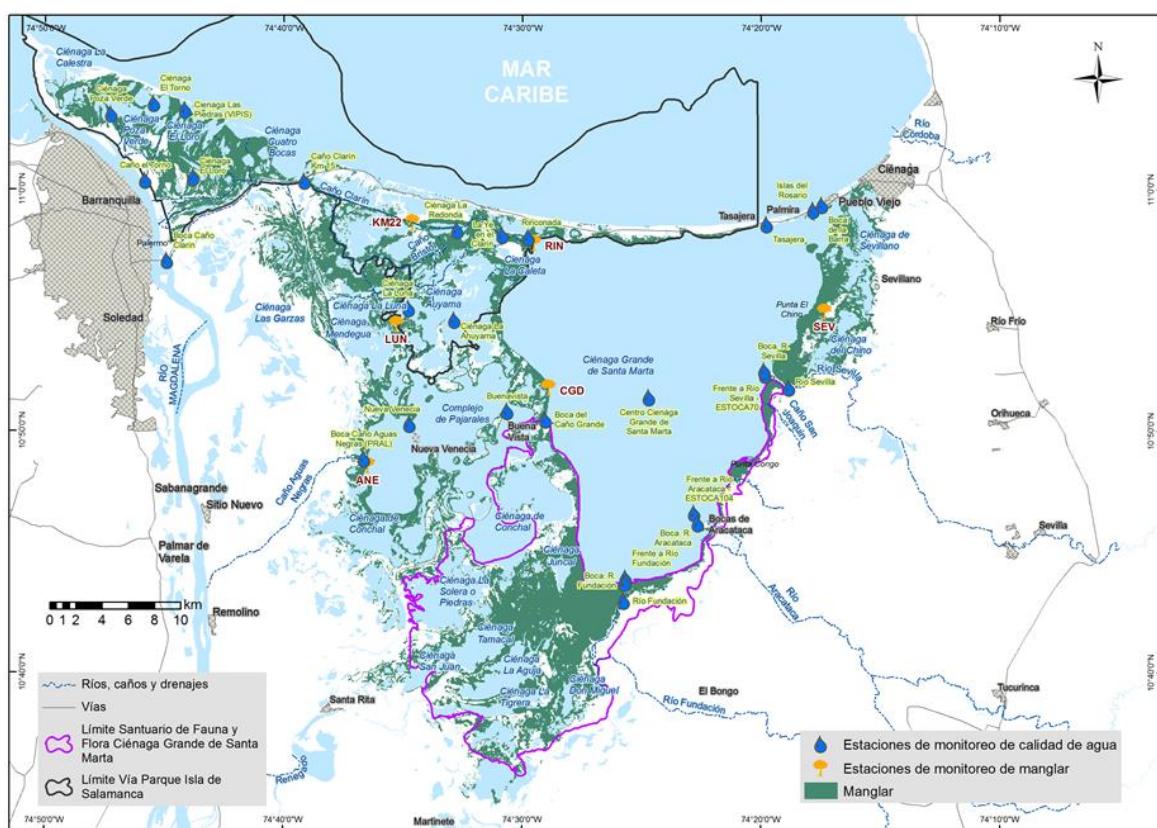
El análisis cuantitativo de las microalgas potencialmente nocivas se realizó mediante un microscopio invertido, siguiendo la metodología descrita por [Reguera et al. \(2016\)](#), sedimentando volúmenes conocidos de muestra en cámaras Utermöhl. La identificación se realizó hasta el nivel taxonómico más bajo (género) mediante caracteres morfológicos empleando las descripciones y claves taxonómicas presentadas por [Round et al., \(1990\)](#), [Tomas \(1997\)](#), [Cronberg y Annodotter \(2006\)](#) y [Vidal \(2010\)](#). Las densidades se expresaron en términos de células (cél/L).

### 3.2.3 ECOSISTEMAS DE MANGLAR

Para evaluar la respuesta del manglar ante las obras de recuperación hidráulica derivadas del proyecto PROCIENAGA, desde la década del 90 se establecieron cinco estaciones de monitoreo en el sector noroccidental del complejo lagunar, las cuales responden a un gradiente de disturbio del bosque. En 2018, con la adición No. 1 al convenio 40 de 2014 CORPAMAG – INVEMAR, se realizó la ampliación de la red de monitoreo de manglar hacia el sector de Sevillano; contando actualmente, con un total de seis estaciones de monitoreo en el ecosistema de manglar (Tabla 3.2-5; Figura 3.2-2).

**Tabla 3.2-5 Estaciones de monitoreo del bosque de manglar. \* Estaciones de monitoreo de avifauna.**

Estación	Zona	Influencia hídrica	Coordinadas
Rinconada (RIN)*	Caño Clarín nuevo	Caño Clarín nuevo y espejo principal	10°57'47,5"N - 074°29'30,7"W
Kilómetro 22 (KM22)*	Caño Clarín nuevo	Caño Clarín nuevo	10°58'38,7"N - 074°34'36,3"W
Caño Grande (CGD)*	Espejo principal	Espejo principal	10°51'48,8"N - 074°28'53,6"W
Aguas Negras (ANE)*	Pajarales	Caño Aguas negras	10°48'34,8"N - 074°36'28,4"W
Luna (LUN)*	Pajarales	Ciénaga de la Luna	10°54'25,6"N - 074°35'16,9"W
Sevillano (SEV)	Nororiente espejo principal	Ciénaga Sevillano	10°54'56,6"N - 74°16'46,8"W



**Figura 3.2-2 Ubicación de las estaciones de muestreo de calidad de aguas y bosques de manglar.**

Como parte del monitoreo anual de las condiciones estructurales del bosque, en cada estación se midió el diámetro a la altura del pecho -DAP y el estado fitosanitario de los individuos. Trimestralmente se midió la regeneración natural del bosque, la salinidad y temperatura del agua intersticial y superficial, además del nivel de inundación. Adicionalmente, con el fin de avanzar en el entendimiento de las relaciones funcionales en el ecosistema de manglar y considerando que las aves han sido empleadas como indicadores de respuesta tanto a tensores y agentes positivos en distintos ambientes, por su posición en la red trófica, por ser un eslabón clave en la comunicación



energética entre los ecosistemas, y por tener gran movilidad ([Odgen et al., 2014](#)); a partir de 2016 se realiza la determinación de la composición de este grupo faunístico en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

Las estaciones de monitoreo incluidas dentro del monitoreo al bosque de manglar tanto para el componente florístico como el componente faunístico, se muestran en la Tabla 3.2-5.

#### ***Descripción de las estaciones de monitoreo:***

**Rinconada:** establecida al costado sur del Caño Clarín, en la boca adyacente al espejo de agua principal del complejo lagunar. Para la década de los noventa, considerada como la estación de referencia debido a un bajo grado de intervención y deterioro (Figura 3.2-3A), así como un mayor desarrollo estructural del bosque y niveles de salinidad adecuados para el correcto desarrollo del manglar ([Rodríguez-Rodríguez, 2015](#)).

**Aguas Negras:** se ubica al sur de la desembocadura del caño del mismo nombre. Para la década de los noventa considerada como una estación de perturbación media con un relictio de manglar y niveles de salinidad por debajo de 80 (Figura 3.2-3B).

**Caño Grande:** se ubica al norte del Caño Grande. Para la década de los noventa se consideró como una estación de perturbación media, con un relictio de bosque de manglar en el borde externo y salinidad por debajo de 70 (Figura 3.2-3C). En el 2000, el proyecto Manglares de Colombia realizó reforestación con plántulas de *R. mangle*.

**Kilómetro 22:** se ubica al norte del margen del Caño Clarín, a la altura del Kilómetro 22. Fue considerada como un sector de perturbación media con salinidad >60 en la década de los noventa (Figura 3.2-3D).

**Luna:** se localizó en la ciénaga de La Luna, complejo de Pajarales. Fue considerada como una estación con alto grado de perturbación debido al pobre desarrollo estructural y nivel de salinidad elevado >100 en los años noventa (Figura 3.2-3E).

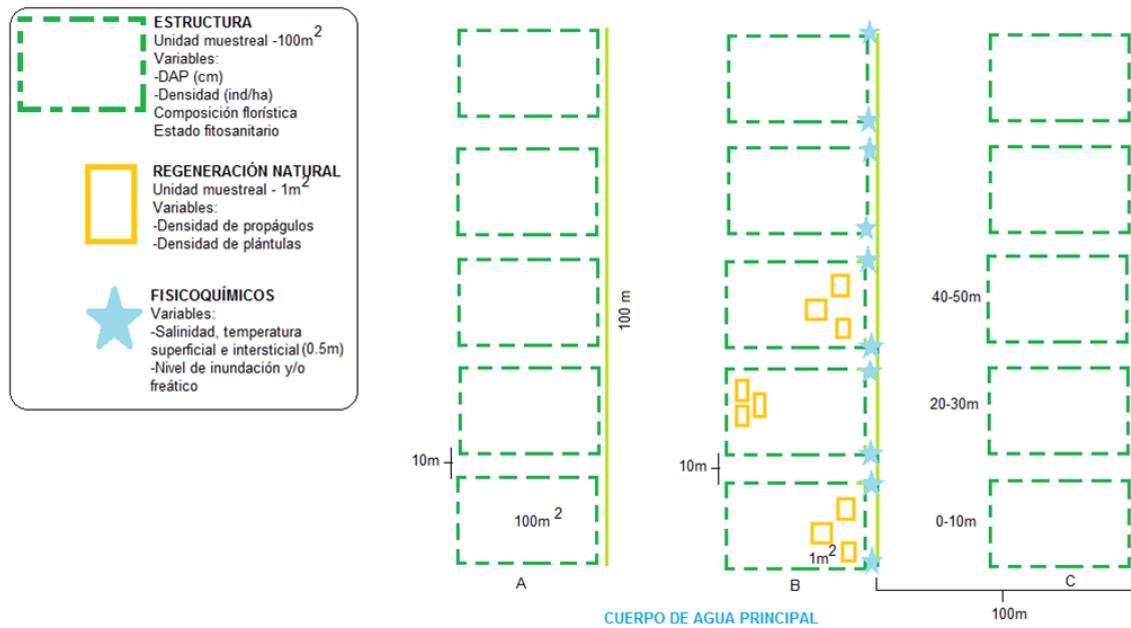
**Sevillano:** se localiza en la parte nororiental del espejo de agua principal del complejo, es considerado un sistema semicerrado debido a que su línea de costa y gran parte de su superficie está cubierta por bosque de manglar, configurado principalmente por *A. germinans* ([INVEMAR, 2019a](#)). Se considera una estación con grado medio de perturbación.



**Figura 3.2-3 Estaciones de monitoreo. A: Rinconada; B: Aguas Negras; C: Caño Grande; D: Kilómetro 22; E: Luna; F: Sevillano. Fotos: Archivos línea RAE, 2018-2019.**

#### **Diseño de muestreo y variables medidas**

En cada estación se ubicaron tres transectos perpendiculares al cuerpo de agua principal, separados 100 m entre sí. En cada transecto, se evaluó la totalidad del arbolado de cinco parcelas de 10x10 m. En las tres primeras parcelas del transecto del medio, se establecieron en total nueve parcelas de 1x1m para evaluar la regeneración natural (Figura 3.2-4). El nivel de inundación, la salinidad y temperatura del agua intersticial y superficial se midió cada 10 m a partir del punto inicial del transecto (Figura 3.2-4).



**Figura 3.2-4 Esquema de medición de la estructura, regeneración natural y fisicoquímicos.**

#### *Salinidad, Temperatura y nivel de agua*

Para determinar la temperatura y salinidad del agua superficial e intersticial, se realizaron mediciones *in situ* con un conductímetro de marca y modelo YSI-30 siguiendo el diseño de muestreo descrito anteriormente (Figura 3.2-4). Para colectar el agua intersticial se utilizó una sonda de fibra de carbono de 50 cm de longitud y media pulgada de diámetro, conectada a una manguera y con ayuda de una jeringa se extrajo la cantidad de agua suficiente para realizar la lectura (Figura 3.2-5). Adicionalmente, se determinó el nivel de la columna de agua utilizando una regla plegable.

#### *Regeneración natural*

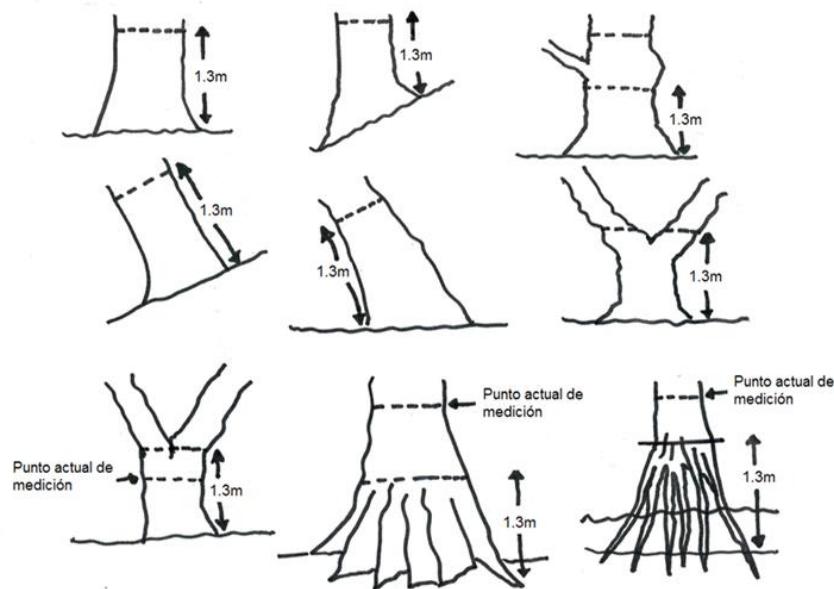
En cada una de las parcelas de  $1 \times 1 \text{ m}$  y siguiendo el esquema descrito en la Figura 3.2-4, se contaron los propágulos y plántulas. A estas últimas, se les midió la altura desde la base del suelo hasta el meristemo apical. En ambos casos se determinó y registró la especie.

#### *Estructura del bosque de manglar*

En cada una de las parcelas (Figura 3.2-4) se remarcaron y midieron los individuos con  $\text{DAP} > 2,5 \text{ cm}$ , de acuerdo con lo propuesto por [Melo y Vargas \(2002\)](#) (Figura 3.2-6;Figura 3.2-7).



**Figura 3.2-5 Medición de parámetros fisicoquímicos in situ. A y B: Colecta de agua intersticial; C: Medición de salinidad. Fotos: Archivo línea RAE, 2018.**



**Figura 3.2-6 Recomendaciones para la medición del DAP en los casos de anomalías del terreno o características particulares de los árboles (Fuente: [Melo y Vargas, 2002](#)).**



Figura 3.2-7 . Remarcaje y medición de árboles. Foto: Juan Camilo Rodríguez, 2018.

#### *Estado fitosanitario del bosque de manglar*

En todas las estaciones se evaluaron los principales signos y síntomas asociados a las fitopatologías más recurrentes en los manglares según lo propuesto por [Muñoz-García \(2015\)](#). Para cada individuo la severidad de los síntomas fue evaluada según lo descrito en la Tabla 3.2-6.

Tabla 3.2-6 Escala para la evaluación del estado fitosanitario general de los árboles de manglar.

Escala	Categoría	Descripción
0	Buen estado	Vigoroso, con buena nutrición aparente. Sin evidencia de síntomas ni daño mecánicos
1	Moderadamente afectado	Follaje aceptablemente vigoroso, se evidencian problemas sanitarios menores al 50% del árbol, pero el área de las afectaciones está en menor proporción. No posee heridas severas como hendiduras, pudriciones, etc., pero puede tener daños mecánicos como raspaduras, perforaciones, corte o caída de ramas. El árbol no está en peligro de muerte
2	Muy afectado	Falta de vigor Presencia de síntomas en más del 50% del árbol, que afectan su desarrollo, bienestar y capacidad de nutrirse.



		Presenta daños mecánicos como ruptura del tronco, volcamiento de raíces, chancros, pudriciones y otras lesiones severas El árbol está en peligro de muerte inminente
<b>3</b>	Muerto	Pérdida total del follaje y no hay evidencia de rebrotos Las ramas están secas, huecas y se quiebran fácilmente Área maderable del tronco está podrida o puede tener color blanquecino

*Composición y abundancia de la comunidad avifaunal*

Para el 2019, se realizaron observaciones directas en las estaciones Rinconada, Caño Grande, Kilómetro 22, Aguas Negras y Luna, mediante el método de conteo por puntos ([Ralph et al., 1996](#)), modificado para bosque de manglar, con puntos de evaluación desde la línea de borde de manglar hacia dentro de la estación, cada 150 m de distancia aproximadamente. Las observaciones se hicieron desde bote o en tierra, dependiendo de la localidad. Adicionalmente, se realizó observación mediante búsqueda intensiva entre puntos de observación. La observación se realizó entre las 6:00 y 11:00 de la mañana, empleando binoculares 10x42 marca Nikon y una cámara fotográfica Nikon D5500 con lente 70-300.

La identificación taxonómica de las especies se realizó de acuerdo con [Hilty y Brown \(1986\)](#), [McMullan et al. \(2011\)](#) y [Ayerbe \(2018\)](#); la categoría de residencia y la categoría de migración de las especies avistadas fue determinada según [Ayerbe \(2018\)](#), la categoría de amenaza se determinó según el Libro Rojo de Aves de Colombia y según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - IUCN (por su sigla en inglés).

Con el fin de fortalecer las habilidades en campo y apoyar el proceso de formación de la Asociación de Pescadores del municipio palafito de Buenavista –ASOPEBUE, durante las faenas de campo para realizar las observaciones de avifauna, se contó con la participación de jóvenes y adultos que acompañaron todo el proceso y fueron parte fundamental del equipo de campo. Con esta actividad también se realizó un importante intercambio de conocimiento tradicional y académico, que enriqueció a las dos partes del proceso (Figura 3.2-8).



Figura 3.2-8 Jóvenes y adultos avistadores de la Asociación de Pescadores de Buenavista ASOPEBUE, en las tres salidas de campo para el registro de avifauna en la CGSM.

#### **Análisis de cambios de coberturas vegetales en la CGSM**

El proceso de análisis de los cambios de cobertura de manglar se hizo por medio de procesamiento e interpretación de imágenes multiespectrales de satélite, a escala 1:50.000, tomando como base las capas vectoriales generadas en versiones anteriores de este estudio.

#### *Adquisición de imágenes*

Fueron seleccionados los sensores multiespectrales de los satélites Sentinel-2, desarrollados por la Agencia Espacial Europea (ESA, por su sigla en inglés), con los instrumentos ópticos utilizados en los



años anteriores, como se muestra en la Tabla 3.2-7. Las imágenes utilizadas correspondieron a los meses de febrero y junio.

**Tabla 3.2-7 Sensores remotos utilizados en diferentes años**

AÑO	SATÉLITE / SENSOR	RESOLUCIÓN ESPACIAL (m)	BANDAS UTILIZADAS
2001	LANDSAT ETM+	30	Azul, verde, rojo, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta
		15	Pancromática
2003	LANDSAT ETM+	30	Azul, verde, rojo, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta
		15	Pancromática
2007	ASTER	15	Verde, rojo, infrarrojo cercano
		20	Verde, rojo, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta
2009	ASTER	15	Verde, rojo, infrarrojo cercano
2011	ASTER	15	Verde, rojo, infrarrojo cercano
		20	Verde, rojo, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta
2013	SPOT-5-HRG	10	Verde, rojo, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta
		30	Aerosoles, azul, verde, rojo, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta, cirrus
		15	Pancromática
2015	Rapideye-REIS	6.5	Azul, verde, rojo, rojo límite, infrarrojo cercano
		30	Aerosoles, azul, verde, rojo, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta, cirrus
		15	Pancromática
2017	SENTINEL-2-MSI	10	Azul, verde, rojo, infrarrojo cercano
		20	Rojo límite, infrarrojo de onda corta
		60	Aerosoles, vapor de agua, cirrus
2018	SENTINEL-2-MSI	10	Azul, verde, rojo, infrarrojo cercano
		20	Rojo límite, infrarrojo de onda corta
		60	Aerosoles, vapor de agua, cirrus
2019	SENTINEL-2-MSI	10	Azul, verde, rojo, infrarrojo cercano
		20	Rojo límite, infrarrojo de onda corta
		60	Aerosoles, vapor de agua, cirrus

#### *Corrección atmosférica de imágenes*

Las imágenes obtenidas por sensores remotos suelen tener errores que se dan en el proceso de adquisición y tratamiento posterior, los cuales son causados principalmente por las limitaciones de la propia tecnología y las condiciones ambientales del lugar y el momento de captura de la escena. Por lo anterior es necesario emplear una serie de procesos que permitan disminuir los efectos adversos en las imágenes.



Uno de los efectos más sensibles en los sensores remotos ópticos es la interferencia que tiene la atmósfera en la energía que capta el sensor. Para corregir este efecto fue utilizado el modelo Sen2Cor, desarrollado por la ESA, el cual toma como parámetros información de algunas bandas del mismo sensor e información de modelos atmosféricos según el contexto geográfico ([Louis et al., 2016](#)).

#### *Clases temáticas*

La Tabla 3.2-8 muestra las clases temáticas tenidas en cuenta para el análisis de cobertura.

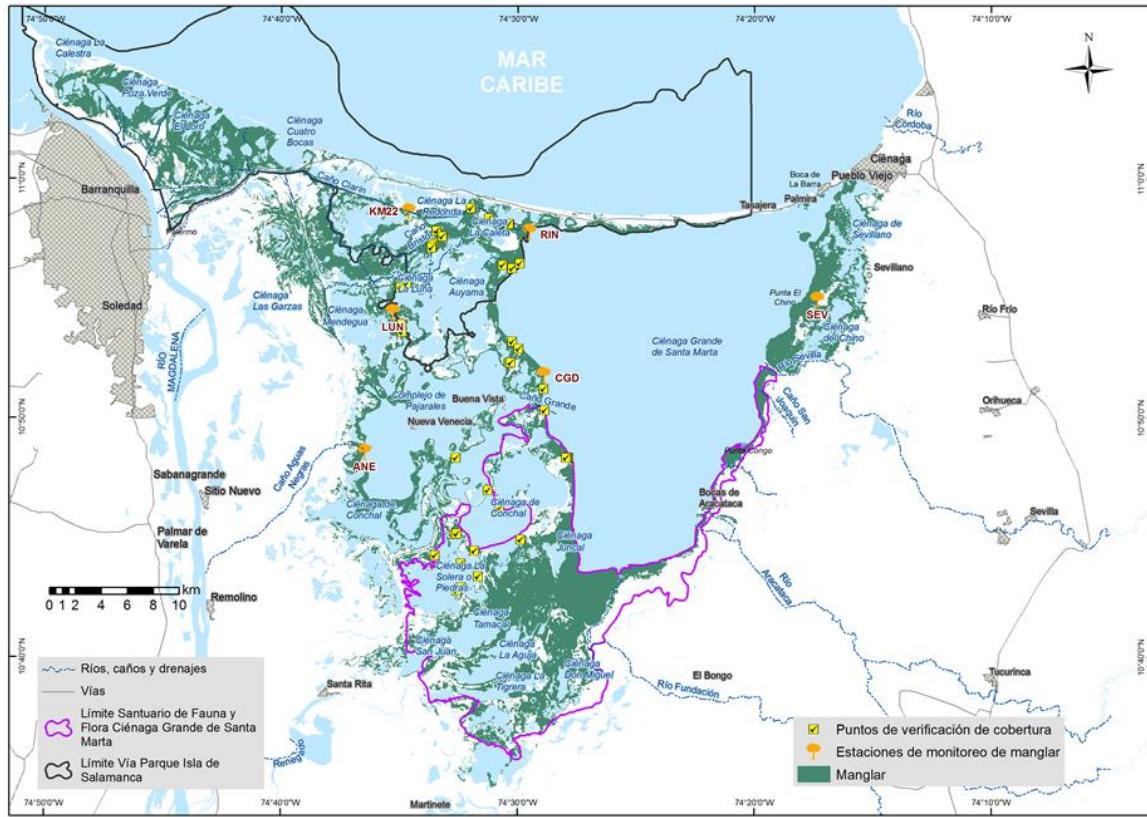
**Tabla 3.2-8 Clases temáticas tenidas en cuenta para el análisis de cobertura en la CGSM**

CLASE
Bosque de manglar
Parches de manglar dispersos
Bosque de manglar por verificar
Vegetación de áreas inundables
Cuerpo de agua
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
Superficie sin cobertura vegetal
Pastos
Playón
Vegetación xerofítica
Vegetación rala de transición
Área urbana

#### *Trabajo de campo*

Tomando como base la interpretación inicial de las imágenes de satélite y la información cartográfica de estudios anteriores fue diseñada una red de puntos de verificación en campo sobre las zonas con aparente presencia de manglar.

Se realizaron recorridos de campo, con acompañamiento de investigadores expertos en biología de manglares, durante cuatro días recopilando información de las especies dominantes de manglar y el grado de perturbación en el que se encontraban. En total se obtuvieron 51 puntos de verificación como se observa en la Figura 3.2-9.



**Figura 3.2-9. Puntos de verificación de cobertura vegetal en campo**

*Interpretación visual de imágenes y edición cartográfica*

Se generaron combinaciones a color de las bandas del sensor multiespectral del satélite Sentinel-2, resaltando las del infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta y rojo. Se realizó ajuste local del contraste para diferenciar a escalas espectrales detalladas las diferencias de reflectancia entre las diferentes cubiertas vegetales. La edición cartográfica se hizo por medio de interpretación visual, tomando como base la capa de manglar del año 2018 e identificando zonas en las que la respuesta espectral del manglar ha cambiado hacia la de otras cubiertas (Pérdida). De manera similar se identificaron zonas en las que otras cubiertas han mudado hacia vegetación de manglar (Ganancia).

## *Índice de Optimizado de Vegetación Ajustado al Suelo Normalizado y Estado del Manglar*

El Índice de Optimizado de Vegetación Ajustado al Suelo Normalizado – OSAVI (por su sigla en inglés) fue desarrollado por [Rondeaux et al. \(1996\)](#) y busca disminuir el efecto que tiene el suelo en la estimación de índices de vegetación. Su formulación es  $(NIR-Rojo) / (NIR+Rojo+0,16)$ , donde 0,16 es una constante estimada como óptima para la reducción de los efectos del suelo ([Steven, 1998](#)).

Para la estimación del índice OSAVI para diferentes grados de afectación del manglar se utilizaron los datos recopilados en las salidas de campo y se relacionaron con los valores estimados en las imágenes generando los rangos de la Tabla 3.2-9.



Tabla 3.2-9.Grado de perturbación según OSAVI

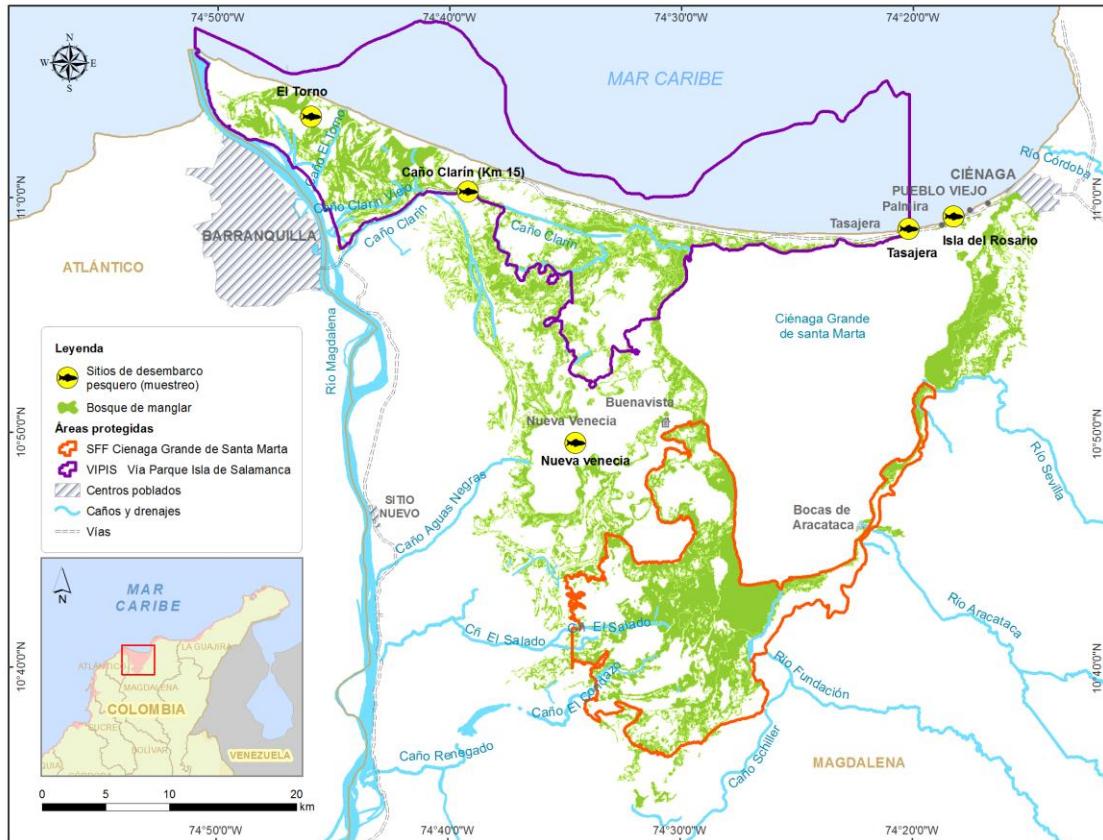
OSAVI	ESTADO DE MANGLAR
<b>0.15 – 0.21</b>	Muy afectado
<b>0.21 – 0.31</b>	Moderadamente afectado
<b>0.31 - 1</b>	Buen estado

### 3.2.4 RECURSOS PESQUEROS

En 2019 se continuó con el monitoreo pesquero, registrando datos de las variables de desempeño de la pesquería artesanal de la ecorregión CGSM (Tabla 3.2-10), aplicando un muestreo en los principales sitios de desembarco (Figura 3.2-10). En cada sitio, el muestreo fue desarrollado por un grupo de auxiliares de campo (previamente capacitados), residentes en las diferentes localidades y conocedores de la dinámica de la actividad pesquera, quienes aplicaron las encuestas diseñadas para el monitoreo. Además, se recolectó información del poder de pesca (especificaciones técnicas de los artes y métodos de pesca) y la actividad pesquera (unidades económicas de pescas activas diarias y número de días efectivos de pesca mensuales). De igual manera se continuó con el registro mensual de la salinidad en 15 estaciones del sistema CGSM - Complejo Pajarales -CP, las cuales hacen parte de la red de estaciones del componente calidad de aguas del programa Calidad Ambiental Marina -CAM del INVEMAR.

Tabla 3.2-10. Descripción de las variables, periodo y frecuencia de muestreo por estación o sitio de desembarque

Estación/ pto. de muestreo, desembarque	Variable de muestreo	Periodo de muestreo	Frecuencia de muestreo	Observaciones
Isla del Rosario	Captura, esfuerzo pesquero y tallas (discriminadas por especie, arte de pesca, zona de pesca y sitio de desembarco); complementadas con datos económicos (precios por especie y costos variables de faenas de pesca).	Enero 1994 - Septiembre de 2019	Diaria. 1994-1996 (6 días/semana). 1999-2019 (tres días por semana).	Se registran diariamente, pero se realizan estimaciones mensuales y anuales.
Tasajera	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
Nueva Venecia	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>	<i>Idem</i>
K-15 Caño Clarín	<i>Idem</i>	Septiembre 1999 - Septiembre de 2019.	1999-2019 (tres días por semana).	<i>Idem</i>
El Torno	<i>Idem</i>	Marzo 2002 – Diciembre de 2017.	2002-2017 (tres días por semana).	<i>Idem. En 2018-2019, no se registraron datos por inconvenientes administrativos.</i>



**Figura 3.2-10. Ubicación espacial en el complejo lagunar de la CGSM, de los sitios de desembarco del componente de Recurso Pesquero**

En este año, se continuó con la determinación de la talla de madurez sexual-TM ( $L_{50\%}$ ) y otras variables biológico-pesqueras para las especies jaiba azul (*Callinectes sapidus*) y macabí (*Elops smithi*, anteriormente *E. saurus*), proceso iniciado entre febrero y septiembre de 2018, complementándose el periodo anual hasta enero de 2019, como una actividad relativa al fortalecimiento del monitoreo. En el marco de esta actividad, se determinó preliminarmente la TM de la especie jaiba roja (*Callinectes bocourti*) y lebranche (*Mugil liza*), aplicando de igual manera el procedimiento de estimación de esta variable y los otros aspectos biológicos.

Para el cálculo de la TM se recolectaron mensualmente ejemplares de *C. sapidus* y *E. smithi* (hasta enero de 2019) y de *C. bocourti* y *M. liza* (entre febrero y septiembre de 2019), a través de compra de material biológico a pescadores en zonas de pesca y principales sitios de desembarco, llevados posteriormente al laboratorio donde se realizaron mediciones morfométricas. Para el caso de los peces se registró la longitud total (Lt) y longitud estándar (Ls), determinando además el peso total en una balanza de 0,01 gr de precisión. Seguido, se procedió a realizar en cada individuo un corte ventral en sentido antero-posterior para la extracción de los órganos reproductivos y así determinar por observación macroscópica el sexo y estado de madurez teniendo en cuenta los criterios descritos por [Holden y Raitt \(1975\)](#), seguidamente se pesaron las gónadas y el individuo eviscerado,



los datos fueron registrados en los formatos diseñados para tal fin. Las asignaciones visuales del sexo y estado de madurez gonadal fueron corroboradas con análisis microscópico por medio de técnicas histológicas (Figura 3.2-11). Para las jaibas se tuvo en cuenta el ancho de caparazón (Aca), el ancho estándar (As) y la longitud del caparazón (Lca), además del peso total (Pt). La determinación del sexo se realizó teniendo en cuenta la morfología del abdomen; siendo macho si el abdomen presentaba forma de "T" invertida y hembra en forma triangular o semicircular (Figura 3.2-12). El estado de madurez gonadal se asignó teniendo en cuenta la escala de Loran et al (1993), propuesta para esta especie, determinado a través de cinco estados de desarrollo en las hembras (0, I y II; inmadura y III y IV: madura), y tres estados en los machos (0 y I: Inmaduro, II: maduro).

Posteriormente, se fijaron en formol al 4%, una sección de las góndolas extraídas de las especies para su procesamiento histológico, el cual consiste en someter la muestra a un proceso de deshidratación, inclusión, corte y tinción de Hematoxilina – Eosina (Gómez- León, 2006). Los cortes histológicos realizados fueron observados en un microscopio para la identificación de microestructuras que permitiera validar las asignaciones visuales de sexo y estado de madurez de cada una de las etapas de desarrollo gonadal obtenidas.

Las anteriores especies fueron consideradas, debido a su importancia comercial y sobre las cuales se tenía incertidumbre de estas estimaciones, lo cual se requiere para su comparación con el indicador talla media de captura-TMC, que se determina a través de la información de frecuencias de longitudes por especies, entre 2000-2019 y relacionando la variación anual con la composición de la captura por tallas en 2019, realizando una comparación entre estas variables y la TM como punto de referencia biológico e indicador del impacto de la pesca; útil para sustentar una medida de manejo como la talla mínima de captura-TmC.

En este año, se determinó la presión pesquera artesanal sobre la estructura de tallas capturadas de las 15 principales especies de peces en la ecorregión CGSM, seleccionadas a partir de la estimación de las capturas anuales, las cuales por lo general representan más del 80% del total del desembarco de peces en el área. En este contexto para la estimación del indicador se relacionaron los datos de las TMC de cada una de éstas especies con sus datos correspondientes de TM, obtenidos en algunos casos a través del proyecto de fortalecimiento al monitoreo y otros a través de información secundaria, del área de estudio y aledañas o afines. Paso seguido al calculó del indicador TMC/TM para cada una de las especies priorizadas, se realizó la sumatoria de los indicadores por especies, deduciéndose en términos porcentuales de presión pesquera, sobre las tallas de los recursos analizados.



**Figura 3.2-11. Registro de medidas morfométricas, peso y asignación del estado de madurez gonadal de individuos recolectados de *Eugerres plumieri* en la Ciénaga Grande de Santa Marta.**



**Figura 3.2-12. Diferenciación morfológica del sexo de la jaiba azul.**



### 3.3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

#### 3.3.1 CALIDAD DE AGUAS

Los resultados de pH y oxígeno disuelto, fueron analizados bajo los criterios de calidad del agua para la preservación de flora y fauna, según el Decreto 1594 de 1984 ([MinAmbiente, 2015](#)). Los resultados de coliformes totales y coliformes termotolerantes se analizaron bajo los criterios establecidos para fines recreativos mediante contacto primario (natación y buceo) y secundario (pesca y deportes náuticos) ([MinAmbiente, 2015](#)). Las concentraciones de metales pesados disueltos en aguas, y metales totales en sedimentos, fueron comparadas con los valores de referencia propuestos por la NOAA ([Buchman, 2008](#)). Los resultados de clorofila a fueron comparados con la clasificación trófica de los sistemas propuesta por Esteves (1998) (En: [Ramírez-Restrepo et al., 2018](#)). Para los valores de la SST se tomó como referencia la escala de clasificación de CONAGUA ([2015](#)). Los resultados de mercurio total en peces, se compararon con los valores máximos establecidos por el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia y de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el consumo humano (< 500 ng/g de peso fresco) ([MinSalud, 2012](#) y [WHO, 2004](#)).

#### 3.3.2 COMUNIDAD FITOPLANTONICA

La información cuali-cuantitativa del fitoplancton se organizó en matrices para el cálculo de las abundancias relativas por grupo taxonómico y la elaboración de gráficas para determinar el comportamiento general de las comunidades tanto por estación como por época climática. Adicionalmente, para cada una de las estaciones se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), uniformidad de Pielou ( $J'$ ) y predominio ( $\lambda$ ) ([Magurran, 1991](#)). Igualmente, con los resultados de densidad fitoplancótónica se realizó el análisis de coordenadas principales (PCO) para observar patrones de similitud entre las estaciones. Para establecer las diferencias significativas del fitoplancton entre las épocas climáticas se aplicó el análisis PERMANOVA, y para determinar la posible relación entre las variables abióticas y la comunidad fitoplancótónica se realizó el análisis BIO-ENV, el cual permite hallar la combinación de variables ambientales que dan una mejor explicación a la estructura comunitaria en términos de composición y densidad ([Clarke y Warwick, 2001](#)).

Finalmente, se realizó un listado con la presencia y densidad de géneros potencialmente nocivos observados en la CGSM, teniendo como guía la lista de referencias taxonómicas de microalgas nocivas construida por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO - COI.

#### 3.3.3 ECOSISTEMAS DE MANGLAR

Para las seis estaciones de monitoreo y basados en los datos obtenidos en los monitoreos de los tres primeros trimestres de 2019, se calculó el *Indicador de integridad biológica de manglares (IBIm)* para la Ciénaga Grande de Santa Marta; el cual indica la condición ecológica de las estaciones a partir de la integración de las variables estructurales (densidad y área basal), de salud (salinidad intersticial) y función (regeneración natural) obtenidas en el monitoreo ([INVEMAR, 2018b](#)). Como resultado se obtiene un número adimensional en una escala de valores relativa, representando en cinco categorías: Estado “deseable” con valores mayores a 4, “buen estado” con valores entre 3 y



4, “estado regular” con valores entre 2 y 3, “estado de alerta” entre 1.5 y 2, y finalmente estado “no deseable” con valores menores a 1.5 (Tabla 3.3-1).

**Tabla 3.3-1. Escala de interpretación del IBIm.**

Valor total de IBIm	Interpretación
< 1,5	no deseable
≥ 1,5 y < 2	estado pobre
≥ 2 y < 3	estado regular
≥ 3 y < 4	buen estado
> 4	deseable

Para el análisis de salinidad, temperatura, y nivel del agua se utilizó estadística descriptiva básica utilizando ©Excel. La regeneración natural se analizó calculando densidades de propágulos y plántulas/m<sup>2</sup>, mientras que los individuos con un DAP entre 2,5 – 4,9 cm (brizales), se expresaron en términos de individuos/ha ([Navarrete-Ramírez y Rodríguez-Rincón, 2014](#)). Para el componente estructural se calcularon y graficaron las principales variables dasométricas descritas en la Tabla 3.3-2. Para el componente de estado fitosanitario se utilizó estadística descriptiva básica. En todos los casos y para optimizar la visualización de la información, se realizó análisis histórico durante al menos el periodo 2015 – 2019. Para conocer detalles sobre los resultados del monitoreo de manglar en periodos anteriores (1995 - 2009), se recomienda consultar [INVEMAR \(2018a\)](#).

**Tabla 3.3-2 Variables de interés para definir la composición florística y estructural de los bosques de manglar ([Scheaffer–Novelli y Cintrón-Molero, 1986](#)).**

Variable	Descripción	Fórmula
<b>Densidad absoluta – d</b>	Corresponde al número de árboles (total o por especies) extrapolado a una superficie de una hectárea	$d = \frac{\text{No. de individuos}}{\text{Áreamuestreada}} \times 10000$
<b>Área basal - AB</b>	Es el área de la sección en m <sup>2</sup> ocupada por los troncos de los árboles (total o por especies) presentes en una unidad de muestreo, extrapolada a una superficie de una hectárea	$\text{AB}_{\text{ind}} = \text{DAP}^2 \times 0,00007854$ Dónde: $0,00007854 = \text{factor de conversión} = (\pi / 4) \times 10000$ $\text{AB}_t = \left( \frac{\sum \text{AB}_{\text{sp}}}{\text{Área muestreada}} \right) \times 10000$
<b>Abundancia relativa – Ar*</b>	Representa la relación porcentual entre el número de árboles de una especie respecto al número total de árboles en la unidad de muestreo	$A_r = \left( \frac{n_i}{N} \right) \times 100$ Dónde: $n_i = \text{Número total de árboles de una especie}$ . $N = \text{Número total de individuos por parcela}$



<b>Dominancia relativa – Dr*</b>	Es la relación porcentual entre la suma de las áreas basales de los árboles de una especie, respecto al área basal de todos árboles en un área de muestreo	$D_r = \left( \frac{AB_{sp1}}{AB_t} \right) \times 100$ Dónde: $AB_{sp1}$ = Área basal de una especie. $AB_t$ = Área basal total por unidad de muestreo
<b>Frecuencia relativa – Fr*</b>	Es la relación porcentual de la presencia de una especie respecto a la presencia de todas las especies en un área de muestreo	$F_a = \left( \frac{\text{No.parcelas}_{sp1}}{N_{Parcelas}} \right) \times 100$ Dónde: $\text{No. parcelas}_{Sp1}$ = Total de parcelas donde aparece la especie $N_{parcelas}$ = Total de parcelas monitoreadas
<b>Diámetro cuadrático - Dq</b>	<b>promedio</b> Diámetro de un árbol hipotético cuya área basal corresponde al área basal promedio del bosque (cm).	$Dq = \sqrt{\frac{AB_t \times 12.732,39}{d}}$
<b>Índice de valor de importancia - IVI</b>	Define cuál de las especies resulta más importante en la unidad de muestreo. Se calcula a partir de la abundancia, frecuencia y dominancia relativa por especie. Con este índice es posible comparar en una línea de tiempo el peso ecológico de cada especie en el ecosistema	$I.V.I = A_r + F_r + D_r$ Dónde: $A_r$ = Abundancia relativa de una especie $F_r$ = Frecuencia relativa de una especie $D_r$ = Dominancia relativa de una especie

\*Variables insumo para el cálculo del IVI.

A partir de los resultados de la evaluación del estado fitosanitario general, se calculó por especie y estación el cociente entre promedios ([Murillo y Camacho, 1997](#)), para estimar el porcentaje de árboles que se encuentran bajo las categorías descritas en la Tabla 3.3-3, a través de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{\sum y_i}{\sum x_i}$$

Dónde:

$$y_i = \text{Número de individuos con la característica } i$$

$$x_i = \text{Número de individuos }(n) \text{ en todas las parcelas}$$

Adicionalmente, para cada estación se evaluó la severidad de los síntomas identificados en follaje y área maderable (Tabla 3.3-3) a partir de la construcción de una escala de clasificación de las afectaciones según lo propuesto por [Wolcan et al. \(2001\)](#) y [Murillo y Camacho \(1997\)](#).



**Tabla 3.3-3. Escala para medir la severidad de síntomas en la zona foliar y maderable de árboles de manglar de la CGSM**

Escala	Categoría	Descripción
0	Sin afectación	Sano. No se evidencia ninguna afectación
1	Levemente afectado	Menos del 50% de la zona afectada por el síntoma. El síntoma representa menos del 50% de la afectación del individuo
2	Moderadamente afectado	Menos del 50% de la zona afectada por el síntoma. El síntoma representa más del 50% de la afectación del individuo
3	Severamente afectado	Más del 50% de la zona afectada por el síntoma. El síntoma representa menos del 50% de la afectación del individuo
4	Gravemente afectado	Más del 50% de la zona afectada por el síntoma. El síntoma representa más del 50% de la afectación del individuo

#### **Análisis para la determinación de la composición y abundancia de la comunidad avifaunal**

Mediante análisis estadístico básico en Excel® se determinó la composición y abundancia relativa de la comunidad avifaunal asociada al ecosistema de manglar. Se trabajó sobre los niveles taxonómicos de familia y especie. La categoría migratoria, categorías de amenaza (incluida la clasificación en el Libro Rojo de Aves de Colombia) y categoría de residencia se determinó según [Ayerbe \(2018\)](#). Con el fin de evaluar la relación entre la estructura del bosque de manglar y la composición de la comunidad de aves, fue empleada la clasificación por hábitos tróficos. La clasificación por hábitos tróficos, es una herramienta fundamental para el entendimiento de la función de la comunidad, y es la primera aproximación para evaluar el estado de las comunidades avifaunales que hacen uso del ecosistema, de modo que a largo plazo se puedan establecer especies de aves indicadoras del estado de salud del ecosistema. La clasificación de gremios tróficos empleada es una modificación adaptada de [Canales-Delgadillo et al. \(2019\)](#), donde se catalogan 9 gremios tróficos de acuerdo al consumo principal de presa.

#### *Avances en la definición de aves como indicadoras del estado de salud del manglar*

Si bien la clasificación por gremios tróficos es una primera aproximación para establecer qué especies de aves resultan relevantes en cuanto al estado de salud del manglar, hay que tener en cuenta que esto está sujeto a muchos otros factores biológicos de los animales, desde éxito reproductivo y nidificación, hasta residencia y permanencia por largos períodos de tiempo en el manglar, por lo que aún se requiere llenar los vacíos de información a este respecto con el fin de obtener un indicador robusto y soportado.

Considerando que, en este momento, no se cuentan con los estudios a nivel de especie, poblaciones y comunidades mencionados anteriormente, se realizaron consultas a expertos y conocedores tanto de los manglares de la Ciénaga Grande de Santa Marta como de las aves en general, para identificar posibles especies de aves de importancia para el estado del ecosistema de manglar de la Ciénaga.

#### **3.3.4 RECURSOS PESQUEROS**

La continuidad del análisis se fundamentó a partir de la revisión de los datos registrados en formularios de campo, en esta oportunidad aplicados a través de dispositivos móviles y de la



depuración de los mismos en el Sistema de Información Pesquera de INVEMAR -SIPEIN- (Narváez *et al.*, 2005). Así como en informes anteriores (INVEMAR, 2006), se estimó la producción pesquera de la ecorregión y otras variables de desempeño pesquero a nivel de indicadores como la abundancia relativa de los recursos (captura por unidad de esfuerzo-CPUE), las TMC y la renta económica de la pesquería, incluyendo lo relacionado con los artes y/o métodos de pesca usados en los principales sitios de desembarco.

Para el manejo de datos de la actualización de la TM para *C. bocourtii*, *C. sapidus*, *E. plumieri*, *E. smithi* y *M. liza*, se organizó una matriz mediante el programa Microsoft Excel® en la que se ordenaron los datos de fecha de captura, arte de pesca, zona de pesca, tallas, pesos, sexo y estados de madurez gonadal, para su posterior análisis. Se enfatizó en la determinación de la TM, definida como la longitud en la que al menos el 50% de los individuos llegan a la madurez ([Saborido-Rey, 2004](#)). Se aplicó un ajuste linealizado del modelo logístico de madurez con máxima verosimilitud y estimación de intervalos de confianza mediante técnicas de remuestreo (*Bootstrap*) ([Ogle, 2013](#)). La estimación de los parámetros y la construcción de los intervalos, se realizó con la ayuda del software R ([Core Team, 2012](#)), siguiendo el programa de madurez de *Northland College* ([Ogle, 2013](#)), para el cual se utilizaron los paquetes: FSA, NCStats y car, para la versión de R 3.0.2®. La estacionalidad reproductiva se estimó para las jaibas, teniendo en cuenta el porcentaje mensual de individuos en cada estado de madurez y se relacionó con valores promedio del índice gonadosomático (IGS=PG/PT, donde PG es el peso de la gónada y PT peso total del pez), correlacionando con la y salinidad del agua promedio de la CGSM.

En relación a los datos económicos, se analizaron a precios corrientes y constantes de diciembre de 2018, utilizando el Índice de Precios al Consumidor registrado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística- DANE ([DANE, 2019b](#)).

Los valores de salinidad medidos, se utilizaron para estimar un promedio ponderado anual de la salinidad que pueda confrontarse con la variación anual del Índice de Oscilación Sur IOS y con los caudales de los ríos tributarios al sistema a fin de determinar patrones en el ecosistema. El IOS es la anomalía estandarizada de la presión atmosférica a nivel del mar entre Darwin (Australia) y Tahití, la cual se utiliza para medir la variación del fenómeno de “El Niño-Oscilación Sur” -ENOS. Valores positivos indican eventos de La Niña (periodos lluviosos) y los negativos eventos “El Niño” (periodos secos). La fuente de datos utilizados del IOS, procede del Centro de Predicción del Clima-Centros Nacionales de Predicción Ambiental / Servicio Nacional del Tiempo NOAA- NCEP (por sus siglas en inglés). Esto se viene haciendo dado que se ha determinado la influencia de ENOS en la variabilidad en los caudales de los tributarios, que son la principal fuente de agua dulce del sistema lagunar ([Blanco \*et al.\*, 2006 y 2007](#)).

Adicionalmente, para determinar la distribución espacial de las variables de desempeño pesquero, se agrupó la información de pesca en cinco zonas que siguen el mismo arreglo de las usadas para medir variables del componente calidad de aguas (Figura 3.2-10). Para simplificar información, se hizo énfasis en la comparación del desempeño de los artes atarraya y trasmallo, los cuales han tenido mayor regularidad en su uso durante todo el periodo de monitoreo analizado, permitiendo así hacer comparaciones anuales.

Con fines de evaluar los efectos de las zonas de pesca por años sobre las variables de desempeño pesquero, se realizaron ANOVAS de dos vías, previo análisis descriptivo de la información y



**INFORME TÉCNICO FINAL 2019:**  
“MONITOREO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y LOS CAMBIOS ESTRUCTURALES Y  
FUNCIONALES DE LAS COMUNIDADES VEGETALES Y DE LOS RECURSOS PESQUEROS DURANTE  
LA REHABILITACIÓN DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA”



confirmación del cumplimiento de los supuestos de normalidad de los residuos y homogeneidad de varianzas.



## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 CALIDAD DE AGUAS

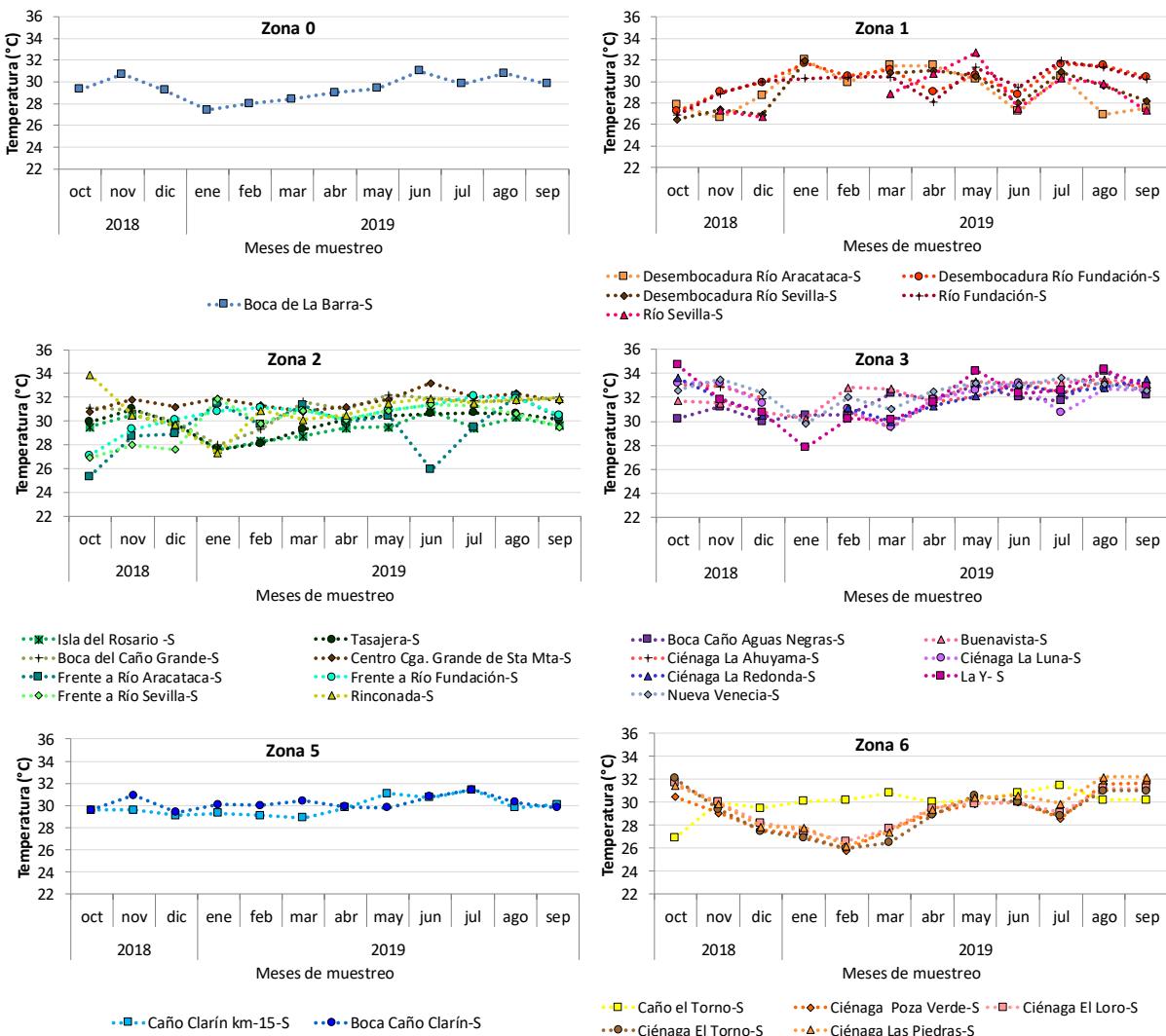
#### 4.1.1 CALIDAD DE AGUAS

Como interfase entre los ambientes terrestre, marino y fluvial, los estuarios soportan múltiples interacciones ecológicas, son áreas vitales para diversas especies de importancia ambiental y comercial, proporcionan alimentos y materias primas, regulan la cantidad del agua, capturan carbono, protegen las costas, controlan la erosión y ofrecen servicios recreativos y estéticos ([Vargas-Castillo et al., 2016](#); [Mahoney y Bishop, 2017](#)). Pese a ello, estuarios como la CGSM están bajo intensa presión, debido a las actividades antropogénicas que se desarrollan dentro y en sectores aledaños ([INVEMAR, 2002; 2003; 2004; 2005; 2006; 2007; 2008](#); [Cadavid et al., 2009](#); [Bautista et al., 2010](#); [Cadavid et al., 2011](#); [Aguilera, 2011](#); [Ibarra et al., 2013](#); [Ibarra et al., 2014a](#); [Ibarra et al., 2014b](#); [INVEMAR, 2016e](#); [INVEMAR, 2017; 2018](#)), lo cual sumado a la alteración de los patrones de lluvia locales, los cambios en los regímenes de transporte de sedimentos ([Rodríguez-Rodríguez et al., 2016](#)) y una mayor frecuencia de eventos climáticos extremos, afectan entre otros aspectos, la calidad del agua.

##### ***Variables fisicoquímicas***

###### **4.1.1.1 Parámetros fisicoquímicos *in situ*: temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto**

La temperatura del agua superficial en las 28 estaciones monitoreadas en el período octubre 2018 – septiembre 2019 fluctuó entre 25,3 °C y 34,7 °C. En el último trimestre de 2018 se presentó una tendencia de disminución en las zonas 0 (marina), 2 (cuerpo de agua principal), 3 (complejo de Pajarales) y 6 (zona noroccidental del VIPIS) (Figura 4.1-1), mientras que en la zona 1 (ríos de la vertiente occidental de la SNSM), se observó un aumento de la temperatura del agua superficial. Entre enero y mayo de 2019, se registró un incremento sucesivo en todas las zonas, con excepción de la zona 5 (río Magdalena), cuyos valores de temperatura presentaron baja variabilidad (entre 28,9 y 31,4 °C) a lo largo de todo el período de estudio. Entre junio y septiembre de 2019, se registraron pequeñas variaciones en la temperatura de las estaciones de las zonas 0, 2, 3 y 6, mientras que en la zona 1 hubo mayor variabilidad, en la desembocadura del río Aracataca, por ejemplo, se midieron las temperaturas más bajas, y las más altas en el río Fundación y su desembocadura.



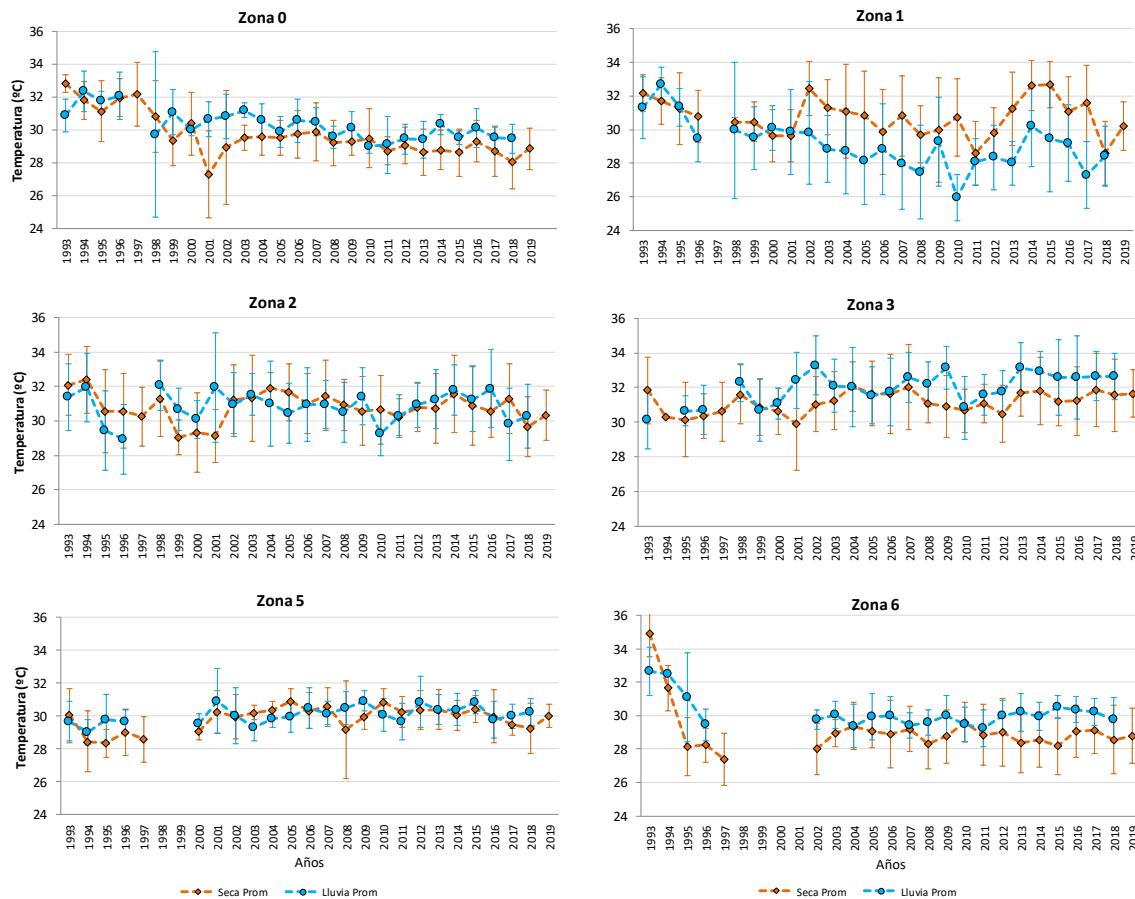
**Figura 4.1-1. Temperatura (°C) del agua superficial en las estaciones de seis zonas de la CGSM, entre octubre de 2018 y septiembre de 2019.**

Es de resaltar que, en los ríos de la vertiente occidental de la SNSM y sus respectivas desembocaduras, los mayores valores de temperatura se han venido registrando recurrentemente en el primer y tercer trimestre del año. En los frentes de estos ríos, así como en las estaciones Isla del Rosario, Tasajera, boca del Caño Grande, centro de la CGSM, Rinconada, boca del Caño Aguas Negras, Nueva Venecia, Buenavista y las ciénagas La Ahuyama, La Redonda y La Luna, las temperaturas más altas se presentan en el segundo y tercer trimestre del año. Este comportamiento está relacionado con la disminución de los niveles de agua por incremento en las condiciones de sequía (IDEAM, 2019), situación que puede ir en detrimento de la calidad del agua.

Los registros históricos entre 1993 y 2019 (Figura 4.1-2) confirman que en la zona 1 (ríos de la SNSM) la temperatura ha sido predominantemente mayor entre enero y junio, lo cual ha estado relacionado con disminución en el caudal del agua de los ríos Sevilla, Aracataca y Fundación. Años



con eventos La Niña como 2011, 2016 y 2018 ([INVEMAR, 2018](#)), han favorecido la disminución de la temperatura en la zona 1 para el mismo periodo. En el caso de las estaciones de la zona marina (0), complejo de Pajarales (3) y noroccidente del VIPIS (6), los valores promedio han sido mayores entre julio y diciembre, en el cuerpo de agua principal (zona 2) y caño Clarín (zona 5), la variabilidad de la temperatura tanto en época seca como de lluvias ha fluctuado de manera similar y sin patrón temporal claro. Si bien en las zonas 0, 2, 3 y 5, la tendencia temporal continúa siendo la misma, las temperaturas promedio tanto para la época de lluvias 2018 como para la época seca 2019, aumentaron con respecto al periodo inmediatamente anterior (2017 – 2018; [INVEMAR, 2018](#)).



**Figura 4.1-2. Registros históricos (1993 - 2019) de la temperatura (°C) promedio del agua superficial en seis zonas de la CGSM. Puntos naranjas representan la época seca y puntos azules la época lluviosa. Líneas verticales representan la desviación estándar.**

Los estuarios son zonas de transición en donde la salinidad presenta una alta variabilidad como resultado del balance entre los flujos opuestos de agua salada impulsado por la marea y vientos; y el de agua dulce procedente de los ríos ([Savenije, 2012](#)). Por esto, a partir de los valores de salinidad es posible clasificar el agua de los estuarios como dulce, salobre, marina o salmuera (Tabla 4.1-1);



[Knox, 2001](#)), logrando de esta manera interpretar el comportamiento del sistema frente al incremento o disminución en los aportes de agua dulce y salada.

**Tabla 4.1-1. Clasificación del agua según los valores de salinidad ([Knox, 2001](#))**

Tipo de agua		Rango de salinidad	Representación por escala de color
Clasificación	Subclasiación		
<b>Salmuera</b>	-	> 38	
	Polihalina	34 – 38	
	Mesohalina	30 – 34	
<b>Marina</b>	Oligohalina	17 – 30	
	Polihalina	10 – 17	
	Mesohalina	3 – 10	
<b>Salobre</b>	Oligohalina	0,5 – 3	
	-	0 – 0,5	

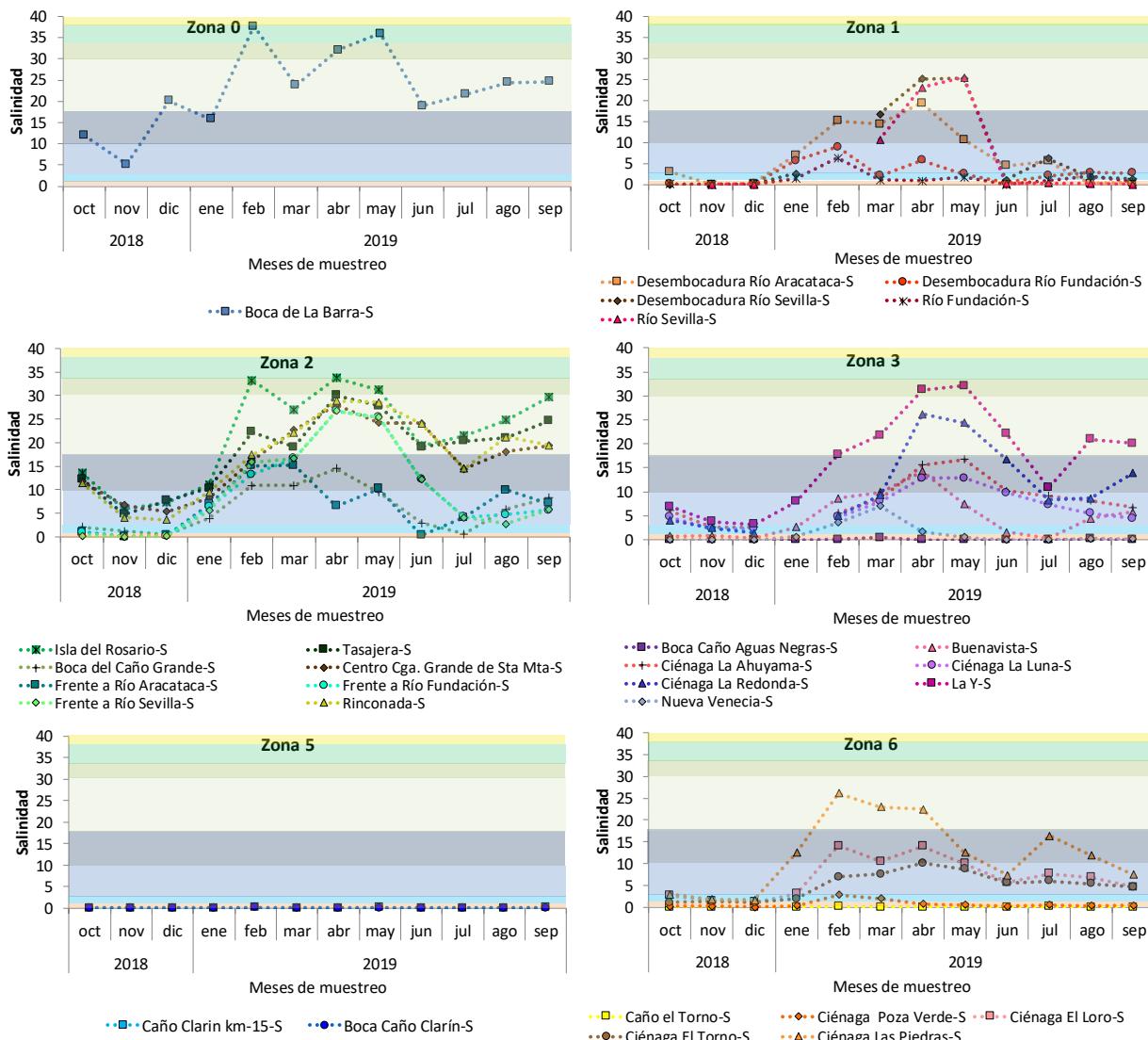
Para el período octubre de 2018 – septiembre de 2019, el 53 % de los valores de salinidad fluctuaron entre 0,6 y 16,7; el 29 % entre 0 y 0,5 y el 18 % restante entre 17,4 y 37,7, indicando que a lo largo de los 12 meses de monitoreo, el agua superficial fue predominantemente de tipo salobre, particularmente en las zonas de los ríos de la SNSM (zona 1), el cuerpo de agua principal (zona 2), el complejo de Pajarales y las ciénagas ubicadas al noroccidente del VIPIS (zona 6).

En la Figura 4.1-3 se puede observar que los mayores valores de salinidad se presentaron en el primer semestre de 2019, especialmente entre marzo y mayo, encontrando inclusive valores de agua tipo marina en las desembocaduras de los ríos Aracataca y Sevilla. Estos resultados ponen de manifiesto una disminución en el aporte de agua dulce de estos ríos, que se ve intensificado durante la época seca.

En la zona 2, el agua de tipo salobre predominó en las estaciones Boca del Caño Grande y los frentes de los ríos, mientras que en Isla del Rosario, Tasajera, Rinconada y Centro CGSM, las más cercanas a la Boca de la Barra, prevaleció el agua de tipo marina entre febrero y septiembre de 2019.

En la zona 3, las estaciones Boca Caño Aguas Negras y Nueva Venecia, presentaron salinidades características de agua dulce, evidenciando los aportes de agua del río Magdalena que llegan a través del caño Aguas Negras. En las demás estaciones predominó el agua tipo salobre; y en Ciénaga La Redonda y La Y, se registraron salinidades características de agua marina, demostrando el aporte del mar caribe por la boca de la barra.

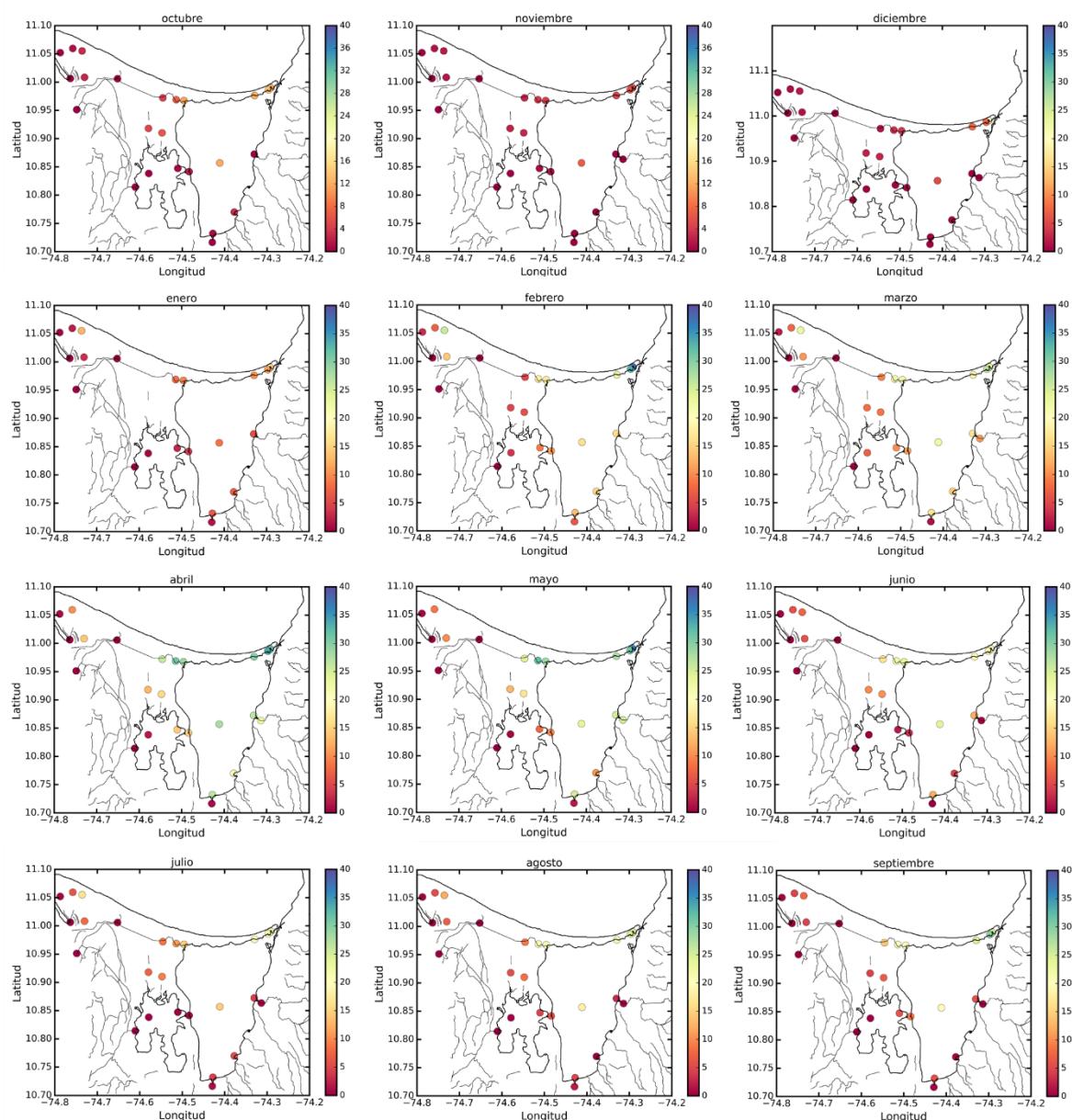
En la zona 5, la salinidad fluctuó entre 0,0 y 0,5, lo cual refleja el ingreso de agua del río Magdalena a través del Caño Clarín. En la zona 6 que también recibe agua del río Magdalena, se evidenció que entre enero – mayo y julio de 2019, disminuyeron los aportes de agua dulce en estaciones como Ciénaga Las Piedras, Ciénaga El Loro y Ciénaga El Torno, ya que la salinidad, con respecto al último trimestre de 2018, incrementó hasta en 10 unidades.



**Figura 4.1-3. Salinidad del agua superficial en las estaciones de seis zonas de la CGSM, entre octubre de 2018 y septiembre de 2019. Escala de color de fondo representa el tipo de agua según los valores de salinidad, basado en la clasificación propuesta por [Knox, 2001](#) (ver Tabla 4.1-1).**

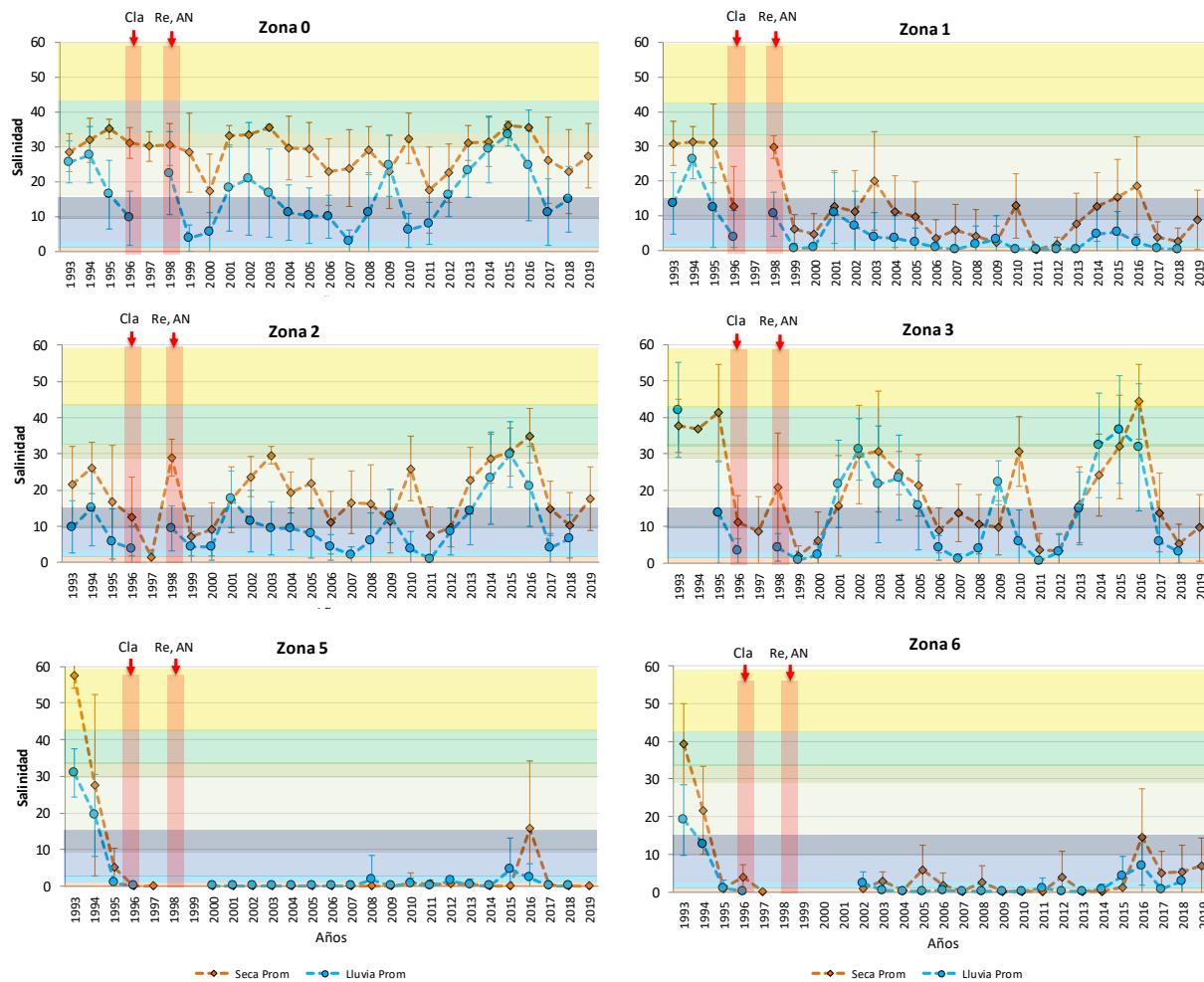
La Figura 4.1-4, se muestra el comportamiento de la salinidad en el agua superficial de las 28 estaciones monitoreadas entre octubre 2018 – septiembre 2019, por escala de colores. La escala de rojos representa valores bajos (agua tipo dulce), la escala de amarillos valores intermedios (agua tipo salobre) y la escala de azules valores altos (agua tipo marina). De esta figura se destaca que: 1) las variaciones temporales son un factor determinante en la variación de la salinidad, en época lluviosa (último trimestre de 2018) la salinidad disminuye y en época seca (enero – mayo de 2019) aumenta, incluso en estaciones ubicadas en las desembocaduras de los ríos de la vertiente occidental de la SNSM; 2) de forma general hay un gradiente de salinidad que va en aumento de noroccidente a nororiente, valores bajos (agua tipo dulce) en las zonas que reciben aportes directos

del río Magdalena (zona noroccidental, Caño Clarín, Caño Aguas Negras, Caño El Torno), valores intermedios (agua salobre) en la Boca del Caño Grande, los frentes de los ríos Aracataca, Sevilla, Fundación, Boca del Caño Grande, Nueva Venecia, Buenavista y ríos de la vertiente occidental de la SNSM y valores altos (agua tipo marina) en la zona nororiental (Boca de La Barra y en estaciones aledañas como Isla del Rosario, Tasajera, Rinconada, Ciénaga La Redonda, Ciénaga La Luna, Ciénaga La Auyama, La Y, y Centro CGSM, en donde el agua pasa de ser tipo salobre a marina en los meses con condiciones de sequía.



**Figura 4.1-4. Representación gráfica por escala de colores, de la variación de la salinidad en el agua superficial de las estaciones monitoreadas entre octubre de 2018 y septiembre de 2019.**

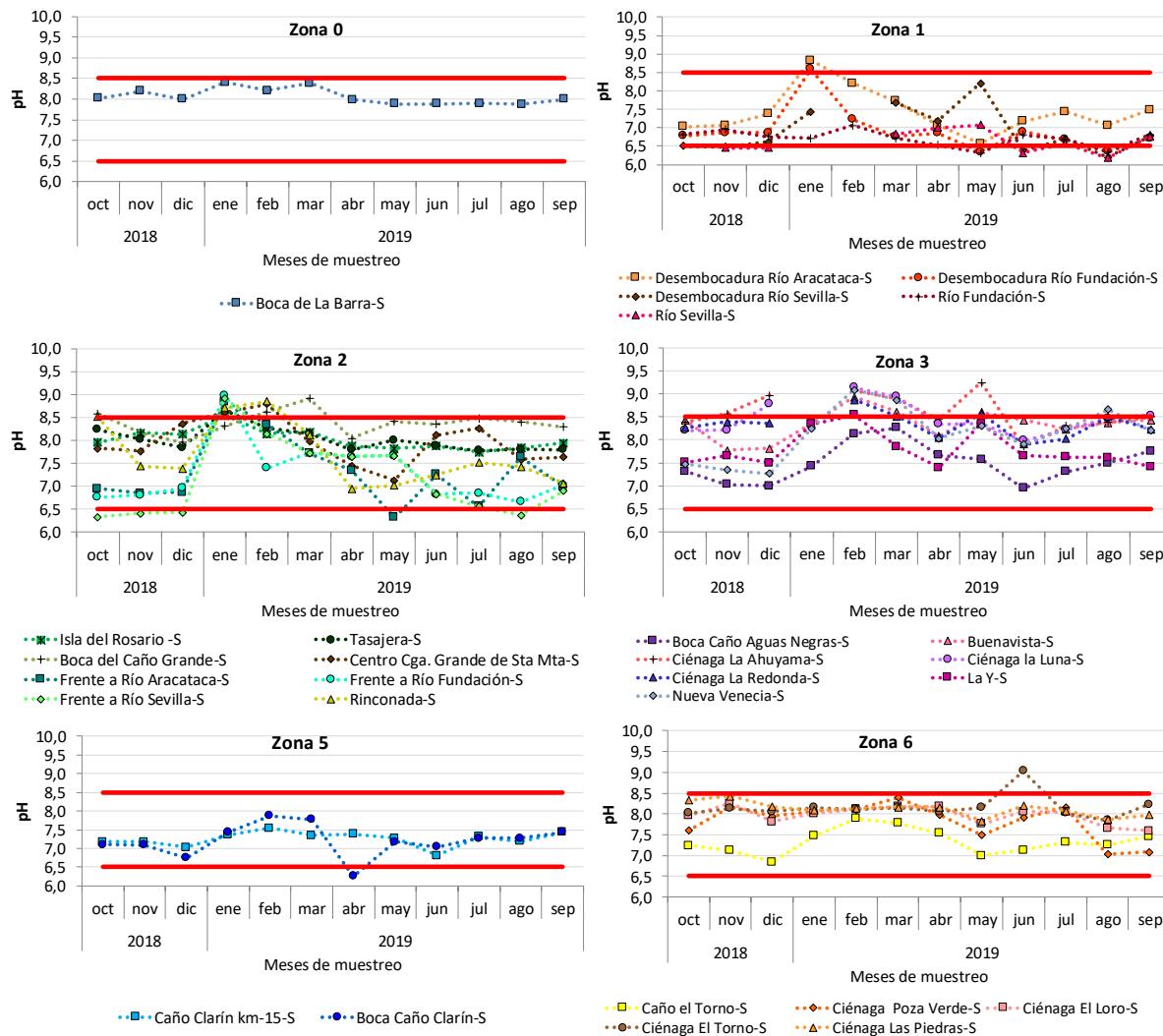
Los registros históricos evidencian que la salinidad incrementa en época seca (Figura 4.1-5) y se intensifica en años con eventos El Niño, a causa de la disminución de los flujos de agua dulce que ingresan al sistema lagunar. En la zona 3 no hay un patrón temporal definido debido a que allí se pueden diferenciar dos sectores, el de influencia directa del río Magdalena a través del Caño Aguas Negras y el de las Ciénagas La Ahuyama, La Redonda y La Y. En la zona 6 la salinidad ha aumentado en los últimos tres años, lo cual revela una disminución en la cantidad de agua dulce que ingresa a este sector. La salinidad promedio tanto en la época de lluvias de 2018 como en la época seca de 2019, aumentó con respecto al período 2017 - 2018.



**Figura 4.1-5. Registros históricos (1993 - 2019) de la salinidad promedio del agua superficial en seis zonas de la CGSM. Puntos naranjas representan la época seca y puntos azules la época lluviosa. Líneas verticales representan la desviación estándar. Bandas rojas indican la apertura de los caños Nuevo Clarín (Cla, 1996), Renegado (Re, 1998) y Aguas Negras (AN, 1998). Escala de color de fondo de cada figura representa el tipo de agua según los valores de salinidad, basado en la clasificación propuesta por Knox ([2001](#); ver Tabla 4.1-1).**



El pH del agua superficial de las 28 estaciones monitoreadas entre octubre de 2018 y septiembre de 2019 se presenta en la Figura 4.1-6. Durante todo el período de estudio, se encontró que en la Boca de La Barra (zona 0) los valores fueron típicos de agua marina ([Libes, 2009](#)) y estuvieron dentro del rango permisible para preservación de flora y fauna (6,5 – 8,5; [MinAmbiente, 2015](#)).

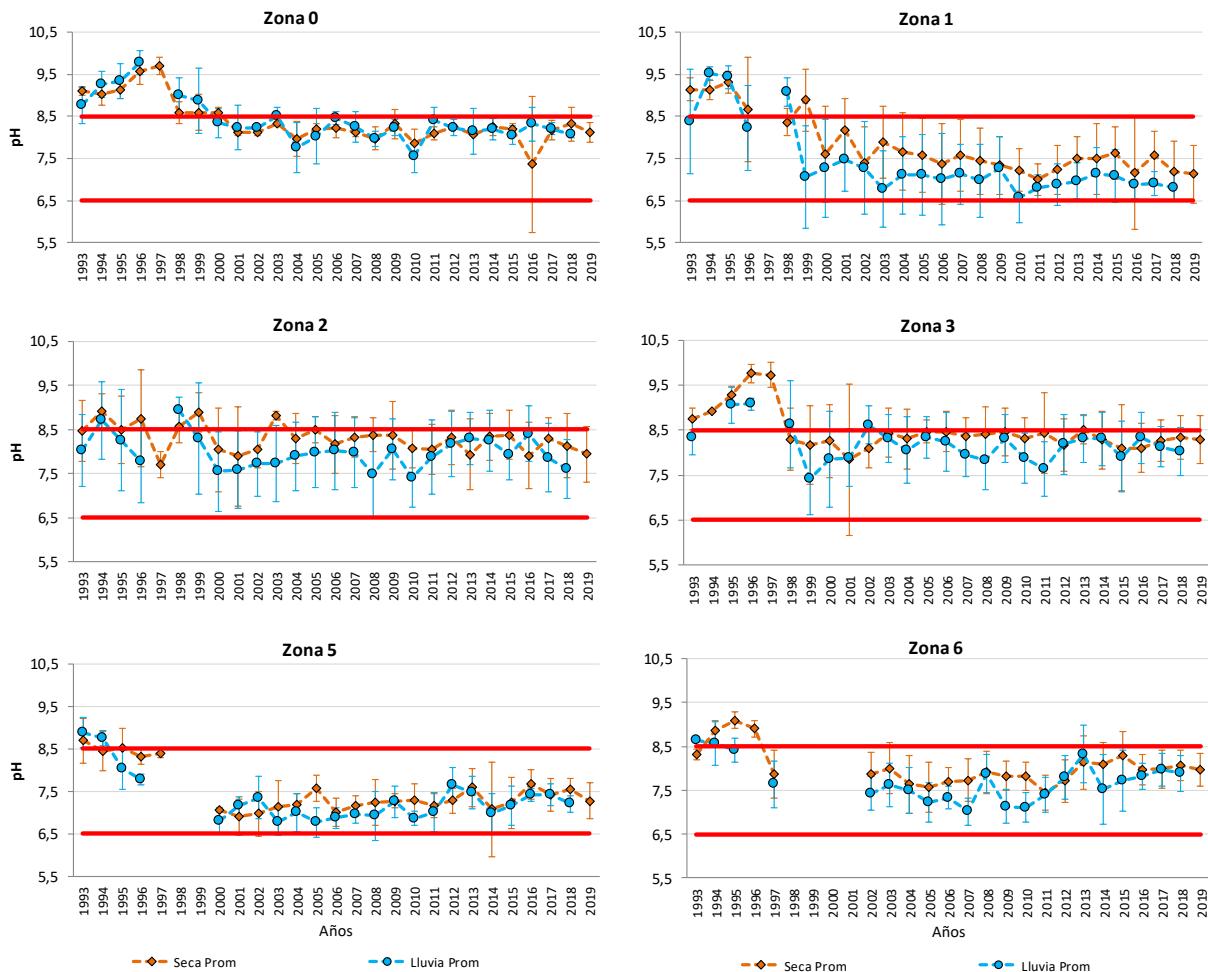


**Figura 4.1-6. pH del agua superficial en las estaciones de seis zonas de la CGSM, entre octubre de 2018 y septiembre de 2019. Líneas horizontales rojas representan los límites mínimo y máximo permisibles para preservación de flora y fauna (6,5 – 8,5; [MinAmbiente, 2015](#)).**



En el último trimestre de 2018, así como en mayo, junio y agosto de 2019, en los ríos Fundación y Sevilla, sus desembocaduras y frentes erl pH estuvo por debajo del mínimo permisible definido por la legislación colombiana para preservación de flora y fauna (6,5; [MinAmbiente, 2015](#)). En el primer trimestre de 2019, en la desembocadura de los ríos Aracataca, Fundación y en la mayoría de las estaciones del cuerpo de agua principal (zona 2) y el complejo de Pajarales (zona 3), el valor pH estuvo por encima del máximo permisible definido por la legislación colombiana para preservación de flora y fauna (8,5; [MinAmbiente, 2015](#)). Esta situación es indicadora de una alta actividad fotosintética en donde las algas consumen dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) del agua, causando un incremento del pH en horas del día. En las zonas 5 y 6, el pH estuvo dentro de los valores permisibles, con excepción de dos casos puntuales en mayo (Boca Caño Clarín) y junio (Ciénaga El Torno) de 2019.

Los promedios históricos de pH entre 1993 y 2019 (Figura 4.1-7), muestran que después de las obras hidráulicas realizadas en 1996 y 1998, el pH en la zona 0 ha fluctuado en valores cercanos al rango típico para aguas marinas (7,9 – 8,2); en las zonas de los ríos provenientes de la SNSM (1) y el río Magdalena (5) se han registrado con más frecuencia valores entre 6,5 y 7,5, debido a que son los sectores donde hay mayor influencia de agua dulce; en el cuerpo de agua principal (zona 2) y en el Complejo de Pajarales (zona 3) el pH tiende a valores básicos (7,5 – 8,5), lo cual está relacionado con el incremento de la actividad biológica y valores de salinidad que oscilan en el rango de aguas salobres y marinas. En el caso de la zona 6, se evidencia que desde 2014 se está presentando un incremento del pH que se relaciona con la disminución en los aportes de agua dulce que ingresan a este sector.

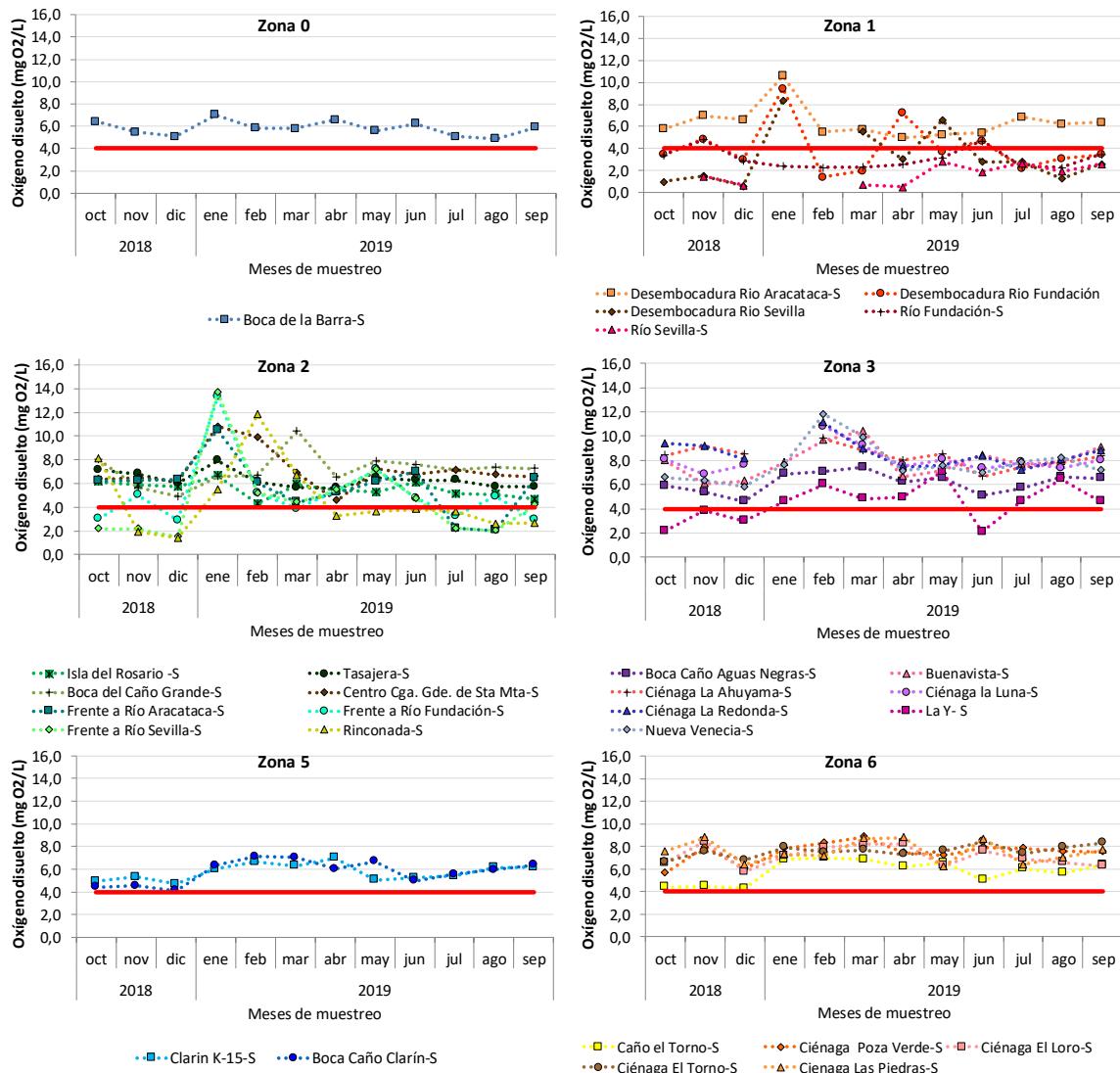


**Figura 4.1-7. Registros históricos (1993 - 2019) del pH promedio del agua superficial en seis zonas de la CGSM. Puntos naranjas representan la época seca y puntos azules la época lluviosa. Líneas verticales representan la desviación estándar. Líneas horizontales rojas representan los límites mínimo y máximo permisibles para preservación de flora y fauna (6,5 – 8,5; [MinAmbiente, 2015](#)).**

El oxígeno disuelto (OD) en el agua superficial de la zona marina (zona 0), Caño Clarín (zona 5) y sector noroccidental del VIPIS (zona 6), fue adecuado para la preservación de flora y fauna. Caso contrario ocurrió en las estaciones del río Fundación, Sevilla y sus desembocaduras, en donde las concentraciones de OD en la mayoría de los meses del periodo de monitoreo 2018 – 2019, fueron inferiores al valor mínimo permisible (4,00 mg O<sub>2</sub>/L; [MinAmbiente, 2015](#); Figura 4.1-8), hecho reiterativo y que está relacionado con procesos de descomposición continua de materia orgánica.

En el primer trimestre de 2019 en estaciones de las zonas 1 (desembocaduras río Aracataca y Fundación), 2 (frentes de los ríos Aracataca, Fundación y Sevilla, Centro CGSM, Rinconada) y 3 (Buenavista, Nueva Venecia y ciénagas La Ahuyama, La Luna y La Redonda), se registraron concentraciones de OD que fluctuaron entre 9,20 y 13,7 mg O<sub>2</sub>/L, las cuales revelan condiciones de

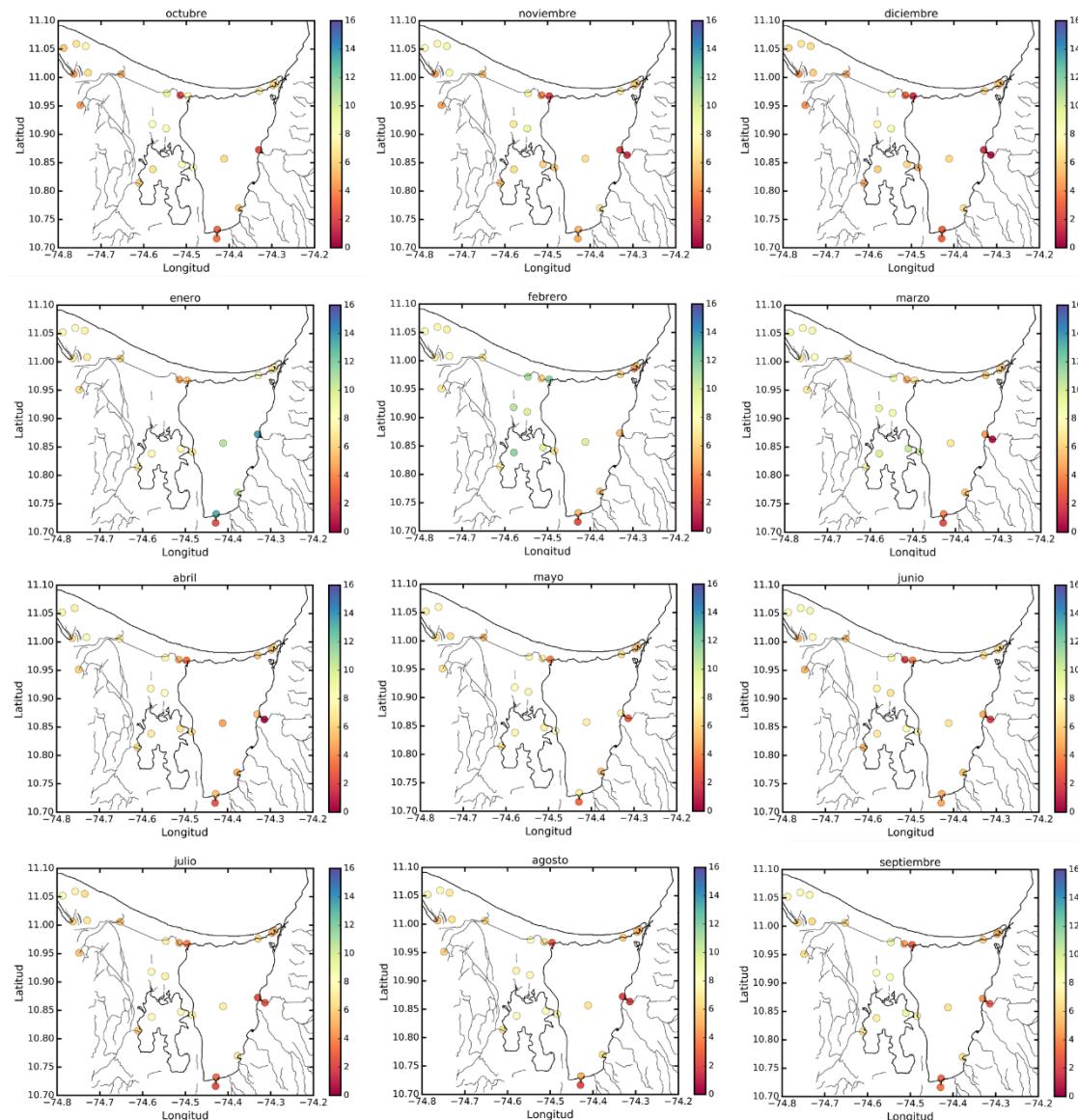
sobresaturación que son indicadoras de una elevada actividad fotosintética, proceso en el cual se consume CO<sub>2</sub> y se libera O<sub>2</sub>. Este resultado está directamente relacionado con los altos valores de pH medidos en la misma época para estas estaciones.



**Figura 4.1-8. Oxígeno disuelto (mg O<sub>2</sub>/L) del agua superficial en las estaciones de seis zonas de la CGSM, entre octubre de 2018 y septiembre de 2019. Línea horizontal roja representa el límite mínimo permisible para preservación de flora y fauna (4,0 mg O<sub>2</sub>/L; [MinAmbiente, 2015](#)).**

En la Figura 4.1-9, se representa el comportamiento del OD en el agua superficial de las 28 estaciones monitoreadas entre octubre 2018 y septiembre 2019, por escala de colores. De esta figura se destaca que: 1) en el último trimestre de 2018 (predominio de condiciones lluviosas) en la mayoría de las estaciones monitoreadas, con excepción del sector de los ríos de la SNSM, se registraron concentraciones adecuadas para la preservación de flora y fauna (> 4,00 mg O<sub>2</sub>/L;

[MinAmbiente, 2015](#)); 2) en el primer trimestre de 2019 (predominio de condiciones secas) aumentó la concentración de OD en el cuerpo de agua principal y en el complejo de Pajarales, a valores que indican sobresaturación y que van en detrimento de la calidad del agua y consecuentemente, de la preservación de la fauna; 3) a partir de abril de 2019 se registró nuevamente la disminución en la concentración del oxígeno disuelto en la zona de los ríos de la SNSM.

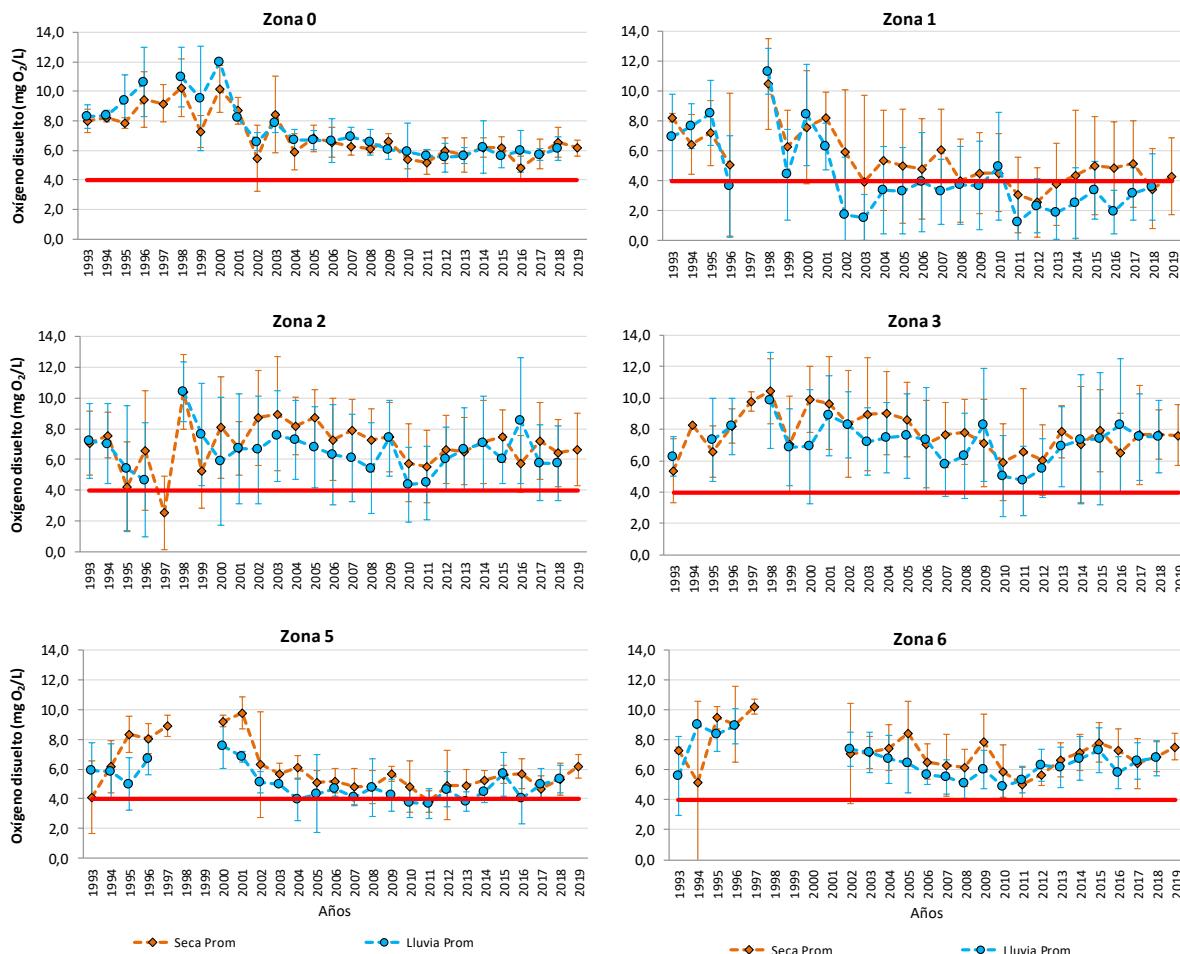


**Figura 4.1-9. Representación gráfica por escala de colores, de la variación del oxígeno disuelto en el agua superficial de las estaciones monitoreadas entre octubre de 2018 y septiembre de 2019.**

Las concentraciones promedio históricas de oxígeno disuelto (Figura 4.1-10) confirman que en la zona de los ríos provenientes de la SNSM (zona 1) recurrentemente se han presentado los mayores casos de incumplimiento con respecto a la concentración mínima permisible para preservación de



flora y fauna, caso contrario ocurre en el cuerpo de agua principal (zona 2) y el sector de Pajarales (zona 3), en los cuales el oxígeno en horas del día presenta condiciones de sobresaturación, mientras que en horas de la noche se puede revertir en escasez de OD que ocasionan riesgo para la fauna del medio y representan deterioro para los cuerpos de agua ([INVEMAR, 2016f](#)).



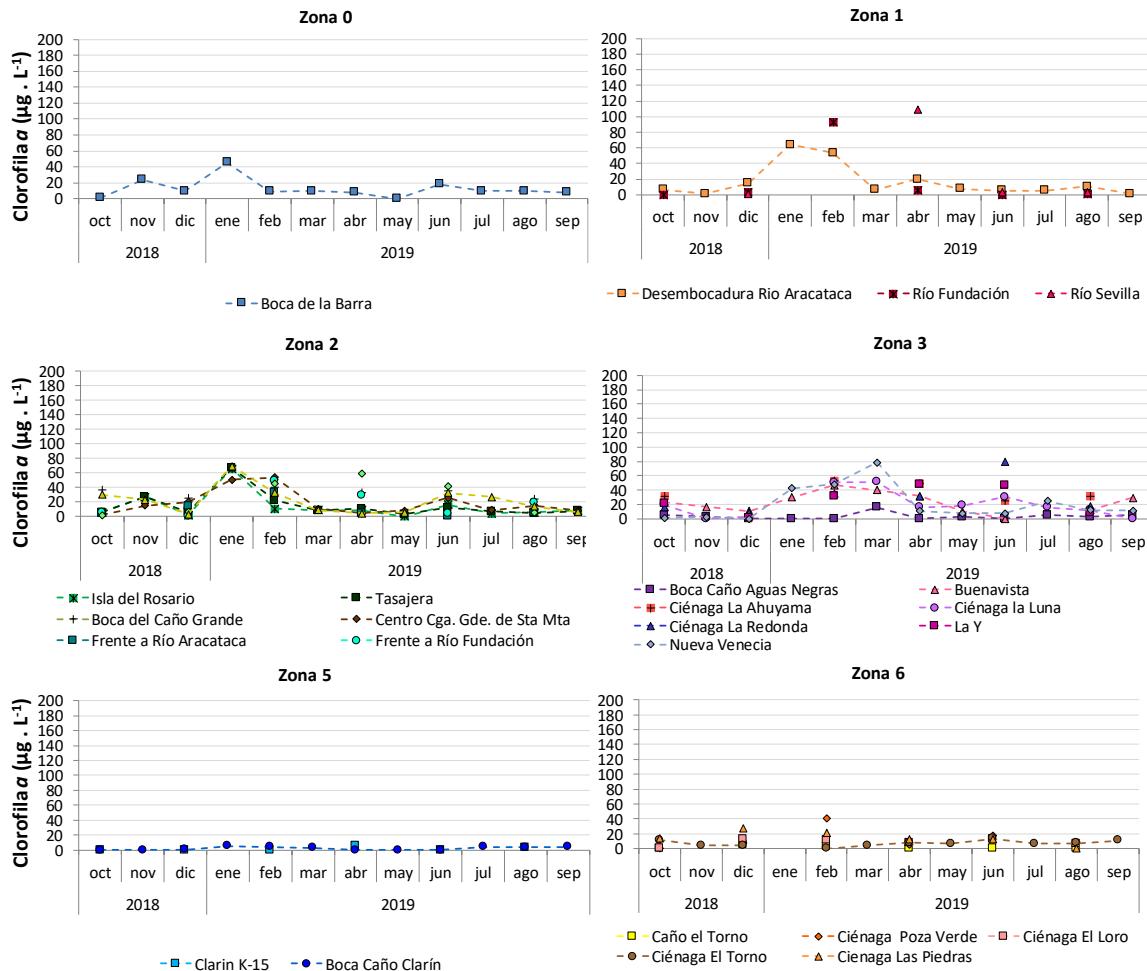
**Figura 4.1-10. Registro histórico (1993 - 2019) del oxígeno disuelto (mg O<sub>2</sub>/L) promedio del agua superficial en seis zonas de la CGSM. Puntos naranjas representan la época seca y puntos azules la época lluviosa. Líneas verticales representan la desviación estándar. Línea horizontal roja representa el límite mínimo permisible para preservación de flora y fauna (4,0 mg O<sub>2</sub>/L; [MinAmbiente, 2015](#)).**

#### 4.1.1.2 Clorofila a

La biomasa generada a partir de microalgas origina compuestos biológicamente activos tales como la clorofila, que es una molécula producida de forma integral en estos microorganismos, la cual hace parte de un grupo de sustancias similares tales como clorofila a,b,c y d, siendo la clorofila a la estructura más abundante e importante del grupo, ya que corresponde aproximadamente al 75% de los pigmentos verdes encontrados en la naturaleza ([Streit et al., 2015](#)).

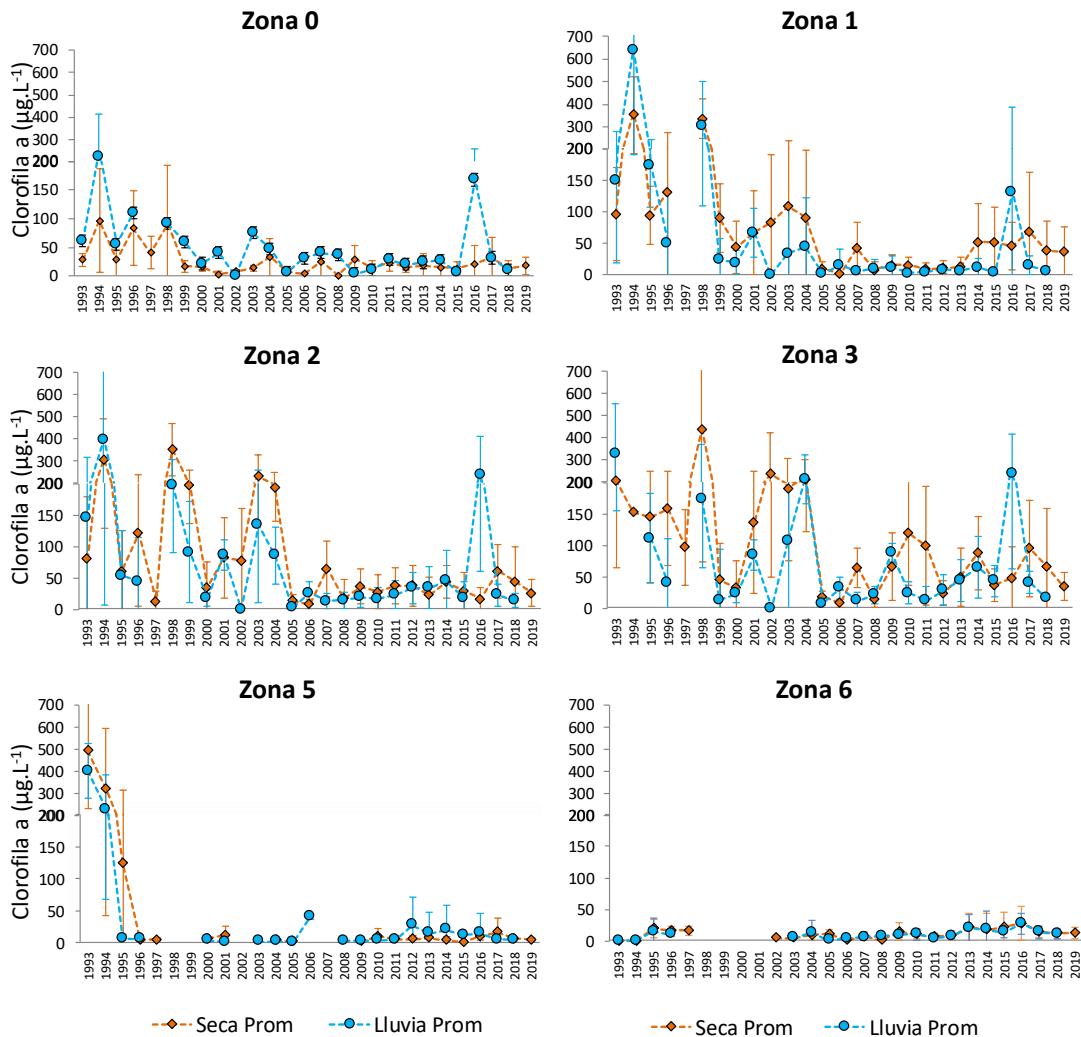


Las mayores concentraciones de clorofila *a* coinciden con las bajas precipitaciones durante los primeros meses del año ([IDEAM, 2019](#)). La estación Río Sevilla ubicada en la Zona 1, presentó la más alta concentración de Clorofila *a* (109 µg/L, abril) y fue el único registro que superó los 100 µg/L, valor considerado alto para aguas estuarinas ([Fraile et al., 1991](#)), se observa además que este valor coincide con el registro más alto de fosfato (405 µg P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/L) y de SST (54,8 mg/L); el fosforo es un factor clave para la regulación de la productividad primaria, por lo cual pudo relacionarse con el aumento en la concentración de clorofila *a* ([Mancera et al., 2013](#)). Este nutriente pudo ingresar a la columna de agua por procesos de mineralización de materia orgánica y resuspensión del sedimento o por descargas de aguas residuales domésticas de las poblaciones riverenñas ([Betancourt et al., 2011](#)). Cabe destacar que en los primeros 5 meses del año, la cuña salina ingresó a los ríos haciendo que el agua del río se estancara y formara un lugar propicio para la proliferación de microalgas, dados los nutrientes de la zona. Dicha situación desencadenó la mortandad de peces registrada en febrero, en la cual INVEMAR atendió con el Grupo de Atención a Emergencias Ambientales Marinas – GAMA Marinas – GAMA y mediante el concepto CPT-CAM-002-19 se atribuyó a bajas de oxígeno disuelto por eutrofización del sistema ([INVEMAR, 2019b](#)). Las zonas 5 y 6 mostraron la menor variabilidad mensual, la zona 5 fue la única zona que no se clasificó en ningún mes como sistema eutrófico, de acuerdo con la clasificación de Esteves (1998) (En: [Ramírez-Restrepo et al., 2018](#)), las demás zonas por lo menos en un mes presentaron clasificación de sistema eutrofizado. Entre las estaciones que sobrepasaron los 40 µg/L se encuentran Boca de la Barra (45,4 µg/L en enero) (Zona 0), Desembocadura del Río Aracataca (64,1 µg/L en enero) (Zona 1), Rinconada (69,4 µg/L en enero) (Zona 2), Isla del Rosario (65,4 µg/L en enero), Centro CGSM (53,4 µg/L en enero) (Zona 2) y Ciénaga Poza Verde (40,0 µg/L en febrero) (Figura 4.1-11) registradas en época de bajas precipitaciones ([IDEAM, 2019](#)).



**Figura 4.1-11 Concentraciones de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) en el agua superficial de las seis zonas de la CGSM, durante el monitoreo octubre 2018 - septiembre 2019. Las barras corresponden al valor de referencia (100  $\mu\text{g/L}$ ) ([Fraile et al., 1991](#)).**

Desde el año 2005, las concentraciones más bajas de clorofila a y con menor variabilidad, se han presentado en las Zonas 5 y 6 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Las mayores concentraciones se han registrado en las estaciones ubicadas en las Zonas 1, 2 y 3 en época seca ([IDEAM, 2019](#)); esto puede asociarse con el bajo movimiento del agua que genera un aumento en la biomasa fitoplanctónica ([Salgado, 2014](#); [INVEMAR, 2019](#)). Además, estas Zonas se ven influenciadas por la entrada de aguas residuales sin tratamiento a través de los ríos afluentes (Zona 1 y 3) y las poblaciones palafíticas Isla del Rosario (Zona 2), Nueva Venecia y Buenavista (Zona 3), lo cual se refleja en que presentan también las mayores concentraciones de nutrientes específicamente de amonio en las Zonas 1, 2 y 3 (Figura 4.1-17), fosfato en las Zonas 1 y 3 (Figura 4.1-21) y nitrato en las Zonas 1, 2, y 3 (Figura 4.1-19), lo cual favorece el incremento de la biomasa fitoplanctónica.

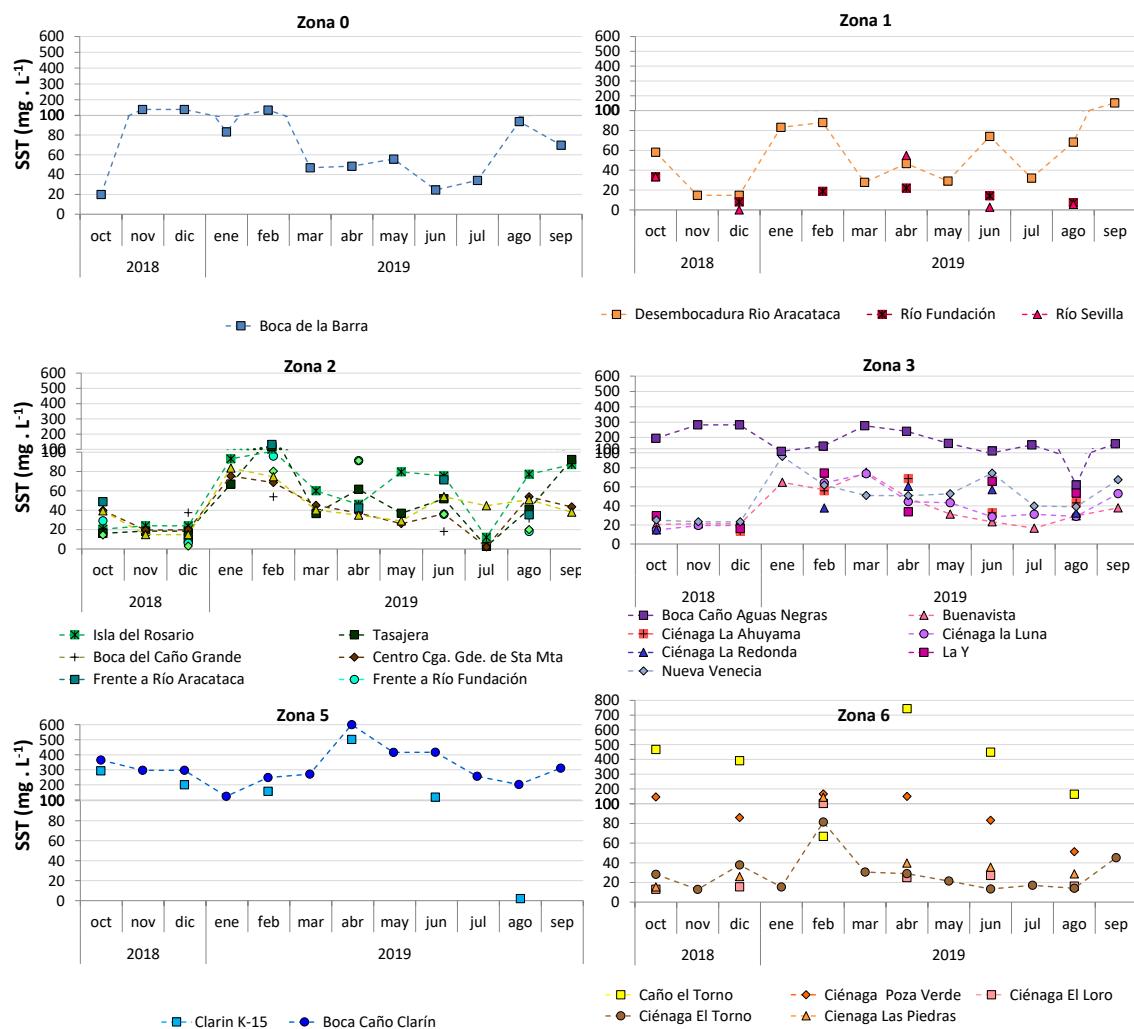


**Figura 4.1-12 Valores históricos de clorofila a del agua superficial en las seis zonas de la CGSM, desde 1993 hasta la época seca de 2019. Las líneas naranjas representan el promedio en la época seca y las líneas azules el promedio en la época lluviosa. Las barras corresponden a la desviación estándar.**

#### 4.1.1.3 *Solidos suspendidos totales*

Los sólidos suspendidos totales (SST) constituyen un indicador global de carga contaminante presente en el sistema, debido a que diferentes microcontaminantes se fijan a los sólidos, de manera que su acumulación se encuentra sujeta su tamaño ([Torres et al., 2013](#)). En el proceso de erosión, las partículas del suelo del tamaño de la arena se depositan en el fondo del cuerpo de agua con relativa facilidad, mientras que la arcilla y los limos, debido a su menor tamaño, se mantienen en suspensión durante más tiempo, lo cual genera aumentos en las concentraciones de sólidos suspendidos totales ([Isidro et al., 2017](#)). Altas concentraciones de sólidos suspendidos totales afectan la calidad del agua, debido a que tienen un efecto de atenuación de la luz en la columna de agua y por ende en la producción primaria del plancton ([Chen et al., 2015](#)).

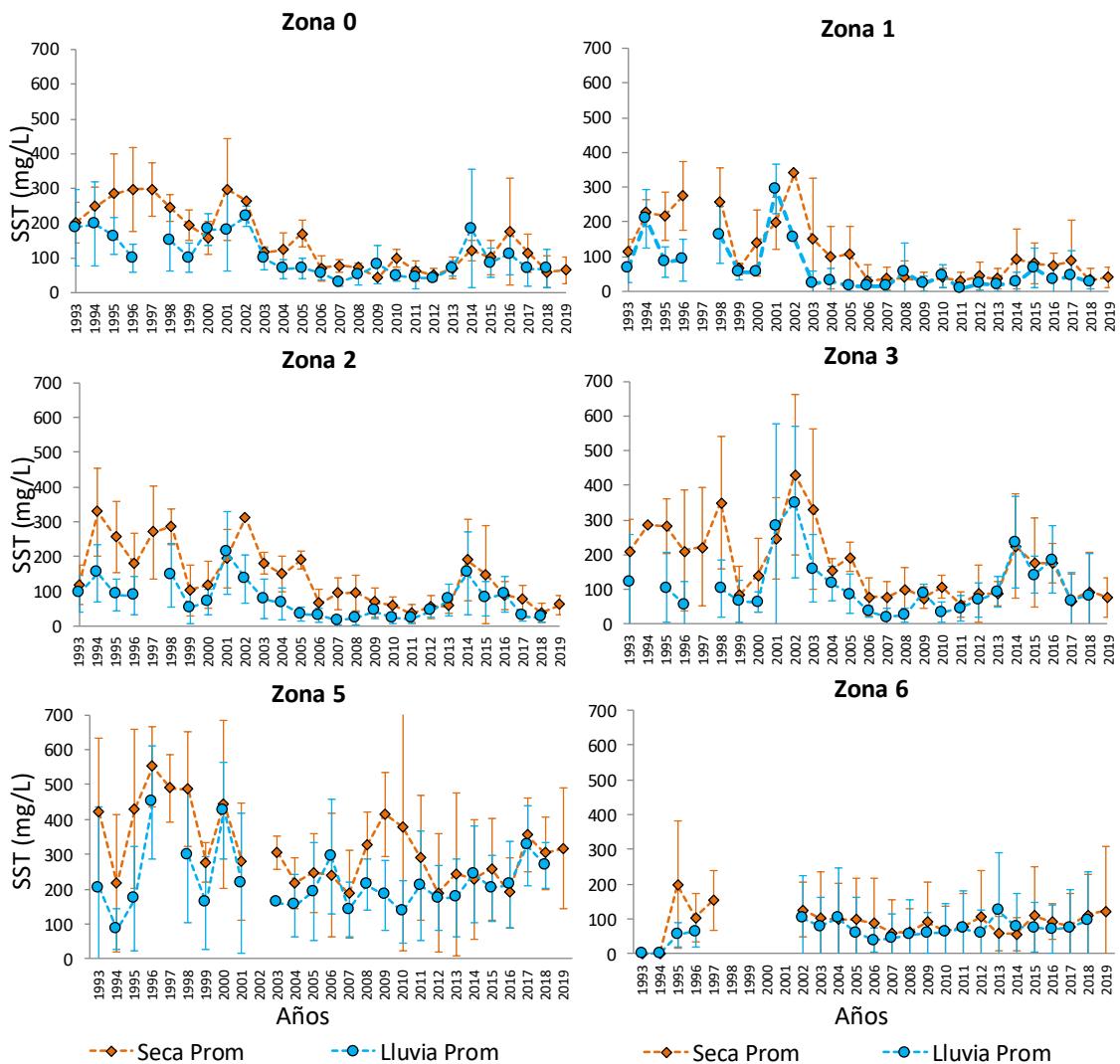
Las concentraciones más altas de sólidos suspendidos totales se presentaron en las estaciones con influencia directa del río Magdalena. Tomando como referencia la clasificación de calidad de agua para SST propuesta por CONAGUA ([2015](#)), en la estación Boca Caño Clarín, el 33 % de los meses se clasificó como fuertemente contaminada ( $SST > 400$ ) y el 58 % como contaminada ( $150 < SST \leq 400$ ). Las mayores concentraciones de SST se registraron en el mes de abril en las estaciones Boca Caño Clarín, Clarín K-15 (Zona 5) y Caño El Torno (Zona 6), correspondientes a 600 mg/L, 502 mg/L y 744 mg/L, respectivamente. Estos valores correspondieron a aguas superficiales fuertemente contaminadas y muestran la influencia clara del Río Magdalena que está afectado por las actividades antropogénicas, entre ellas la deforestación y posterior erosión, debido al aumento en el uso de tierras para la industria agrícola, ocasionando que durante los últimos años los principales afluentes del Magdalena hayan aumentado la carga de sedimentos y por ende se incremente el transporte de sólidos suspendidos totales en el Río ([Restrepo y Escobar, 2018](#)) (Figura 4.1-13).



**Figura 4.1-13. Sólidos suspendidos totales (mg/L) medidos en el agua superficial en las seis zonas de la CGSM, durante el monitoreo octubre 2018-septiembre 2019.**

El registro histórico muestra que las concentraciones de sólidos suspendidos totales más altas han estado en la Zona 5 que está influenciada principalmente por el aporte del Río Magdalena, donde el agua se ha clasificado históricamente entre contaminada y fuertemente contaminada, superando los 150 mg/L establecidos por [Conagua \(2015\)](#). Se observa que la variabilidad de resultados entre los promedios de la época seca y época de lluvias ha disminuido en las diferentes zonas de estudio (Figura 4.1-14).

La zona 6 presenta la menor variabilidad del promedio SST en la época seca y lluvias en el tiempo con respecto a las demás zonas. Sin embargo, la desviación estándar aumenta con los datos de concentraciones presentadas en la estación Caño el torno, por donde ingresa agua proveniente del Río Magdalena al complejo Lagunar y que se encuentra por encima de los valores que se observan en las demás estaciones de la misma zona (6) (Figura 4.1-14).



**Figura 4.1-14.** Valores históricos de sólidos suspendidos totales ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) del agua superficial en las seis zonas de la CGSM, desde 1993 hasta 2019. Las líneas naranjas representan la época seca y las líneas azules la época lluviosa. Las líneas verticales representan la desviación estándar.

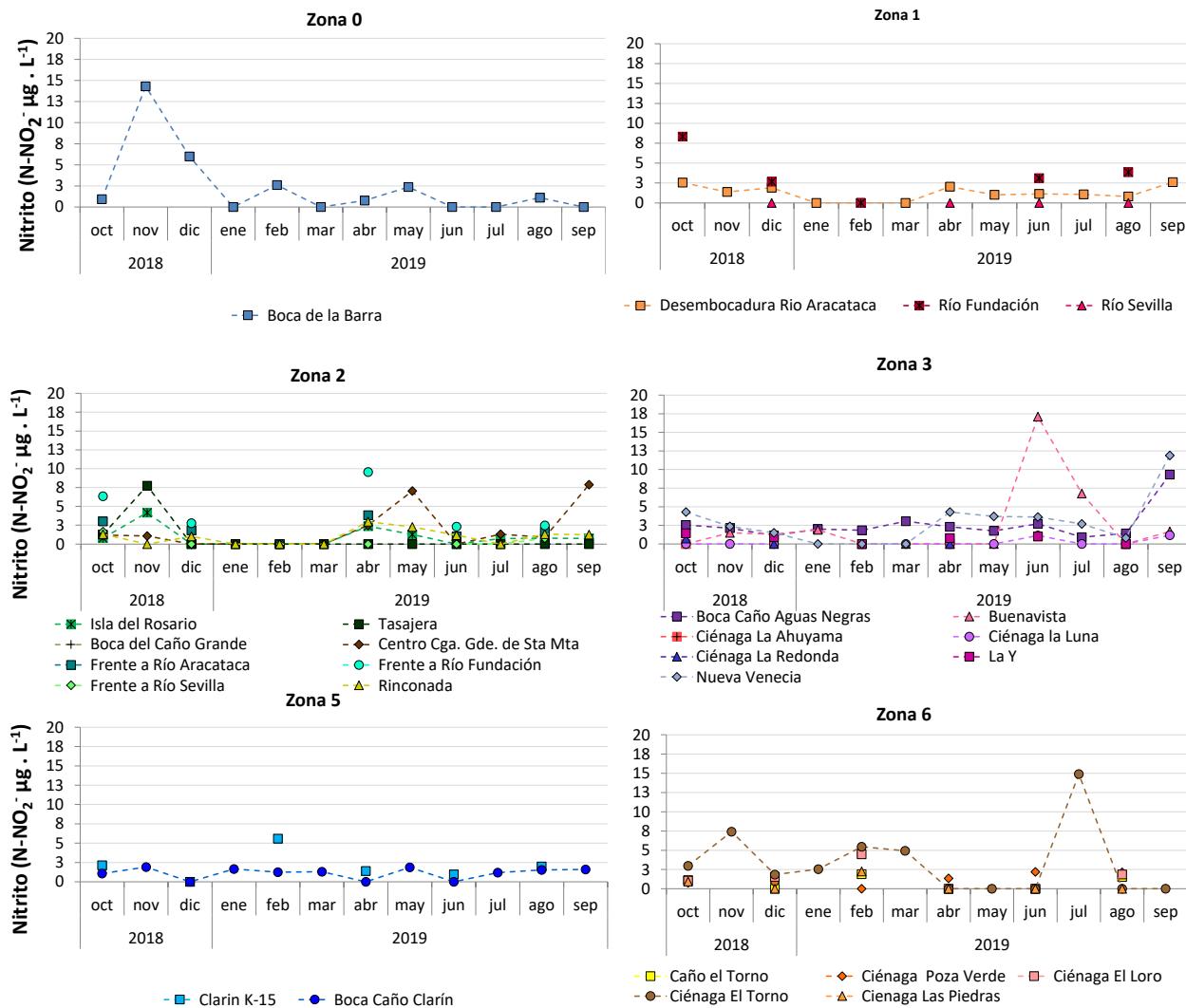


#### 4.1.1.4 Nutrientes inorgánicos disueltos

##### Nitritos

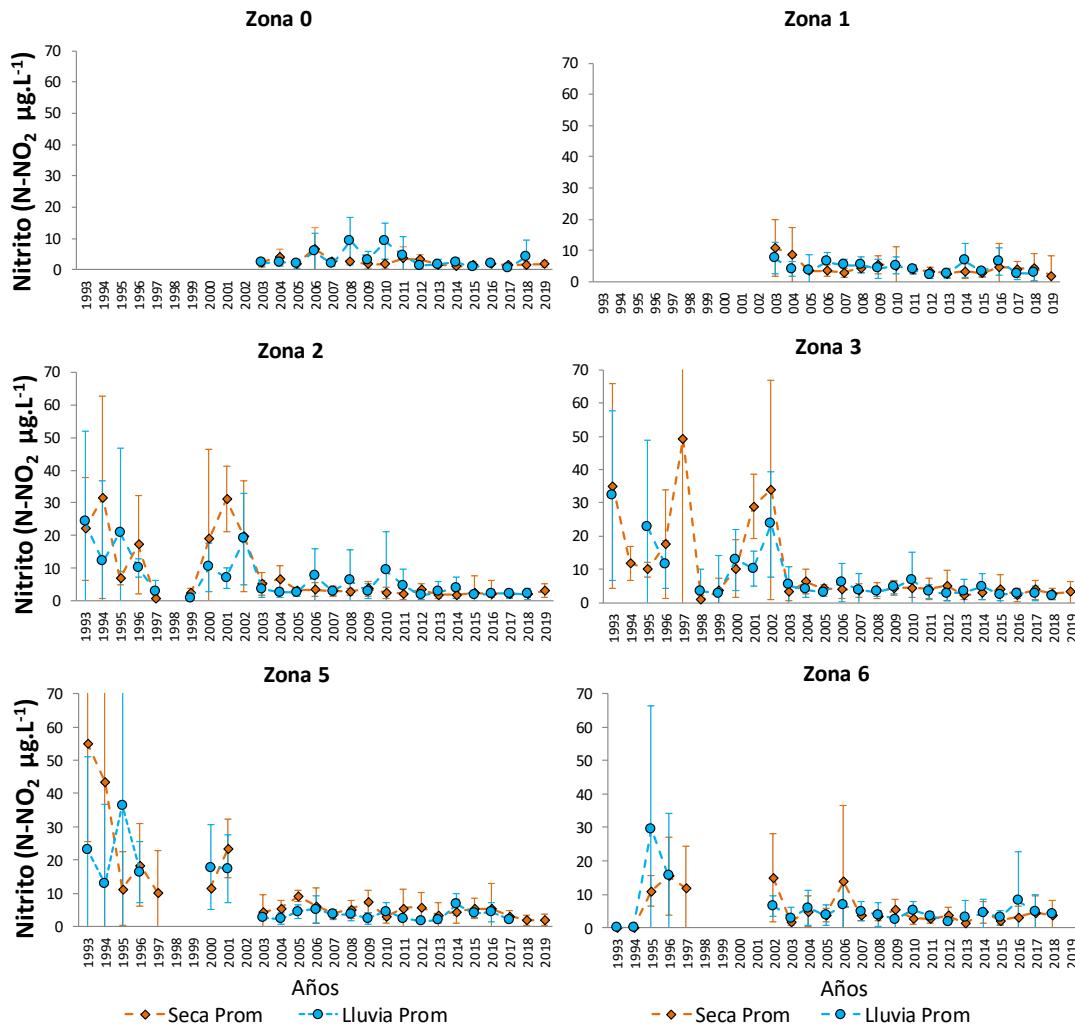
Los estuarios son zonas de transición que conectan las aguas dulces ricas en nutrientes, con las aguas marinas, a su vez están influenciados por las descargas terrestres. Entre los diversos nutrientes en los sistemas estuaria, el nitrógeno ha ganado especial atención debido al aumento de los problemas ambientales asociados con él y los complejos procesos involucrados en sus transformaciones. Los nitritos se producen en las primeras etapas de los procesos de nitrificación y desnitrificación y constituyen el 50 % del nitrógeno disuelto de origen antropogénico en los estuarios ([Vipindas et.al., 2018](#)), en altas concentraciones, los nitritos puede ser tóxico para los ecosistemas acuáticos, siendo un factor potencial inductor de estrés oxidativo en los organismos ([Gaoa et al., 2019](#))

Las concentraciones más elevadas de nitritos se presentaron en las estaciones Boca de la Barra (Zona 0) (14,3 µg N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/L) en el mes de noviembre en época de precipitaciones altas ([IDEAM, 2019](#)), en la estación Buenavista (Zona 3) (17,1 µg N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/L) en el mes de junio y en Ciénaga El Torno (Zona 6) (14,9 µg N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/L) en el mes de julio (Figura 4.1-15). En las estaciones Boca de la Barra y Buenavista se observa un claro descenso de la salinidad, por lo cual se infiere que el aumento de la concentración del ion nitrito es producto de aportes de nitrógeno por escorrentías ([Mancera et al., 2013](#)).



**Figura 4.1-15. Concentraciones de Nitritos ( $\mu\text{g N-NO}_2^- / \text{L}$ ) en el agua superficial de las seis zonas de la CGSM, durante el monitoreo octubre 2018 - septiembre 2019.**

Desde el 2003, los promedios históricos de nitritos no muestran una variabilidad relacionada con la época climática, además se ha observado a partir de ese año una disminución en las concentraciones de este nutriente, en las Zonas 2, 3 y 5, manteniéndose por debajo de  $10 \mu\text{g N-NO}_2^- / \text{L}$ , lo cual puede relacionarse con los cambios en el flujo de agua dulce debido a las obras hidráulicas realizadas entre los años 1997-1999 y sus mantenimientos que se vienen realizando desde el 2001 ([INVEMAR, 2005](#); Figura 4.1-16).



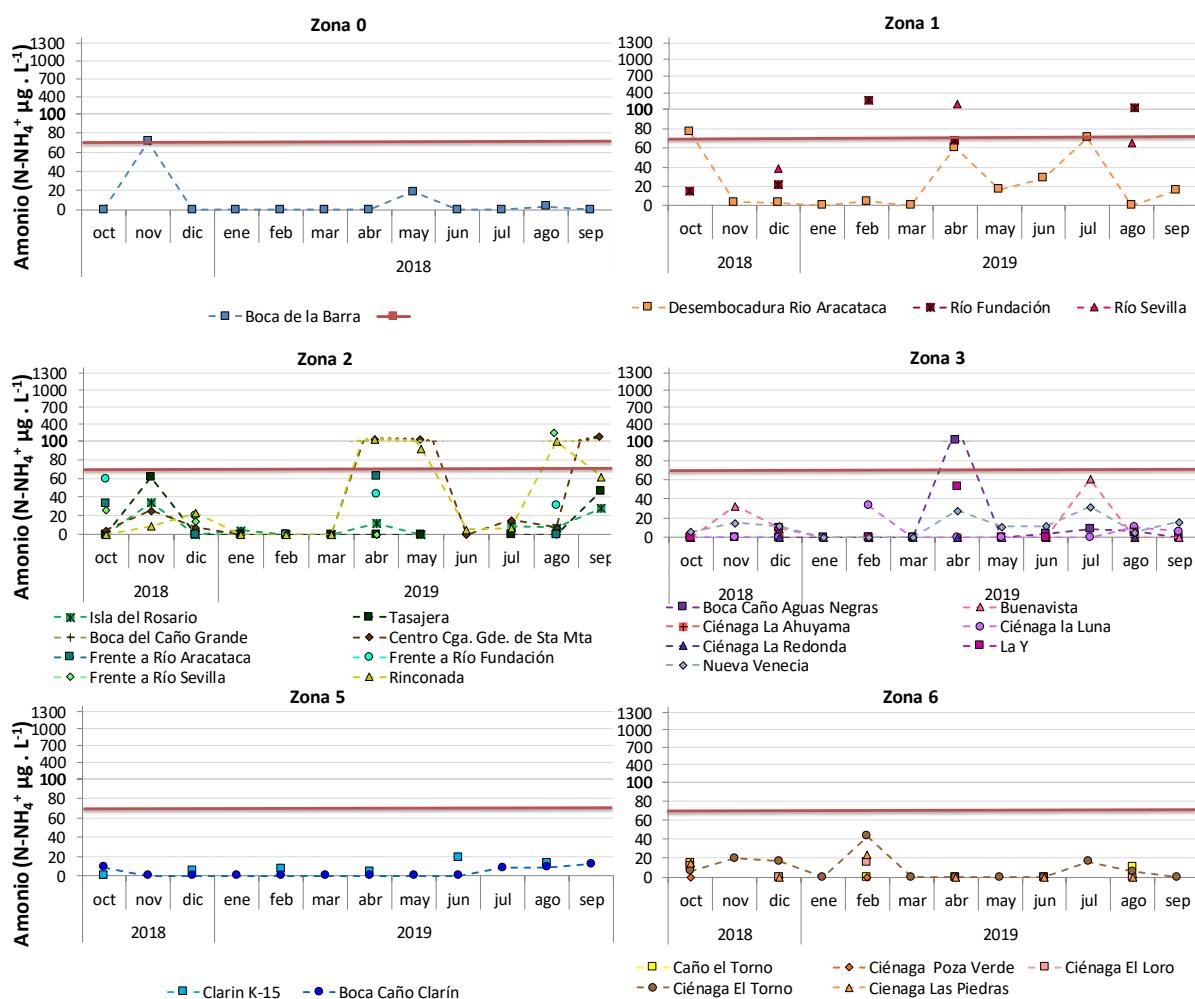
**Figura 4.1-16. Valores históricos de la concentración de Nitritos ( $\mu\text{gN-NO}_2/\text{L}$ ) en el agua superficial de las seis zonas de la CGSM, desde 1993 hasta septiembre de 2019. Las líneas naranjas representan la época seca y las líneas azules la época lluviosa. Las barras corresponden a la desviación estándar.**

### Amonio

El amonio es encontrado en el ambiente acuático como producto de la descomposición de la materia orgánica o como producto del metabolismo de proteínas por parte de microorganismos; las bacterias nitrificantes convierten el amonio en nitratos y este es preferido y asimilado por macrofitas, cianobacterias y fitoplancton, constituyéndose en un estimulante de la productividad primaria en las comunidades planctónicas, por lo tanto, una concentración excesiva de amonio puede estimular sucesos como florecimientos algales propios de sistemas eutrofizados ([O'Connor et al., 2014](#)).

Las concentraciones de amonio más altas se presentaron en las estaciones de muestreo Río Fundación (262  $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$  en febrero y 115  $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$  en agosto) y Río Sevilla (182  $\mu\text{g N- NH}_4^+/\text{L}$

en abril) ubicadas en la Zona 1; y en Rinconada (146  $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$  en abril) y Centro CGSM (139  $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$  en abril y 133  $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$  en mayo), (Zona 2), y Boca Caño Aguas Negras (116  $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$  en abril) ubicadas en la Zona 3 (Figura 4.1-17). Estos registros superaron el valor considerado típico en estuarios poco contaminados (70  $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$ ) ([Fraile et al., 1991](#)). Es importante confirmar si las concentraciones de ion amonio encontradas en los ríos de la SNSM y en el Caño Aguas Negras se deben a procesos de fertilización antropogénica del suelo para cultivos que por escorrentía son llevadas a la matriz acuosa.

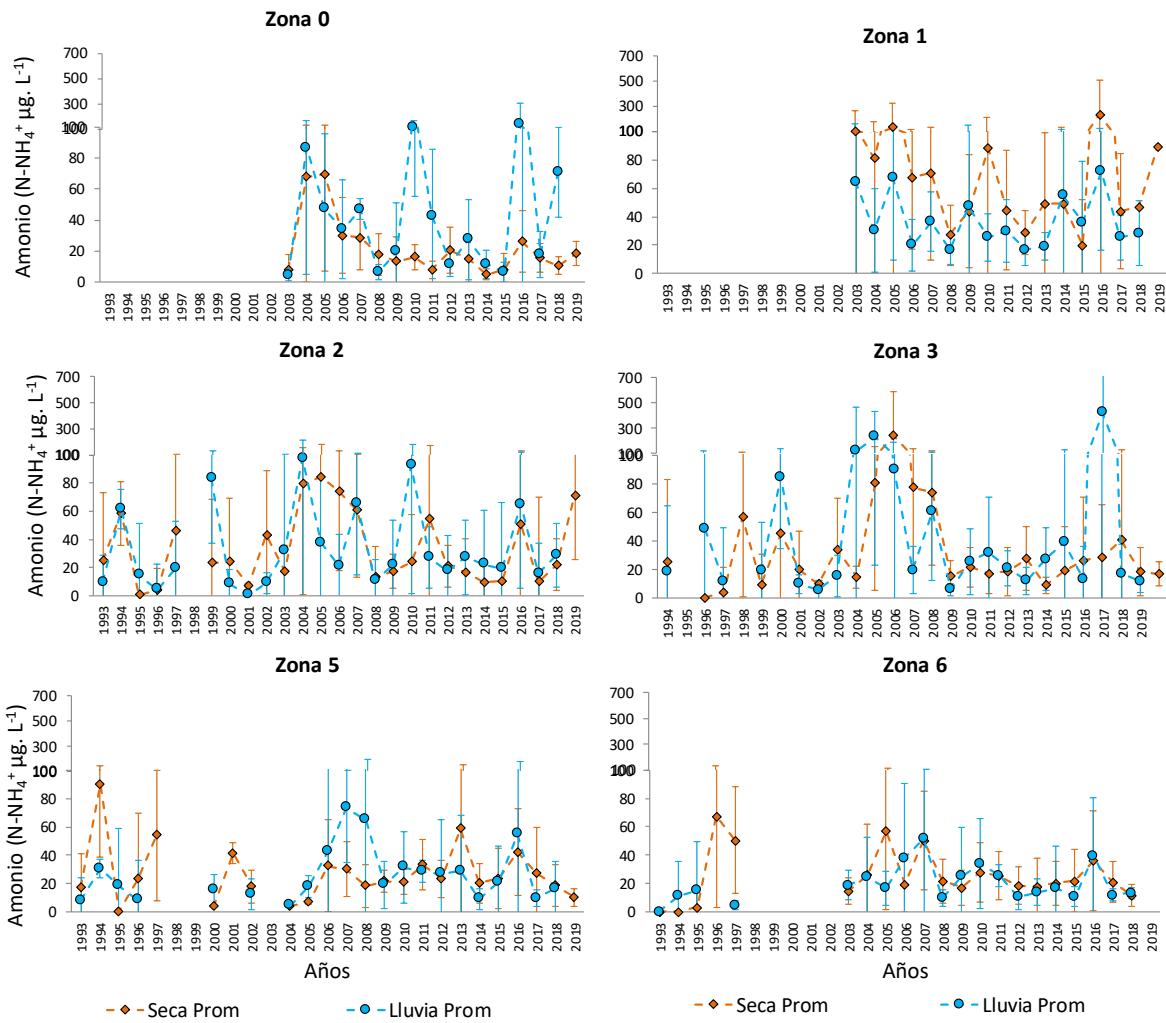


**Figura 4.1-17.** Concentraciones de Amonio ( $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$ ) en el agua superficial de las seis zonas de la CGSM, durante el monitoreo octubre de 2018 - septiembre de 2019. Línea horizontal roja representa el valor considerado típico en estuarios poco contaminados (70,0;) ([Fraile et al., 1991](#)).

Los promedios históricos más altos del ion amonio se han registrado en la Zona 3, en la cual se encuentran las estaciones Buenavista, Nueva Venecia y Boca Caño Aguas Negras, influenciadas por residuos vertidos de manera directa, sin embargo, a partir de 2009 el promedio de esta zona ha



estado por debajo de  $40 \mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$ , con la excepción de la época de lluvias de 2017. Se evidencia que en el 2019 hubo un aumento en las concentraciones de amonio respecto al año anterior en las Zonas 1 y 2 (Figura 4.1-18).



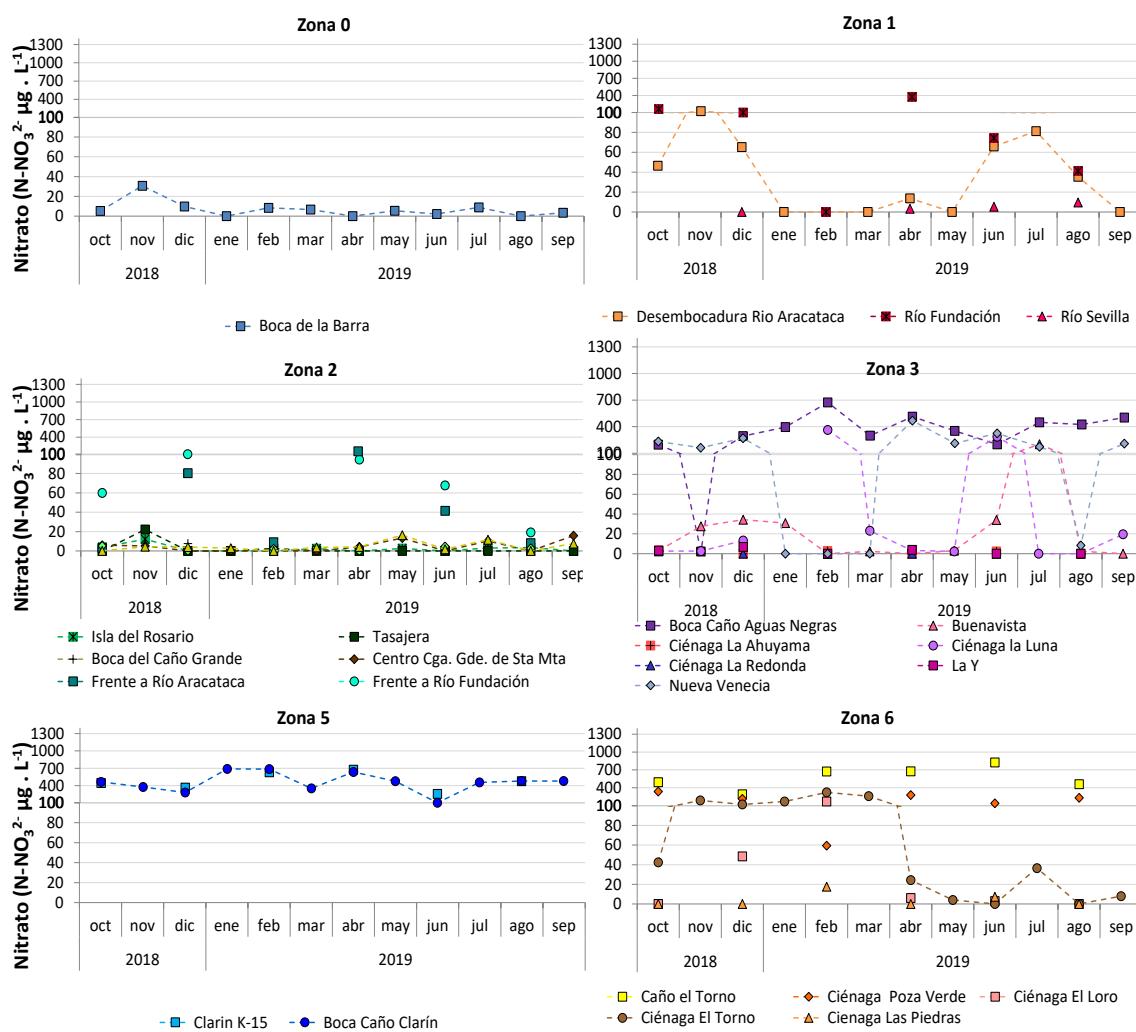
**Figura 4.1-18.**Valores históricos de las concentraciones de amonio ( $\text{N-NH}_4^+ \mu\text{g/L}$ ) en el agua superficial de las seis zonas de la CGSM, desde 1993 hasta septiembre de 2019. Los rombos naranjas representan la época seca y los círculos azules la época lluviosa. Las barras corresponden a la desviación estándar.

### Nitratos

El nitrato es un nutriente que se encuentra asociado a procesos de erosión y escorrentía, el cual está disponible para el crecimiento del fitoplancton a través del proceso de asimilación ([Wang et al., 2017](#)). Las concentraciones más altas de nitratos se encontraron en Caño El Torno ( $675 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$  en abril y  $823 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$  en junio) estación ubicada en la Zona 6, Boca Caño Clarín ( $688 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$  en enero y  $686 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$  en febrero) ubicada en la Zona 5, Boca Caño Aguas Negras ( $513 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$  en marzo y  $512 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$  en mayo).



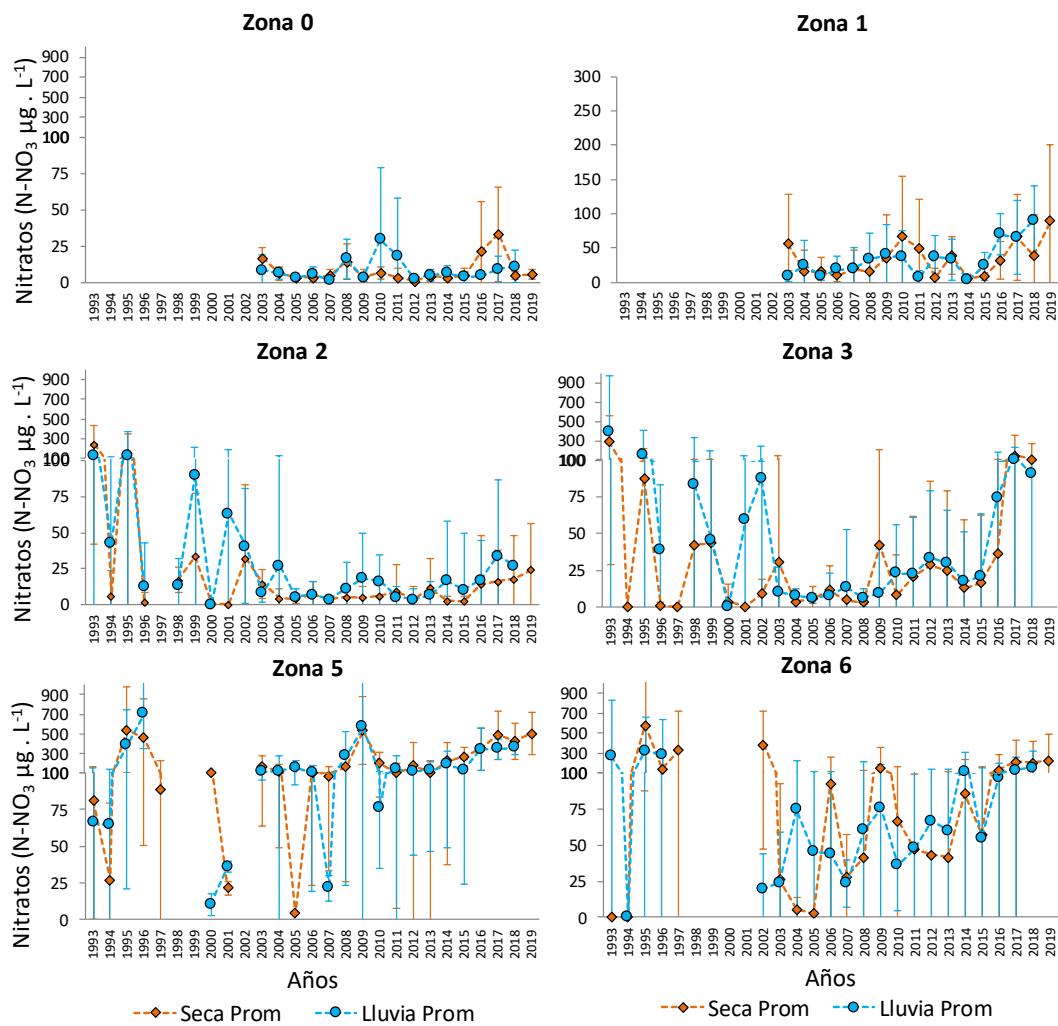
$\text{NO}_3^-/\text{L}$  en abril y  $> 400 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$  entre julio y septiembre) en la Zona 3, y Río Fundación ( $374 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$  en abril) en la Zona 1 (Figura 4.1-19). Estas altas concentraciones se deben principalmente a la influencia del río Magdalena en las Zonas 3, 5 y 6, y de los ríos de la vertiente occidental de la SNSM en la Zona 1, ya que aportan cantidades considerables de nutrientes debido a las diversas actividades antropogénicas. Cabe resaltar la importancia del monitoreo de estas zonas, ya que el aporte excesivo de nitrato terrestre produce floraciones de algas nocivas que alteran el medio ([Wang et al., 2017](#)).



**Figura 4.1-19. Concentraciones de Nitratos ( $\mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$ ) en el agua superficial de las seis zonas de la CGSM, durante el monitoreo octubre de 2018-septiembre de 2019**

Los registros históricos presentan tendencia de aumento en las Zonas 1, 3, 5 y 6 (Figura 4.1-20), lo cual para las zonas 3, 5 y 6 se puede relacionar con el mantenimiento y apertura de caños que conectan la Ciénaga con el río Magdalena, el cual transporta concentraciones de ion nitrato por

encima de  $100 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$ . Cabe destacar que los valores de nitratos en el 2019 no han superado los promedios máximos históricos, con excepción de la Zona 1 en época seca.

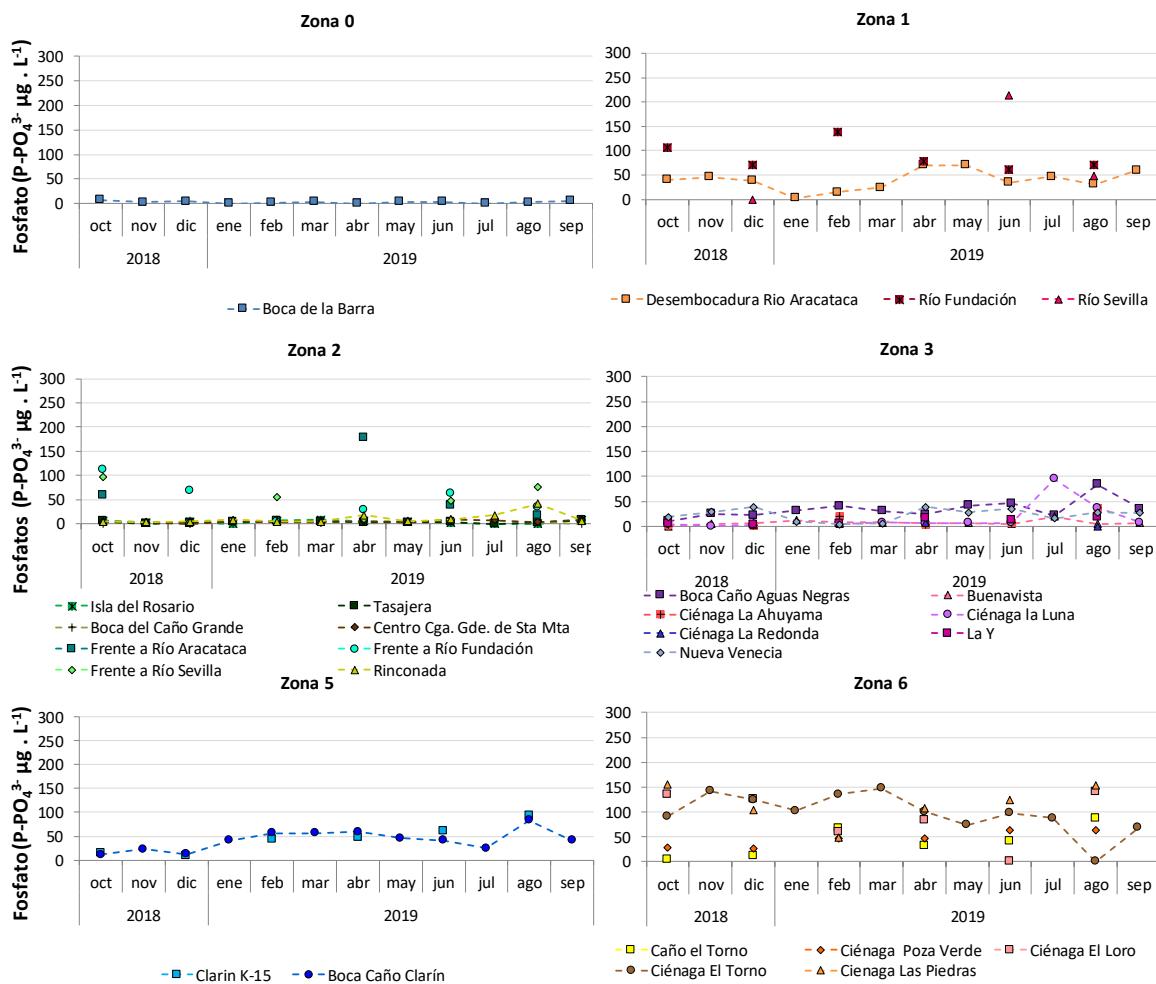


**Figura 4.1-20. Valores históricos de la concentración de Nitratos ( $\mu\text{gN-NO}_3^-/\text{L}$ ) en el agua superficial de las seis zonas de la CGSM, desde 1993 hasta la época seca de 2019. Las líneas naranjas representan la época seca y las azules la época lluviosa. Las barras corresponden a la desviación estándar.**

#### Fosfatos

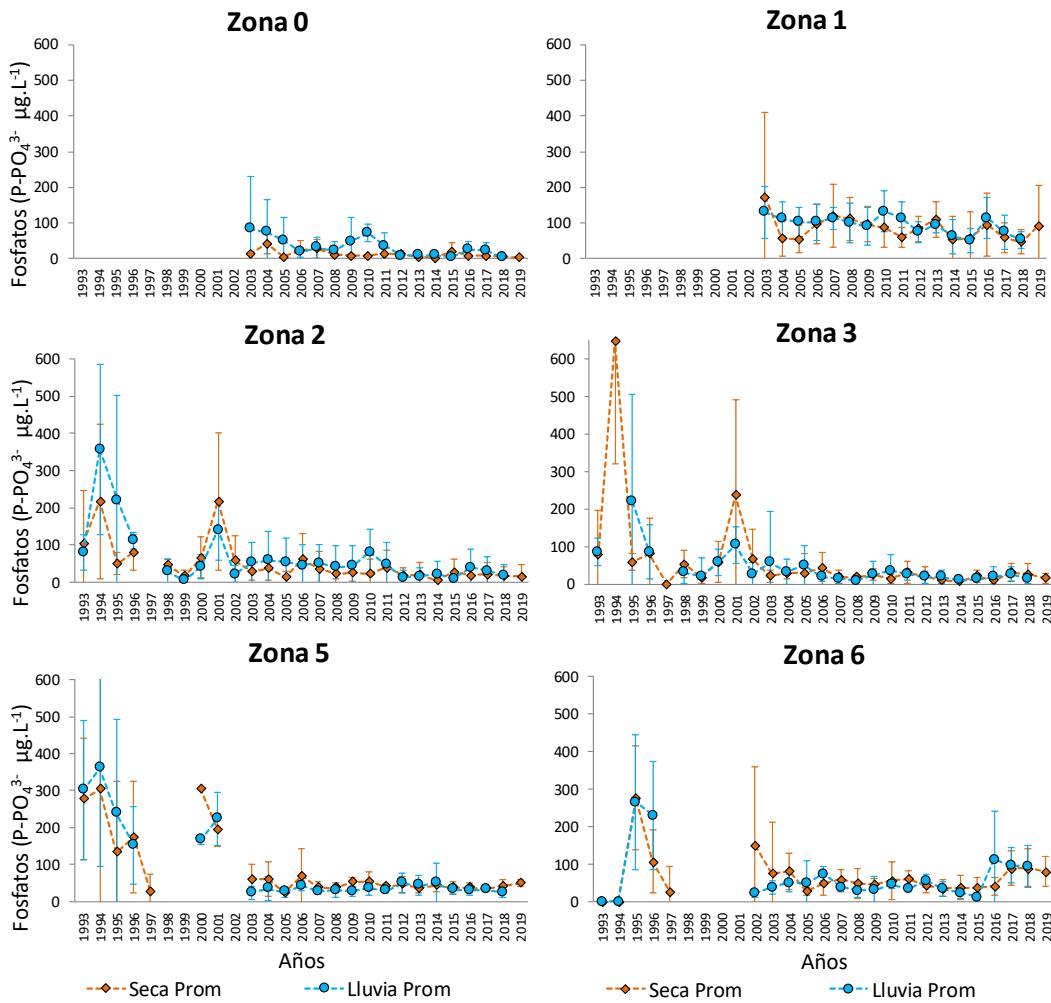
Las concentraciones más altas de fosfatos se presentaron en las estaciones Río Sevilla (Zona 1) (405  $\mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$  en abril) y Boca Caño Clarín (Zona 5) (478  $\mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$  en agosto) (Figura 4.1-21), lo cual se debe a la influencia de la carga contaminante que proviene de los residuos domésticos, agrícolas e industriales, que son vertidos sin tratamiento al río Magdalena y a los ríos provenientes de la SNSM ([Vivas-Aguas et al., 2013](#)). Estas fuentes inducen la contaminación del agua debido a los residuos de detergentes y productos de limpieza que son vertidos al sistema lagunar, los cuales en altas concentraciones generan riesgos para la salud humana, la flora y la fauna acuática. En la zona 1, se

evidencia la elevada concentración de fósforo con respecto a las demás estaciones, incluso por encima de la estación Boca Caño Clarín, cuya concentración de fósforo corresponde al río Magdalena. Ante esta situación es importante revisar la procedencia de las concentraciones de fósforo y evaluar la factibilidad de reducirla.



**Figura 4.1-21. Concentraciones de Fosfatos ( $\mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$ ) en el agua superficial de las seis zonas de la CGSM, durante el monitoreo octubre de 2018-septiembre de 2019.**

En general los registros históricos de las concentraciones promedio de fosfatos muestran pocas variaciones a lo largo del tiempo a excepción de la Zona 6 (Figura 4.1-22) donde las concentraciones han aumentado desde el año 2016 tanto para la época lluviosa como para la temporada seca. No se observan variaciones en los promedios de concentraciones de fosfatos respecto a las anteriores épocas evaluadas (lluviosa 2017 y seca 2018) (Figura 4.1-22).



**Figura 4.1-22. Valores históricos de la concentración de Fosfatos ( $\mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$ ) en el agua superficial de las seis zonas de la CGSM, desde 1993 hasta la época seca de 2019. Las líneas naranjas representan la época seca y las azules la época lluviosa. Las barras corresponden a la desviación estándar.**

## Contaminantes en Aguas, Sedimentos y Organismos

### 4.1.1.5 Comunidades microbiológicas

#### *Coliformes totales y termotolerantes*

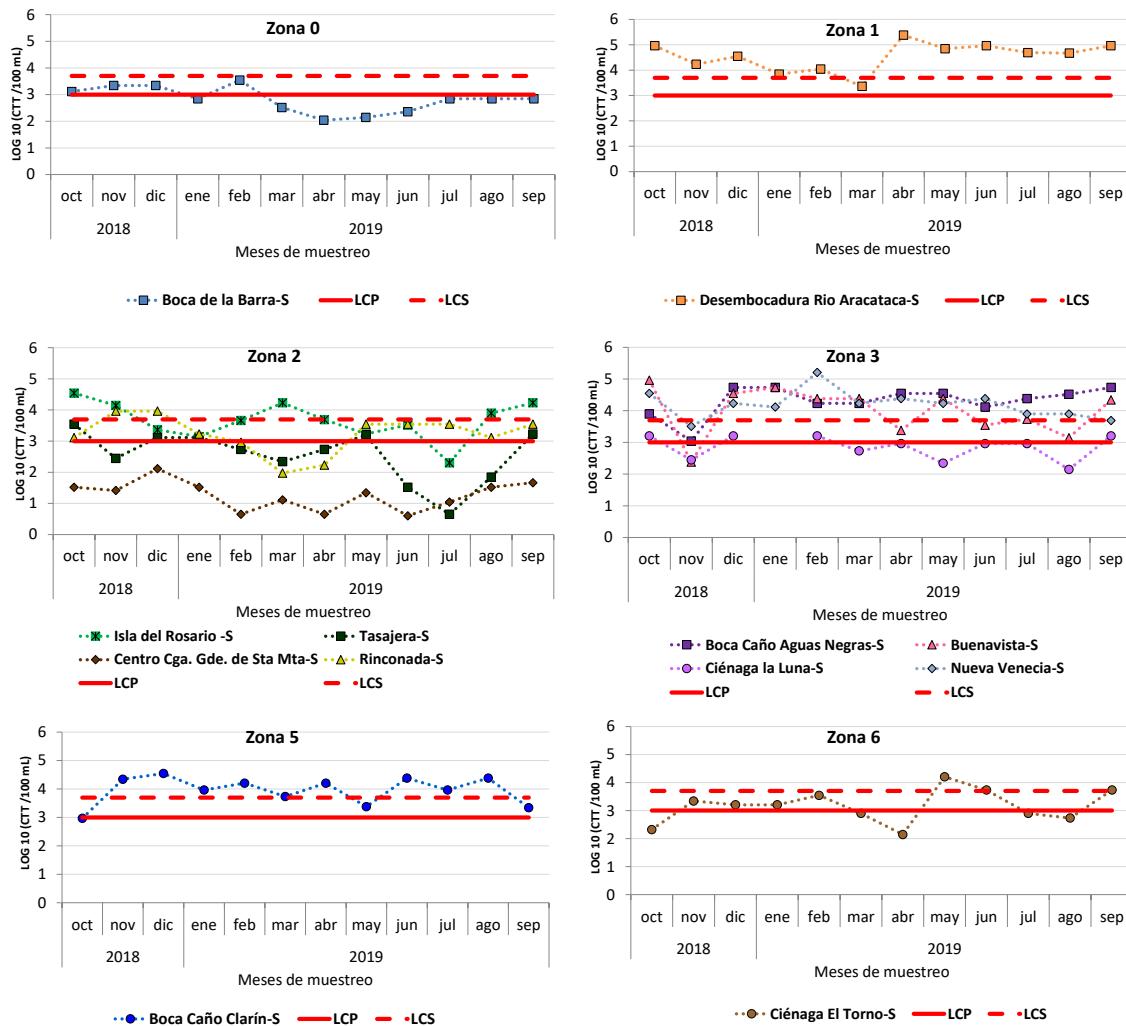
Los coliformes totales y termotolerantes son utilizados ampliamente como indicadores de la calidad sanitaria del agua, ya que constituyen un grupo de bacterias encontradas en heces de humanos y animales de sangre caliente, por lo cual su presencia en altas concentraciones indica contaminación reciente por residuos con contenido fecal ([McGinnis et al., 2018](#)). La contaminación fecal representa una problemática en los ecosistemas acuáticos, siendo la principal fuente de entrada de patógenos



entéricos en cuerpos de aguas marino-costeros, constituyendo un riesgo significativo para las comunidades humanas y la fauna asociada ([Karbasdehi et al., 2017](#)).

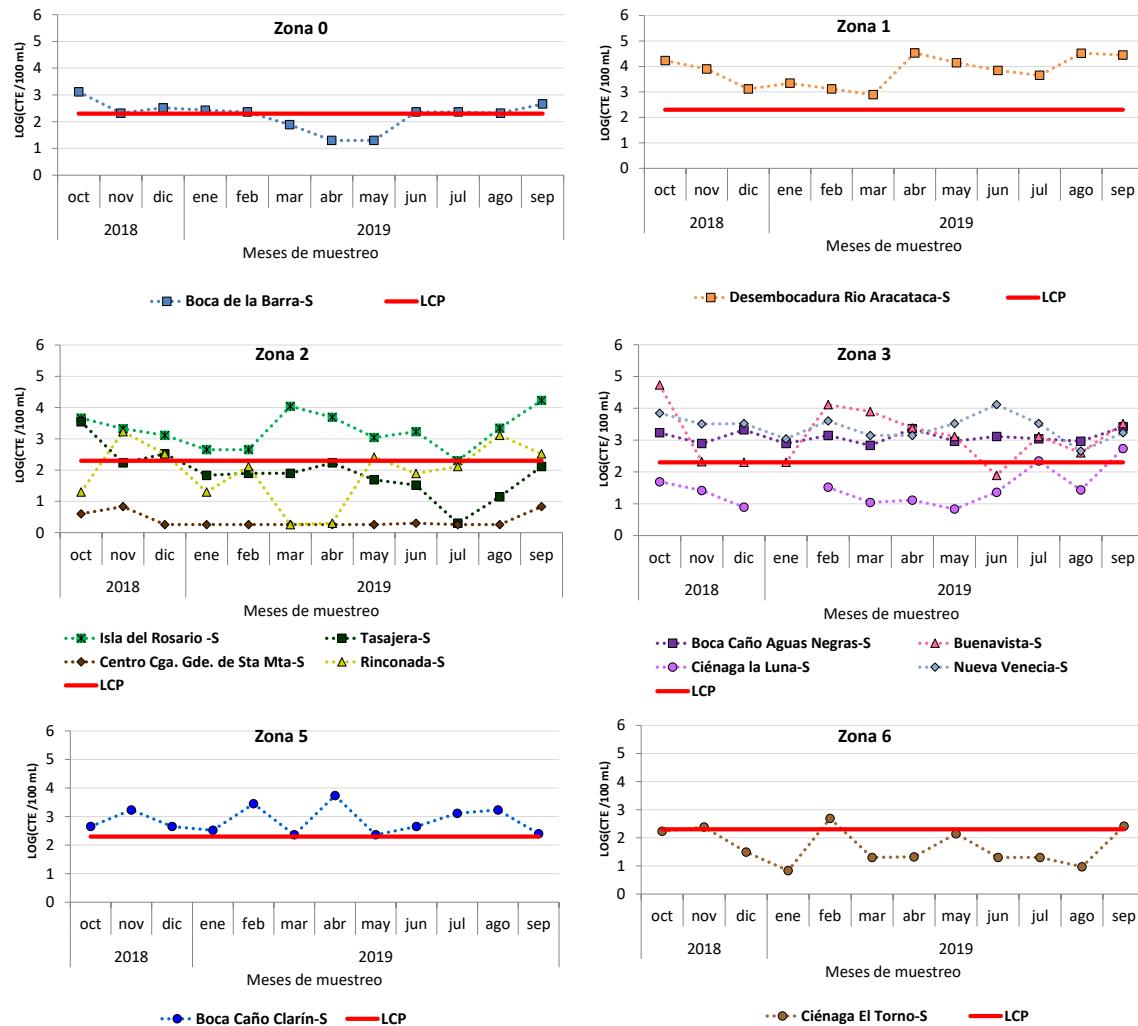
Durante el periodo comprendido entre octubre de 2018 y septiembre de 2019, las concentraciones de coliformes totales en las estaciones evaluadas variaron en un rango entre 4,0 NMP/100 mL (Log 10 = 0,60) y 240.000 NMP/100 mL (Log 10 = 5,38). Este último valor fue registrado en el mes de abril en la Desembocadura del Río Aracataca (Zona 1), estación en la cual once de las mediciones superaron el límite permisible para contacto secundario establecido en la legislación Colombiana (5000 NMP/100 mL; Log 10 = 3,7; [MinAmbiente, 2015](#)) (Figura 4.1-23).

Otras estaciones en las que se evidenciaron de manera recurrente altas concentraciones de coliformes totales fueron Isla del Rosario (Zona 2), Boca Caño Aguas Negras (Zona 3), Nueva Venecia (Zona 3), Buenavista (Zona 3) y Boca Caño Clarín (Zona 5). En estas estaciones predominaron condiciones sanitarias que limitan el uso del agua para actividades de contacto primario en la mayoría (11 meses) o en la totalidad (12) de los meses evaluados, ya que las concentraciones de coliformes superaron el límite permisible para actividades de contacto primario (1000 NMP/100 mL; Log 10 = 3,0; [MinAmbiente, 2015](#)) (Figura 4.1-23).



**Figura 4.1-23. Concentración de coliformes totales en estaciones de la CGSM, durante octubre de 2018 – septiembre de 2019; valores en escala logarítmica. La línea roja continua indica el límite establecido por el decreto 1076 de 2015 para el desarrollo de actividades recreativas de contacto primario (LCP) y la discontinua para actividades recreativas de contacto secundario (LCS), correspondientes a 1000 NMP/100 mL y 5000 NMP/100 mL respectivamente (MinSalud; 1984 en MinAmbiente, 2015), representados en escala logarítmica.**

En cuanto a los coliformes termotolerantes, las estaciones que presentaron condiciones sanitarias más críticas fueron Boca Río Aracataca (Zona 1), Isla del Rosario (Zona 2), Nueva Venecia, Boca Caño Aguas Negras (Zona 3) y Boca Caño Clarín (Zona 5), estaciones en las cuales se registraron por lo menos en once de los meses evaluados concentraciones que superaron el valor mínimo permisible establecido en la legislación colombiana para contacto primario, correspondiente a 200 NMP/100 mL ( $\log_{10} = 2.30$ ; MADS, 2015) (Figura 4.1-24).



**Figura 4.1-24. Concentración de coliformes termotolerantes en estaciones de la CGSM, durante octubre de 2018 – septiembre de 2019; valores en escala logarítmica. La línea roja continua indica el límite establecido por el decreto 1076 de 2015 para el desarrollo de actividades recreativas de contacto primario (200 NMP/100 mL, MinSalud; 1984 en [MinAmbiente, 2015](#)), representado en escala logarítmica.**

Variables como la salinidad, limitan la permanencia y proliferación de los coliformes en los ecosistemas acuáticos marinos y estuarinos ([Gómez et al., 2008](#)), sin embargo, en la estación Boca de la Barra donde se da la conexión continua entre la CGSM y el mar, el mayor valor de salinidad (37,7) registrado en febrero, coincidió con la concentración más alta de coliformes totales (3500 NMP/100 mL, Log 10 = 3,54) reportada para esta estación durante el periodo evaluado. Así, mismo para la estación Boca Río Aracataca, los valores de coliformes totales (240.000 NMP/100 mL, Log 10 = 5,38) y termotolerantes (34.000 NMP/100 mL, Log 10 = 4,53) más altos se presentaron en el mes de abril al igual que el valor de salinidad (19,4), lo anterior evidencia que continuamente ingresan residuos fecales al sistema, impidiendo la recuperación natural del mismo. Los resultados registrados tanto para coliformes totales como para los termotolerantes, reflejan que algunas zonas



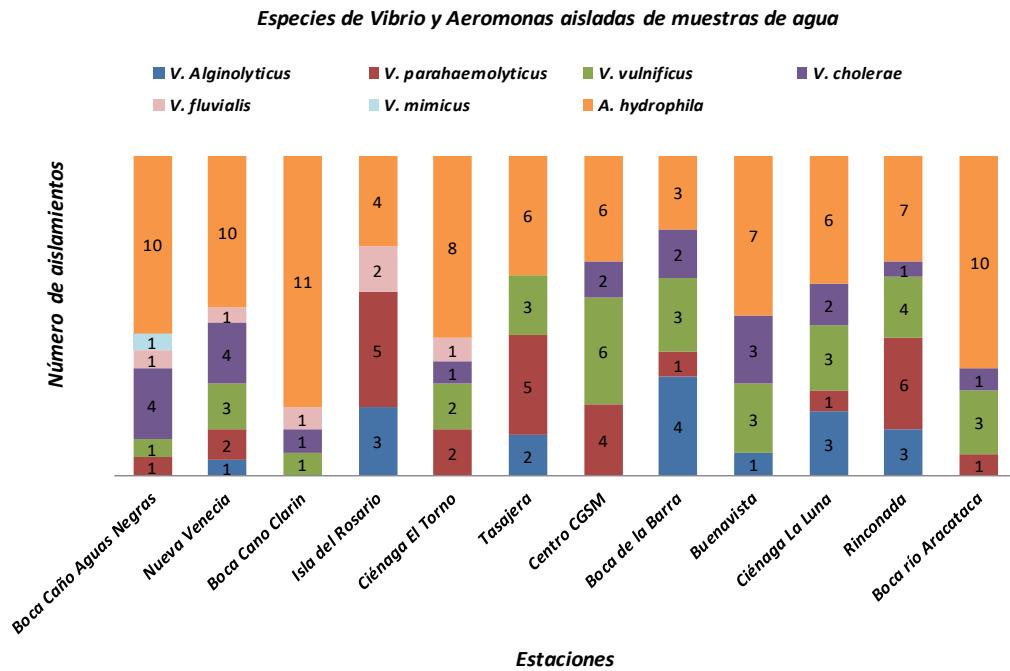
del sistema lagunar presentan permanentemente condiciones inadecuadas para actividades como la natación y la pesca entre otras.

*Vibrio sp.* y *Aeromonas sp.*

En la actualidad las especies de los géneros *Vibrio* y *Aeromonas* han emergido como un problema de salud pública, por ser los agentes etiológicos de enfermedades diarreicas. Varios estudios han reportado especies de estos géneros bacterianos con patologías intestinales y extraintestinales, que se trasmiten por el consumo de alimentos marinos crudos o mal cocinados y por contacto directo con el agua contaminada ([Arcos et al., 2012](#); [Viera et al., 2016](#); [Osunla y Okoh., 2017](#)).

Las especies del género *Vibrio* aisladas e identificadas con mayor frecuencia en las muestras de aguas durante este periodo, fueron *Vibrio vulnificus* y *Vibrio parahaemolyticus*, correspondientes al 35,5% y 26,6% de las cepas identificadas, respectivamente. Por otra parte, también se identificaron cepas de la especie *V. cholerae* no toxigénica (O1), que se aisló en todas las estaciones, excepto Tasajera y predominó en Boca Caño Agua Negras y Nueva Venecia (Figura 4.1-25). Todas las especies aisladas del genero *Vibrio* durante los muestreos, pueden causar síndromes clínicos como gastroenteritis, infecciones por heridas y septicemia, siendo la manifestación clínica más común una gastroenteritis autolimitante ([Plaza et al., 2018](#)).

En cuanto al género *Aeromonas*, la especie *A. hydrophila* fue la única aislada e identificada en todas las estaciones, predominando en Boca Caño Clarín, Boca Río Aracataca y Boca Caño Aguas Negras (Figura 4.1-25). Esta especie bacteriana, ha sido aislada de heces de pacientes con cuadros de diarreas severas, identificándose como el agente causal y su transmisión se ha dado principalmente por el consumo de alimentos de origen marino como los camarones ([Herrera et al., 2002](#); [Escarpulli et al., 2002](#)).



**Figura 4.1-25. Especies de *Vibrio* y *Aeromonas* aisladas por cada estación. Los números en las barras indican el número de cepas por especie identificadas en las estaciones.**

En el músculo de los peces de Lisa (*Mugil incilis*) analizados, se aislaron 42 colonias presuntivas de *Vibrio spp.*, de las cuales se identificaron 35. La especie de *Vibrio* aislada en mayor proporción fue *V. alginolyticus* que correspondió al 37 % de las cepas identificadas (Figura 4.1-26), esta especie es reconocida principalmente como un patógeno para los peces; sin embargo, datos epidemiológicos recientes sugieren un incremento en la incidencia de infecciones humanas, en casos asociados principalmente con otitis e infecciones de heridas y gastroenteritis debido al consumo de alimentos contaminados ([Plaza et al., 2018](#)). También se aislaron *V. parahaemolyticus* (31%) y *V. cholerae* toxigénica (O1) (14,2%) (Figura 4.1-26).

### Especies de *Vibrio* y *Aeromonas* aisladas de peces

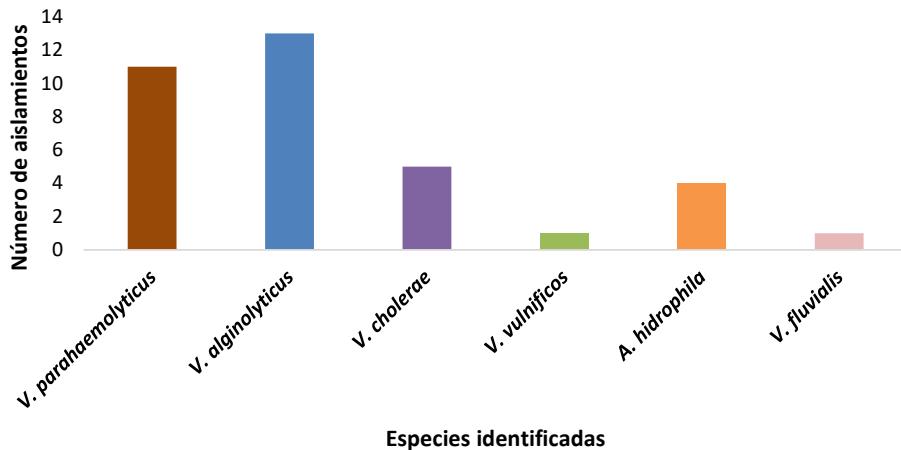


Figura 4.1-26. Especies de *Vibrio* y *Aeromonas* aisladas de peces de la especie *Mugil incilis* (Lisa).

#### 4.1.1.6 Metales Pesados

Los contaminantes como metales pesados son especialmente preocupantes en los ecosistemas acuáticos debido a su toxicidad y capacidad de acumulación ([Rose et al., 1999](#)).

Estos elementos, se liberan constantemente en los sistemas acuáticos de fuentes naturales y antrópicas, como descargas de aguas residuales industriales y domésticas, minería, agricultura, desechos electrónicos, accidentes antrópicos, tráfico de navegación y eventos de cambio climático como las inundaciones ([Gheorgue et al. 2017](#)).

Los metales se disuelven fácilmente en agua y posteriormente son absorbidos por organismos acuáticos como peces e invertebrados, lo que induce una amplia gama de efectos biológicos: desde ser esenciales para las funciones vitales hasta ser letales. A pesar del hecho de que algunos metales son esenciales en bajas concentraciones para los organismos vivos como micronutrientes (Cu, Zn, Fe, Cr) y macronutrientes (Ca, Mg, Na, P, and S), en concentraciones por encima del nivel requerido, pueden provocar efectos tóxicos que perturban el crecimiento, el metabolismo y/o la reproducción de los organismos, con consecuencias para toda la cadena trófica, incluso para los humanos. Los metales no esenciales, como Pb, Cd, Ni, y Hg, aumentan el efecto tóxico general en los organismos, incluso a concentraciones muy bajas ([Stankovic et al., 2013](#)).

En la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) se realiza el monitoreo de los metales Pb, Cd, Cr, Cu, Ni y Zn, tanto en aguas (biodisponibles en material particulado suspendido), como en sedimentos (biodisponibles y totales), con el propósito de saber su distribución y el riesgo que puedan presentar para la biota. En la Tabla 4.1-2 se muestra un resumen del monitoreo de estos metales desde el año 2004 hasta la actualidad, en ocho estaciones representativas de las seis zonas de estudio.



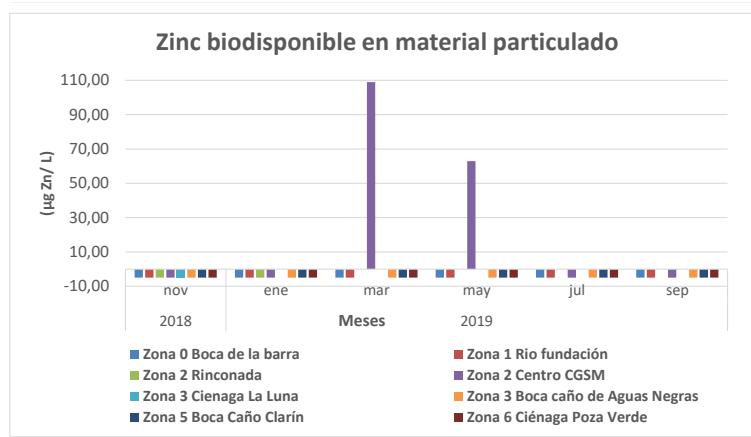
**Tabla 4.1-2. Resumen del monitoreo de metales pesados en el material particulado suspendido en aguas y sedimentos de ocho estaciones representativas de la Ciénaga Grande de Santa Marta.**

Matriz	Fechas de Monitoreo	Frecuencia de monitoreo	Metales analizados	Estaciones
Aguas	2004 - 2014	Semestral (Épocas: Seca – lluvias)	Pb, Cd, Cr	
	2009 - 2014	Semestral (Épocas: Seca – lluvias)	Cu, Ni, Zn	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boca de la barra (zona 0)</li> <li>• Río fundación (zona 1)</li> <li>• Rinconada (zona 2)</li> <li>• Centro CGSM (zona 2)</li> <li>• Ciénaga la luna (zona 3)</li> <li>• Boca Caño Clarín (zona 5)</li> <li>• Ciénaga poza verde (zona 6)</li> </ul>
	2015 - 2019	Bimestral	Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn	
Sedimentos	2005 - 2013	Anual	Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn	
	2014	Semestral	Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn	
	2015 - 2019	Bimestral	Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn	
Totales	2011- 2013	Anual	Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn	
	2014	Semestral	Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn	
	2015 - 2019	Bimestral	Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn	

#### *Metales pesados biodisponibles en material particulado suspendido en aguas*

Los ríos son el principal vehículo de transporte de metales pesados hacia la zona costera. Numerosos estudios sobre el comportamiento de estos elementos químicos muestran que los procesos físicos, químicos, biológicos e hidrodinámicos que tienen lugar en los ríos, cumplen un papel fundamental y variable en relación al flujo de metales desde el continente hacia el mar ([Martínez et al., 2005](#)). Por lo tanto, la biodisponibilidad de los metales dependerá de la interacción entre distintos procesos, como intercambio catiónico, adsorción/desorción y precipitación/disolución, así como también de cambios climáticos (temporadas de lluvias y sequías) e influencia de ríos y actividad humana ([Rieuwerts et al., 1998](#)).

Durante el mes de noviembre de 2018 hasta septiembre de 2019 las concentraciones de Pb, Cd, Cu, Ni y Cr fueron inferiores al límite de cuantificación de la metodología analítica para todas las zonas monitoreadas de la CGSM, excepto el Zn, que presentó altas concentraciones en centro de CGSM (Zona 2) en los meses de marzo y mayo (Figura 4.1-27). Esta estación está influenciada por los aportes de Caño Clarín, Caño Aguas Negras y de los ríos fundación, Aracataca y Sevilla. En estos meses se presentaron lluvias muy por debajo de lo normal en amplios sectores de la región Caribe, con temperaturas medias entre 26 °C y superiores a los 28 °C ([IDEAM, 2019](#)), lo que coincidió con el aumento de sólidos suspendidos, y por ende, con el aumento de zinc biodisponible en dicho material particulado.



**Figura 4.1-27.** Concentración de cinc biodisponible en material particulado en muestras de aguas recolectadas en ocho estaciones ubicadas en la CGSM. Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica. Los espacios sin barras indican que en esas estaciones no se tomaron muestras debido a la baja profundidad.

Desde el año 2004 hasta el 2014 se monitorearon con una periodicidad semestral los metales Pb, Cr y Cd en material particulado en suspensión (Figura 4.1-28). A partir del año 2009 y hasta el 2015, se adicionaron los metales Zn, Cu y Ni, manteniendo la misma periodicidad (Figura 4.1-28). Desde el año 2015, en el marco del convenio de Asociación N° 40 de 2014 susrito entre CORPAMAG e INVEMAR, se comenzó el monitoreo bimestral (Figura 4.1-29 y Figura 4.1-30).

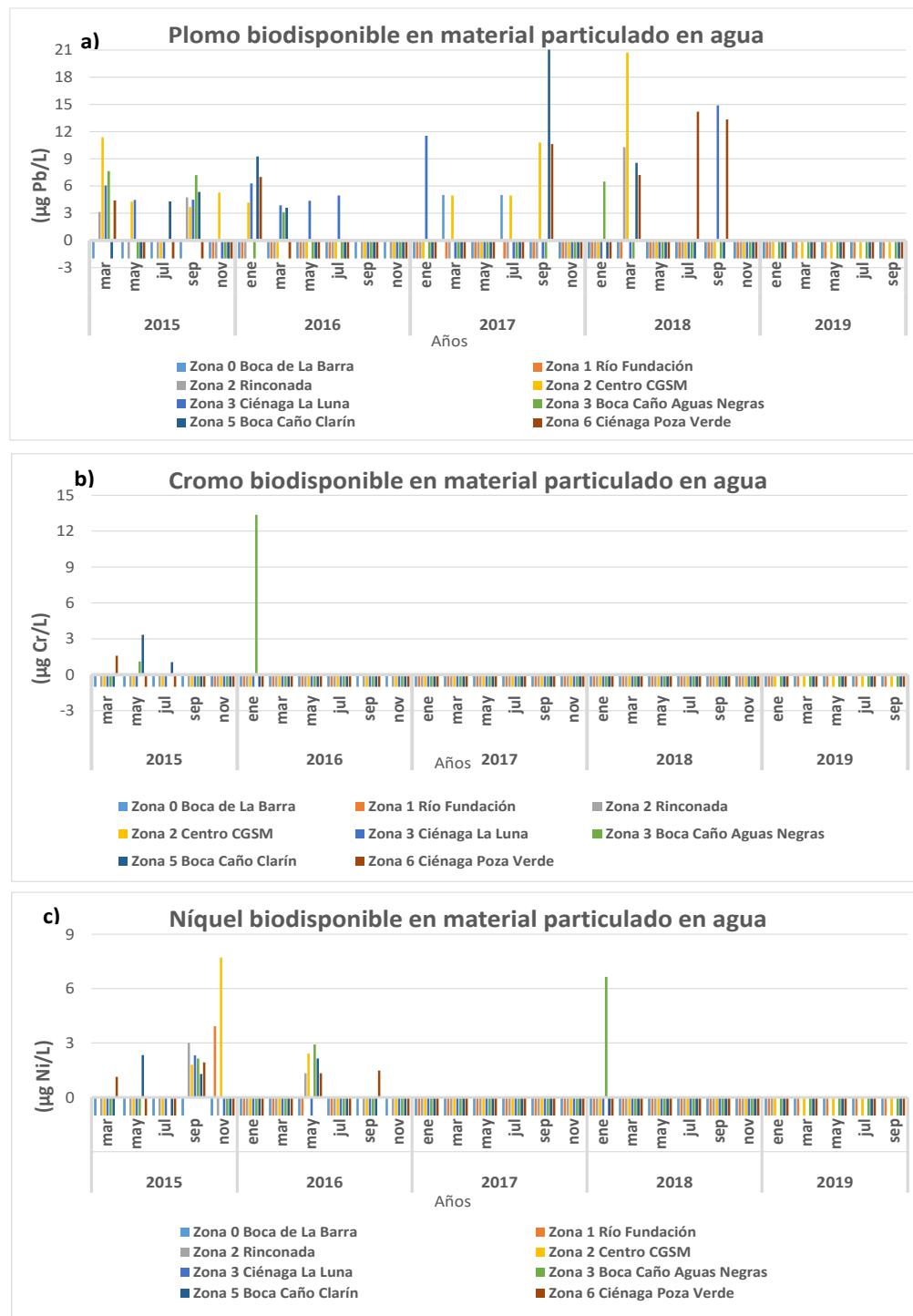


**Figura 4.1-28. Histórico de concentración de metales biodisponibles de a) Plomo, b) Cadmio y c) Cromo en material particulado suspendido en agua de las seis zonas de monitoreo de la CGSM medidos en época seca: Enero-Junio y época de lluvia: Julio-Diciembre, entre los años 2004 y 2014. Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica.**



**Figura 4.1-29. Histórico de concentración de metales biodisponibles de a) Cobre, b) Níquel y c) Zinc en material particulado suspendido en agua de las seis zonas de monitoreo de la CGSM medidas en época seca: Enero-Junio y época de lluvia: Julio-Diciembre, entre los años 2009 y 2014. Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica.**

El análisis histórico evidencia que desde el 2015 hasta el 2018, se presentó un ligero aumento en la concentración de Pb, indicando el ingreso de este elemento hacia las distintas zonas de la CGSM. Caso contrario sucedió en el 2019, cuando se registraron concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método (Figura 4.1-30).



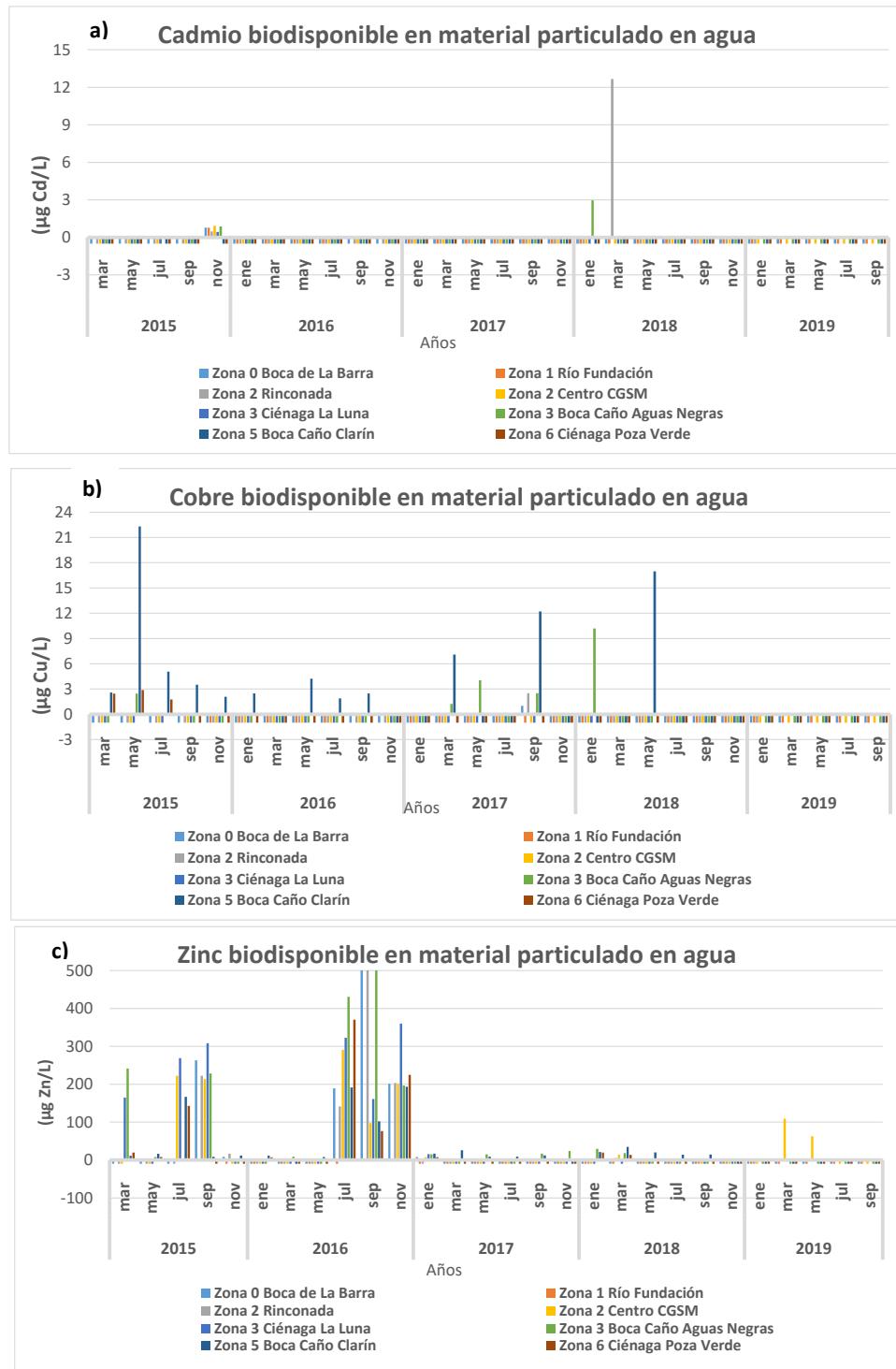
**Figura 4.1-30. Histórico de concentración de metales biodisponibles de a) Plomo, b) Cromo y c) Níquel en material particulado suspendido en agua de las seis zonas de monitoreo de la CGSM medidas bimestralmente de 2015 a 2019. Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica.**



Los metales Cr y Cd han permanecido en casi todos los muestreos por debajo del límite de cuantificación, excepto en noviembre del 2015, enero y marzo del 2018 para el caso del Cadmio (Figura 4.1-31 a) y los meses de marzo, mayo y julio del 2015 y enero del 2016 para el cromo (Figura 4.1-30 b).

El Zn es el metal que ha presentado la mayor variación durante los últimos años, e incluso es el elemento que ha reportado las mayores concentraciones en las diferentes zonas de la CGSM. Durante los años 2015 y 2016 se observa un incremento notable de este elemento en las épocas de lluvia en todas las estaciones (Figura 4.1-31 c).

Cabe destacar que en el 2019 las concentraciones de los metales Pb, Cd, Cu, Ni y Cr estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método en todas las estaciones muestreadas (Figura 4.1-30 y **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).



**Figura 4.1-31. Histórico de concentración de metales biodisponibles de a) Cadmio, b) Cobre y c) Zinc en material particulado suspendido en agua de las seis zonas de monitoreo de la CGSM medidas bimestralmente de 2015 a 2019. Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica.**



### Metales pesados totales en sedimentos

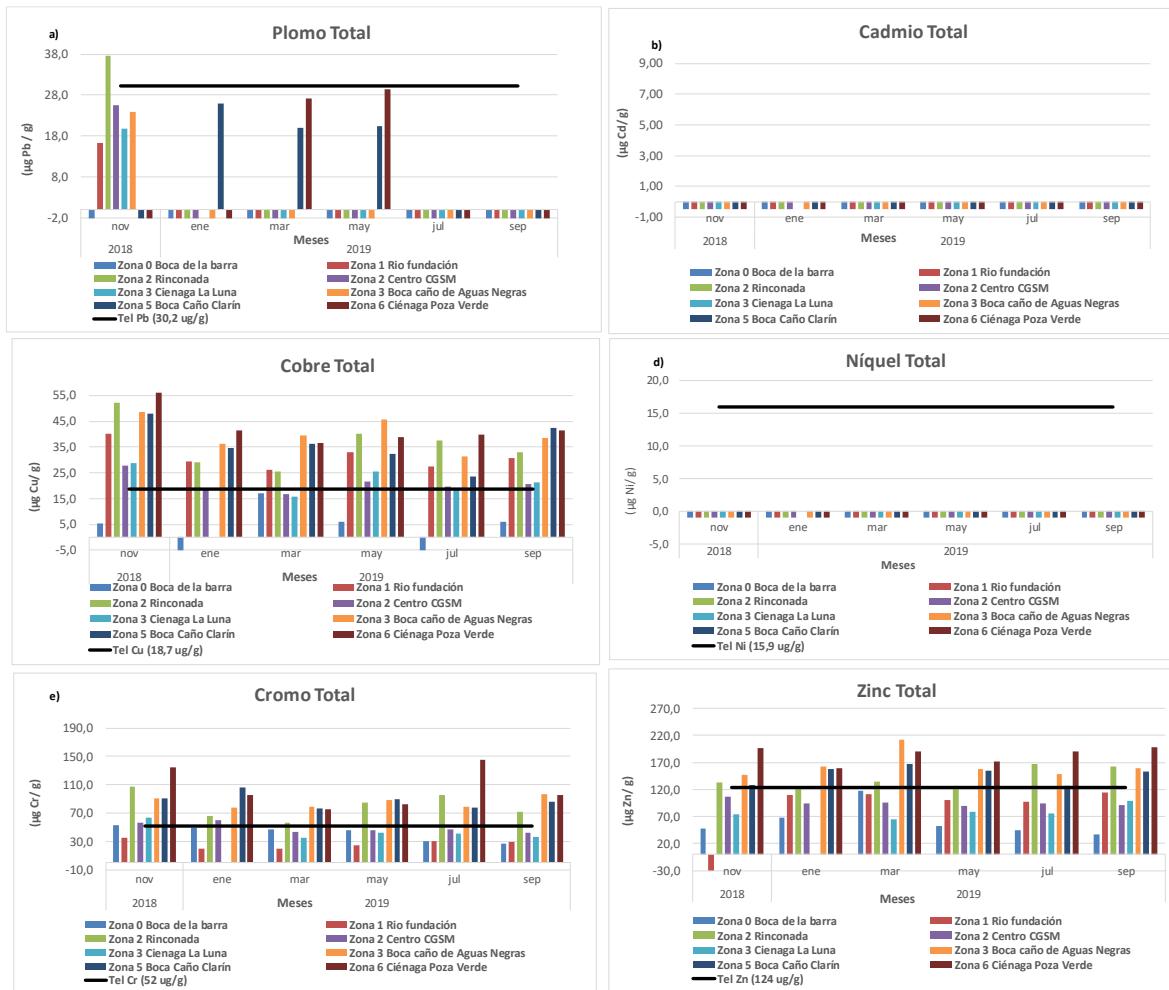
Con base en las tablas de referencia para el monitoreo de sedimentos (SQuiRTs, por sus siglas en inglés) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de los Estados Unidos ([Buchman, 2008](#)), se evaluó la calidad del sedimento en términos de afectación de la biota. Se usó como valor de referencia el nivel de efecto umbral o Threshold Effect Level (TEL, por sus siglas en inglés), el cual ofrece un mayor nivel de protección y representa la concentración total del compuesto por debajo de la cual se espera una incidencia poco probable de efectos adversos sobre la flora y fauna ([Macdonald et al., 1995](#)).

En la Figura 4.1-32 se evidencia que las concentraciones de Ni y Cd durante el mes de noviembre del 2018 a septiembre del 2019 permanecieron por debajo del límite de cuantificación de la técnica, así como también por debajo del nivel TEL (Cd: 680 µg/g y Ni: 15,9 µg/g).

En las estaciones Boca Caño Aguas Negras (Zona 3), Boca Caño Clarín (Zona 5) y Ciénaga Poza Verde (Zona 6) se registraron las concentraciones más altas de Cu, Cr y Zn en la mayoría de los meses, con valores que superaron el nivel TEL recomendado por la NOAA. En las estaciones Rio Fundación (Zona 1) y Rinconada (Zona 2), las concentraciones de Cu superaron el nivel TEL. Además, para el mes de enero del 2019 los niveles de Cr y Zn en Boca de la Barra (Zona 0) superaron notablemente el valor de referencia TEL, alcanzando concentraciones de 494 µg/g para Cr y 686 µg/g para Zn; este aumento de concentración se atribuye a los efectos hidrodinámicos generados por la sequía, la cual produce una disminución del caudal, y de esta manera, una mayor precipitación de sólidos suspendidos provenientes del agua hacia el fondo (Figura 4.1-32).

Entre enero y septiembre del 2019 se registraron concentraciones de Pb inferiores al valor de referencia TEL, indicando poca probabilidad de que este metal produzca efectos adversos sobre la biota. Para el mes de noviembre del 2018 se registró en la estación Rinconada (Zona 2) una concentración de Plomo de 37,6 µg/g, valor superior al umbral TEL. Este resultado puede atribuirse a la interconexión de Caño Clarín con el río Magdalena, el cual lleva un alto contenido de material suspendido y disuelto, transportando desechos de origen doméstico e industrial que se van depositando en el lecho (Figura 4.1-32).

En general para todas las zonas, los metales Zn, Cu y Cr en la mayoría de los meses de muestreo superaron el valor de referencia TEL, excepto Boca de la barra (Zona 0), que ha estado en la mayoría de los muestreos por debajo del valor de referencia TEL (Figura 4.1-32 c, e y f). Cabe resaltar que a pesar que se superaron los valores de TEL para Zn, Cu y Cr, las concentraciones no sobrepasan el nivel de efecto probable PEL (por sus siglas en inglés) (PEL= Zn: 271 µg/g, Cu: 108 µg/g, Cr: 160 µg/g).



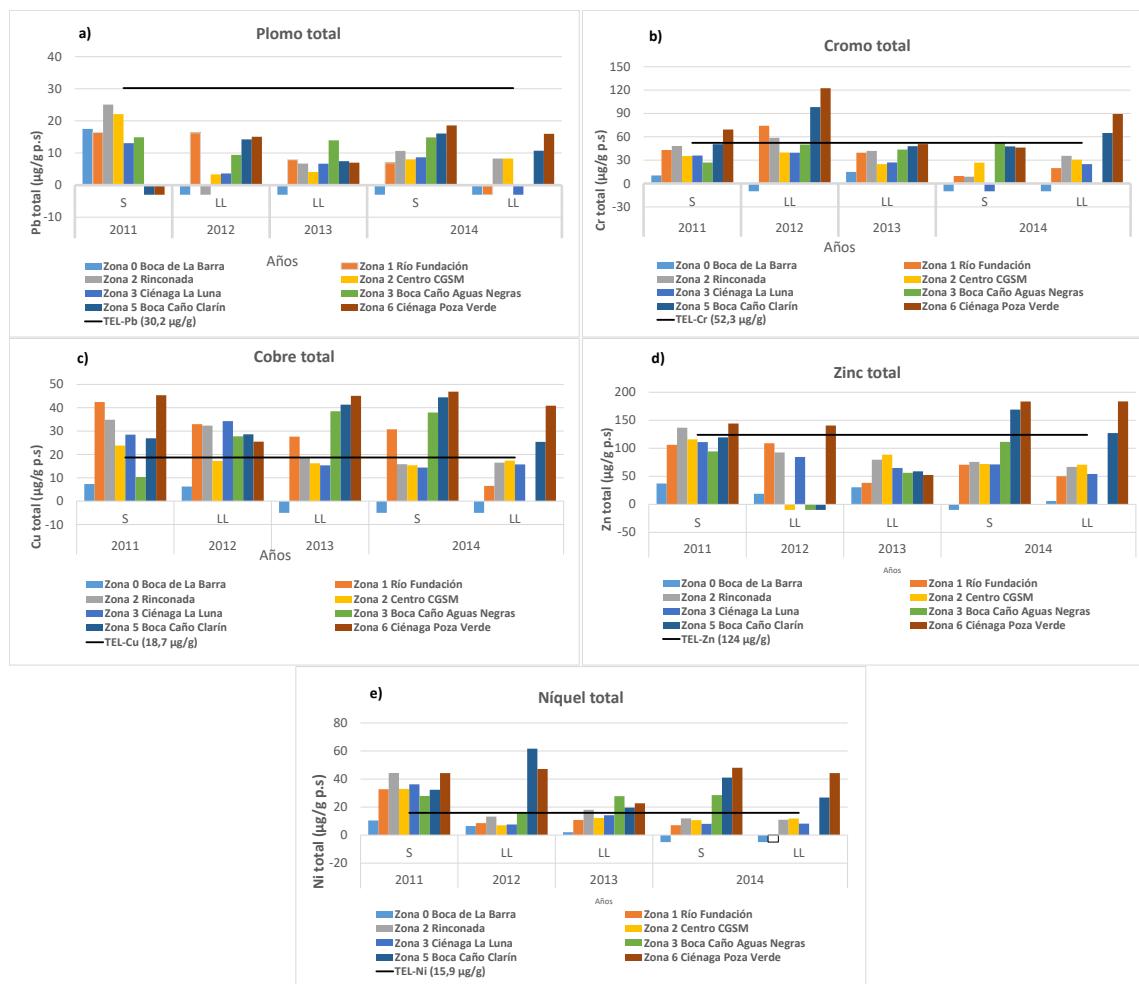
**Figura 4.1-32. Concentración total de a) Plomo (Pb), b) Cadmio (Cd), c) Cobre (Cu), d) Níquel (Ni), e) Cromo (Cr), f) Zinc (Zn) en sedimentos de las seis zonas de monitoreo de la Ciénaga grande de Santa Marta medidos entre noviembre del 2018 y septiembre del 2019, comparados con el nivel umbral de efectos – TEL (Threshold Effect Level) – establecido en las tablas SquiRTs de la NOAA ([Buchman, 2008](#)). Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica.**

El análisis histórico para metales totales en sedimentos en la CGSM evidencia varios aspectos importantes:

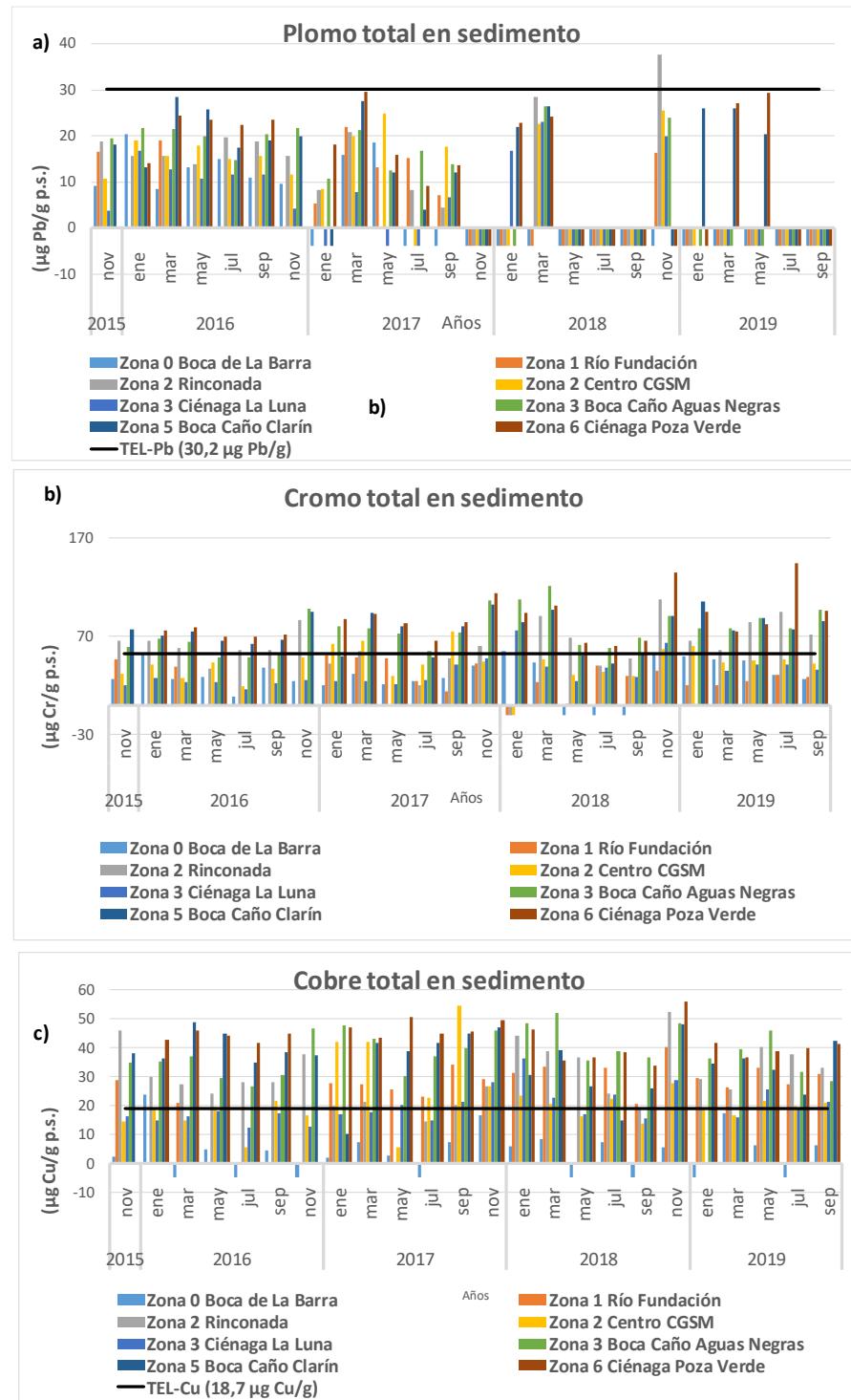
- Se observa que a partir del año 2015 y hasta el 2019, el Cadmio en todas las zonas monitoreadas se reporta en concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método (Figura 4.1-35 a).
- Las mayores concentraciones de metales totales en sedimentos se registraron principalmente en las estaciones Caño de Aguas Negras (Zona 3), Caño Boca Clarín (Zona 5) y Ciénaga de Poza Verde (Zona 6). Estas estaciones están ubicadas en el margen occidental de la CGSM, por lo tanto, se ven influenciadas por el río Magdalena, que lleva un alto contenido de material suspendido, desechos de origen doméstico e industrial (Figura 4.1-34 y Figura 4.1-35).



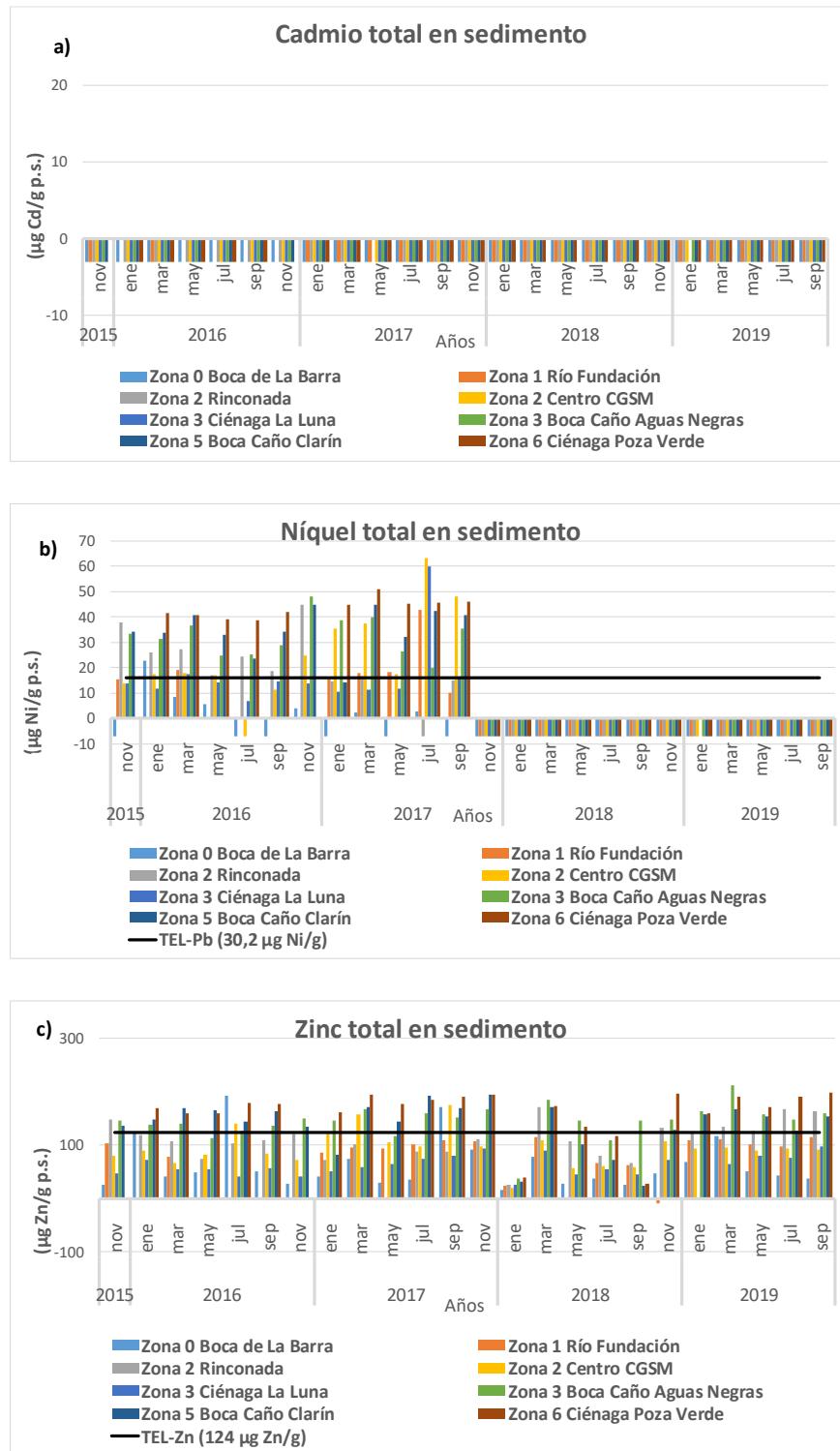
- A partir de noviembre de 2017 a septiembre de 2019 se evidencia que el níquel en todas las estaciones muestreadas registró concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método (Figura 4.1-35 b).
- El cinc es el metal con mayor presencia en los sedimentos, pues reporta concentraciones más elevadas en todas las estaciones con respecto a los demás elementos (Figura 4.1-33, Figura 4.1-34 y Figura 4.1-35).
- A lo largo de los años (2011- 2017) se observa una tendencia de aumento de plomo en casi todas las estaciones monitoreadas. Sin embargo, ninguna estación supera el valor umbral TEL. Las concentraciones son más altas en años 2016 y 2017 que en el 2011. Cabe resaltar que los años 2018 y 2019, la mayoría de las estaciones presentan concentraciones de Plomo por debajo del límite de cuantificación del método (Figura 4.1-33 a y Figura 4.1-34 a).



**Figura 4.1-33.** Histórico de concentración total de a) Plomo, b) Cromo y c) Cobre, d) Zinc y e) Níquel en sedimentos de la seis zonas de monitoreo de la CGSM medidas en 2011-2014 comparado con el valor de referencia TEL (*Threshold Effect Level*) establecido en las tablas SQUIRTs de la NOAA ([Buchman, 2008](#)). Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica.



**Figura 4.1-34. Histórico de concentración de metales totales de a) Plomo, b) Cromo y c) Cobre en sedimentos de las seis zonas de monitoreo de la CGSM medidos entre 2015 y 2019 (bimestrales). Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica.**



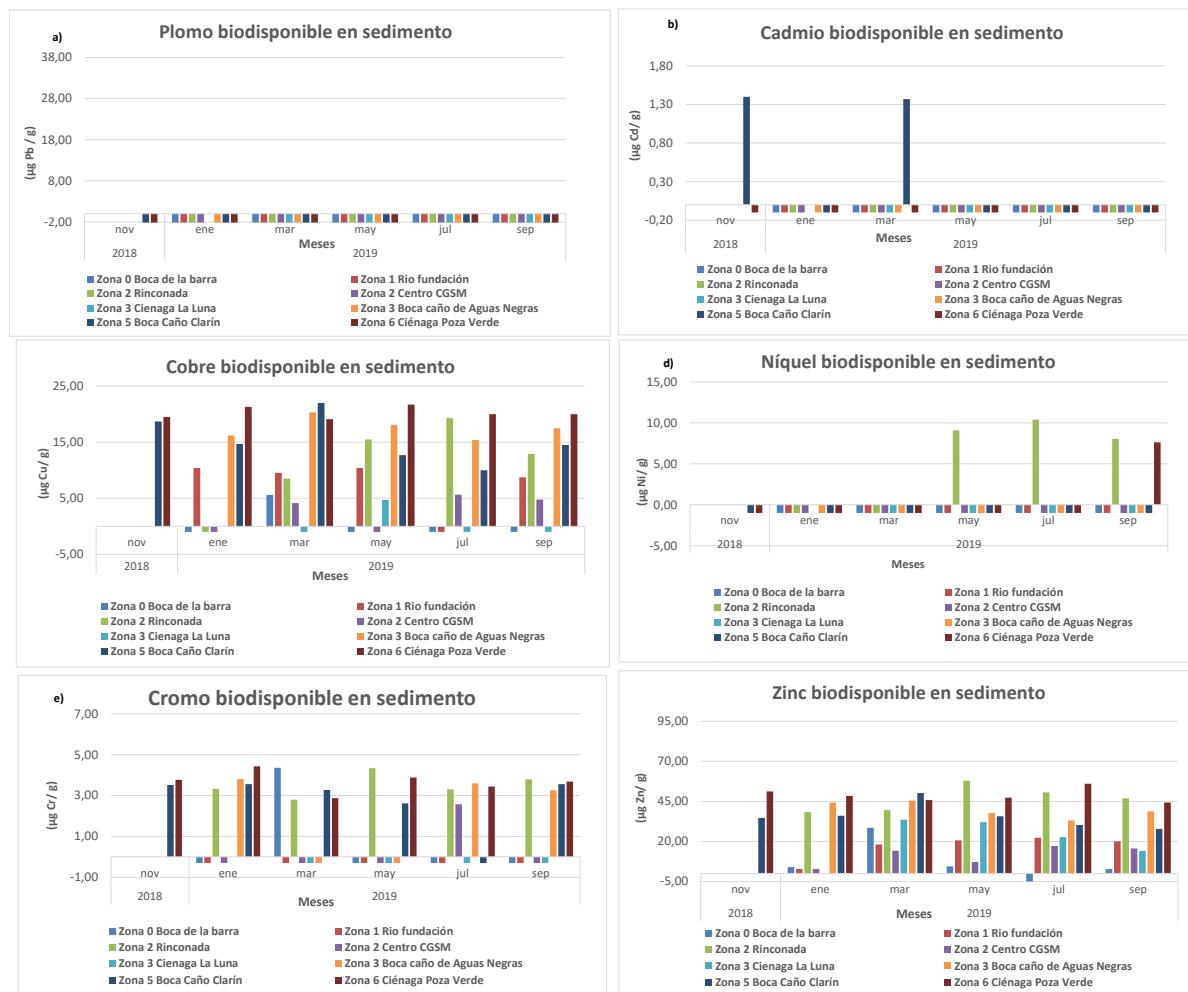
**Figura 4.1-35. Histórico de concentración de metales totales de a) Cadmio, b) Níquel y c) Zinc en sedimentos de las seis zonas de monitoreo de la CGSM medidos entre 2015 y 2019 (bimestrales). Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica.**



### *Metales pesados biodisponibles en sedimentos*

Se entiende por biodisponibilidad la fracción de metales pesados que está disponible para la absorción por cualquier organismo ([Rieuwerts et al., 1998](#)). Por lo tanto, el contenido total de metales pesados no es un criterio suficiente para evaluar el riesgo para la biota. Es por ello que se evalúa la concentración biodisponible, con el fin de conocer su distribución en la CGSM y así identificar las zonas con mayor riesgo para la flora y fauna.

La Figura 4.1-36 muestra las concentraciones biodisponibles de los metales evaluados. El Zn se presentó en concentraciones que variaron entre 2,80 µg/g y ~ 60 µg/g, a excepción de la estación Boca de la Barra (Zona 0), donde se registraron concentraciones por debajo del límite de cuantificación de la técnica, en el mes de julio de 2019. En las estaciones Boca Caño Aguas Negras (Zona 3), Caño Boca Clarín (Zona 5) y Ciénaga Poza Verde (Zona 6), se registraron en la mayoría de los muestreos altas concentraciones de Cu y Cr; siendo éstas estaciones influenciadas por el río Magdalena. En el caso del Cr, la estación Rinconada (Zona 2) también presentó altas concentraciones.



**Figura 4.1-36. Concentración biodisponible de a) Plomo (Pb), b) Cadmio (Cd), c) Cobre (Cu), d) Níquel (Ni), e) Cromo (Cr), f) Zinc (Zn) en sedimentos de las seis zonas de monitoreo de la Ciénaga Grande de Santa Marta medidos entre noviembre del 2018 y septiembre del 2019. Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica.**

Las concentraciones de Plomo estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método ( $7,5 \mu\text{g/g}$ ) en todas las estaciones durante el periodo actual de monitoreo (noviembre 2018 – septiembre 2019).

En la única estación que se registró presencia de Cd fue Boca Caño Clarín (Zona 5), que es influenciada por el río Magdalena, en donde se reportaron concentraciones que variaron entre  $1,30 \mu\text{g/g}$  y  $1,40 \mu\text{g/g}$  en los meses de noviembre del 2018 y marzo del 2019 (Figura 4.1-36 b)).

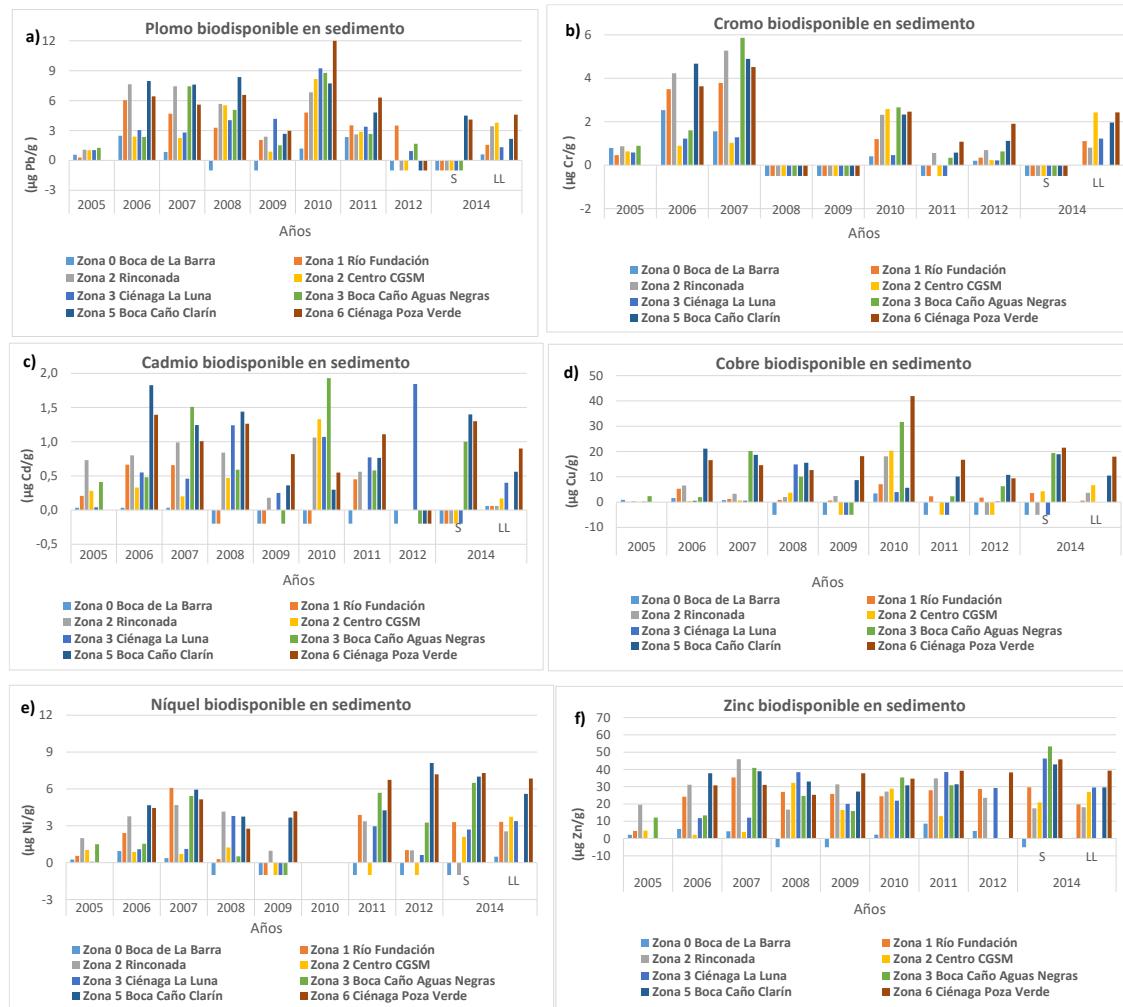
El Ni solamente estuvo por encima del límite de cuantificación del método ( $7,5 \mu\text{g/g}$ ) en la estación Rinconada (Zona 2), en los últimos tres muestreos, y en la estación Ciénaga Poza Verde (Zona 6) en el último muestreo.



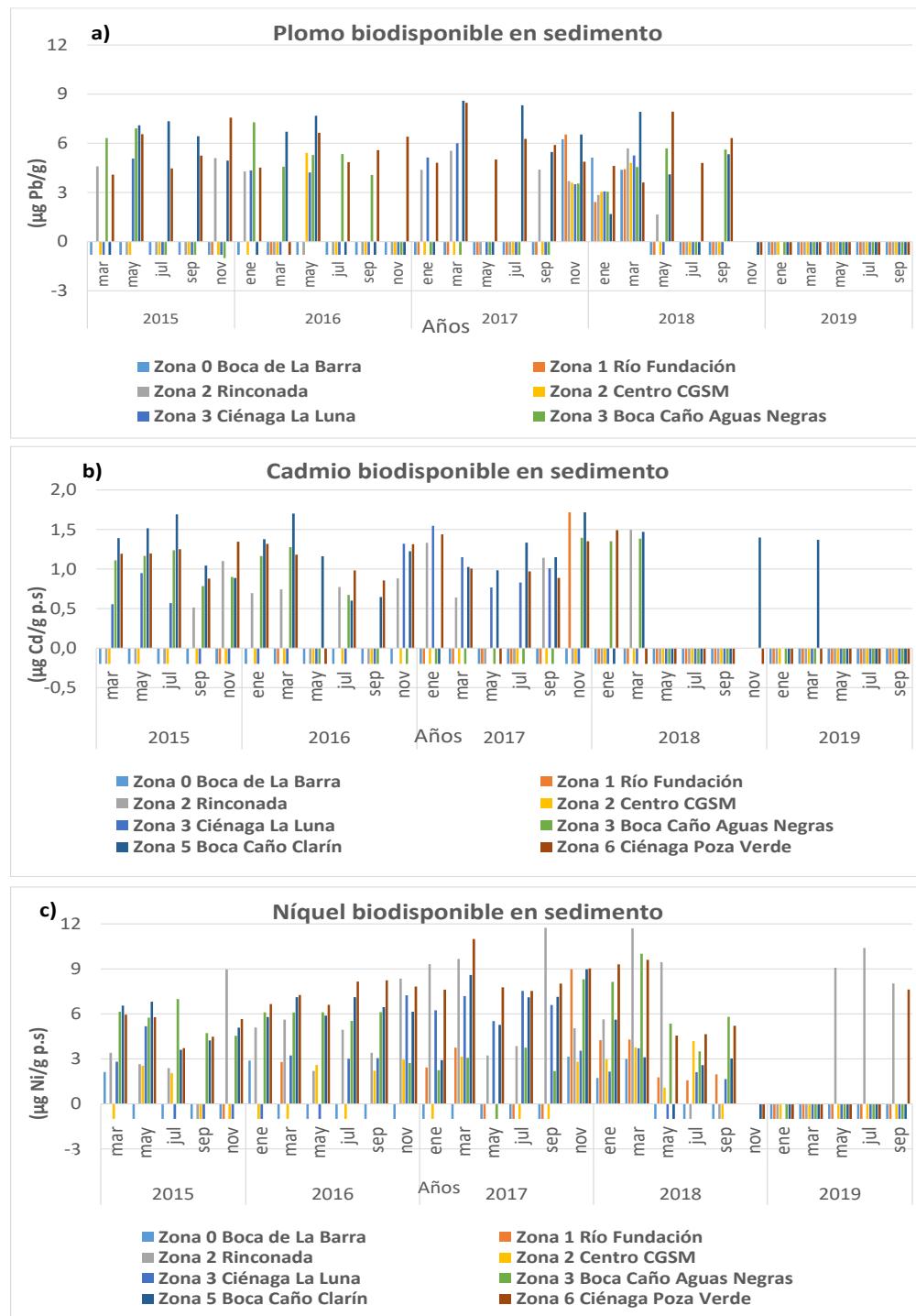
En la Figura 4.1-36 se evidencia que hay una tendencia de aumento de la concentración de metales biodisponibles hacia el margen occidental de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Estos resultados en general son coherentes con el contenido total de metales en este sector, ya que al margen occidental de la CGSM entra mayor contenido de material particulado suspendido proveniente del río Magdalena. Las estaciones ubicadas en este sector (Rinconada, Ciénaga La Luna, Boca Caño Aguas Negras, Boca Caño Clarín y Ciénaga Poza Verde) han presentado recurrentemente el mayor contenido de metales biodisponibles, lo cual sugiere que por la influencia del río Magdalena actúan como puntos críticos en la acumulación de estos elementos en los sedimentos. Por otra parte, la Zona 0, correspondiente a la estación Boca de la Barra, presentó los valores de concentración de metales biodisponibles más bajos en la mayoría de los muestreos, situación que se podría relacionar con los cambios de textura del sedimento. Ésta estación se encuentra cerca del lugar de intercambio de agua dulce con agua de mar, donde el sedimento es arenoso y por ende retiene en menor grado metales pesados ([Deversa-Rey et al., 2011](#)).

Los resultados históricos de metales biodisponibles (Figura 4.1-37, Figura 4.1-38 y Figura 4.1-39) muestran que éstos guardan relación con los metales totales en sedimentos, ya que las mayores concentraciones se registran en las estaciones Boca de Caño Aguas Negras (Zona 3), Boca Caño Clarín (zona 5) y Ciénaga Poza verde (Zona 6).

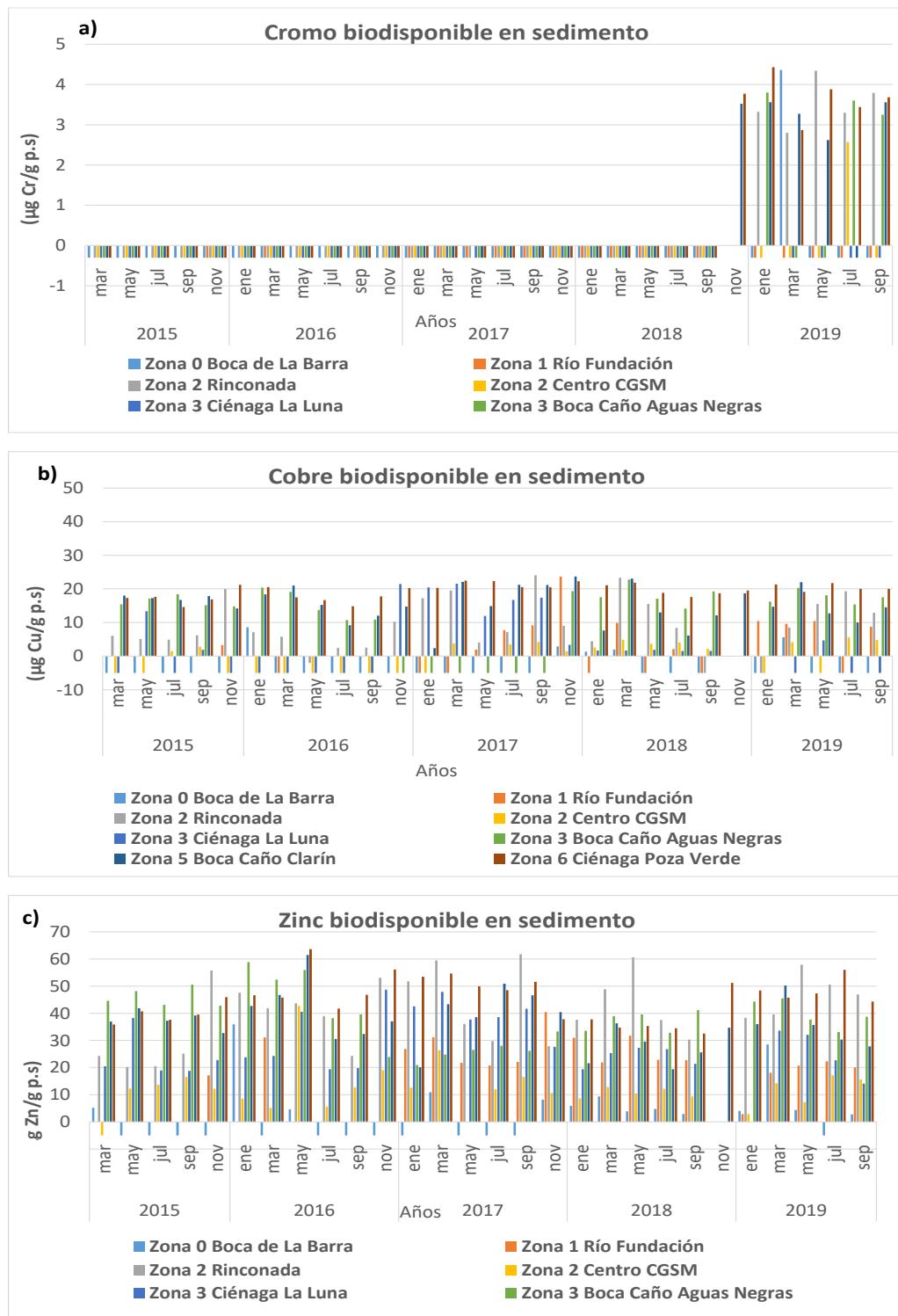
Se evidencia que el Pb y el Cd presentan una disminución notable en el 2019 (por debajo del límite de cuantificación) comparado con los años anteriores (Figura 4.1-37; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a y b). Sin embargo, cabe resaltar que el Zn y el Ni han aumentado sus concentraciones a lo largo de los años, probablemente indicando aportes de estos elementos a partir de las principales fuentes de entrada de agua al sistema lagunar (Figura 4.1-37, Figura 4.1-38 y Figura 4.1-39).



**Figura 4.1-37. Histórico de concentración biodisponible de a) Plomo (Pb), b) Cromo (Cr), c) Cadmio (Cd), d) Cobre (Cu), e) Níquel (Ni), f) Zinc (Zn) en sedimentos de las seis zonas de monitoreo de la CGSM medidos entre 2005 y 2014. Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica.**



**Figura 4.1-38. Histórico de concentración de metales biodisponibles de a) Plomo, b) Cadmio y c) Níquel en sedimentos de las seis zonas de monitoreo de la CGSM medidos en 2015 y 2019 (bimestrales). Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica.**

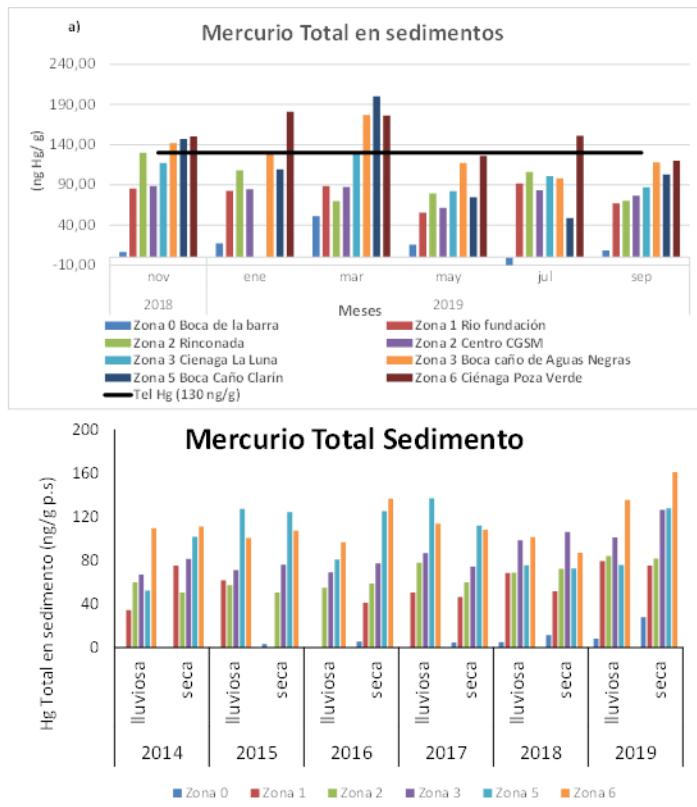


**Figura 4.1-39. Histórico de concentración de metales biodisponibles de a) Cromo b) Cobre y c) Zinc en sedimentos de las seis zonas de monitoreo de la CGSM medidas entre 2015 y 2019 (bimestrales). Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica.**



### Mercurio (Hg) en Aguas, Sedimentos y Organismos

Las concentraciones de mercurio total en agua se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método (LCM 0,30 µg/L) en todas las zonas evaluadas. En la Figura 4.1-40 a se evidencia que las concentraciones de mercurio total en sedimentos sobrepasaron el umbral de referencia TEL de la NOAA ([Buchman, 2008](#)) en las estaciones Boca Caño Aguas Negras (Zona 3), Boca Caño Clarín (Zona 5) y Ciénaga Poza Verde (Zona 6) durante los muestreos de noviembre de 2018 a mayo de 2019 (Figura 4.1-40 a), indicando posibles efectos adversos sobre la biota. En las demás estaciones, Boca de la Barra (Zona 0), Rio Fundación (Zona 1), Rinconada (Zona 2), Ciénaga La Luna (Zona 3) y Centro CGSM (Zona 2), se registraron concentraciones por debajo del valor de referencia TEL durante todo el periodo de muestreo noviembre de 2018 – septiembre de 2019.



**Figura 4.1-40. Concentración de mercurio total en a) Sedimentos en las seis zonas de monitoreo de la CGSM medidos entre noviembre de 2018 y septiembre de 2019 y comparados con el valor de referencia TEL ([Buchman, 2008](#)) y b) Histórico de la concentración promedio de mercurio total en sedimentos en las seis zonas de monitoreo de la CGSM medidos entre 2014 y 2019. Barras por debajo de cero representan valores menores al límite de cuantificación de la técnica analítica (Aguas: <0,30 µg/L, Sedimentos: <3,00 ng/g)**

Según los registros históricos mostrados en la Figura 4.1-40 b a lo largo de los años se observa una leve tendencia de aumento de Hg total en las zonas 3 (Caño Aguas Negras), 5 (Caño Clarín) y 6



(Ciénaga Poza Verde), las cuales están directamente conectadas con el río Magdalena. Demostrando al igual que para los demás metales analizados en sedimentos que el río Magdalena es la principal entrada de metales al complejo lagunar.

La Figura 4.1-41 muestra las concentraciones de mercurio total en peces de la especie *Mugil incilis* (lisa) provenientes de la CGSM, analizados bimestralmente entre noviembre de 2018 y septiembre de 2019. Los valores más altos de concentración se presentaron en los meses de enero (74,8 ng Hg/g) y marzo (68,6 ng Hg/g) de 2019. Sin embargo, estos resultados se encuentran muy por debajo de la concentración de 500 ng/g peso fresco establecida por el Ministerio de Salud y Protección Social 2012 para los productos de pesca para consumo humano ([MinSalud, 2012](#)).

Cabe resaltar que, si bien las concentraciones de mercurio no superan los 500 ng/g, este elemento se bioacumula en los seres vivos, por lo que el consumo frecuente de estos organismos puede representar un riesgo para la salud humana, especialmente para las comunidades en donde estos productos son de alto consumo.

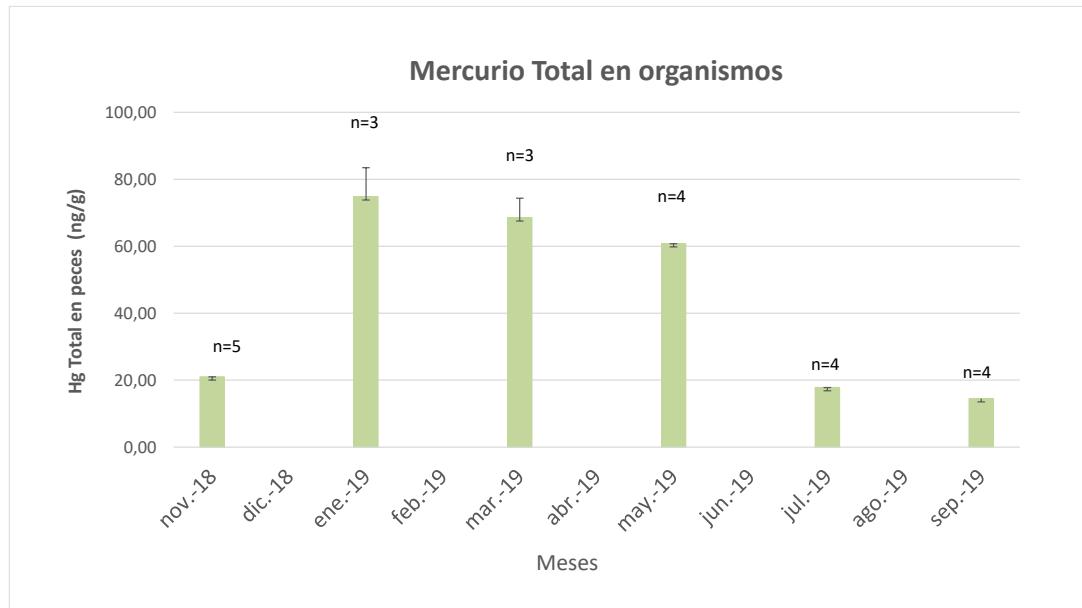
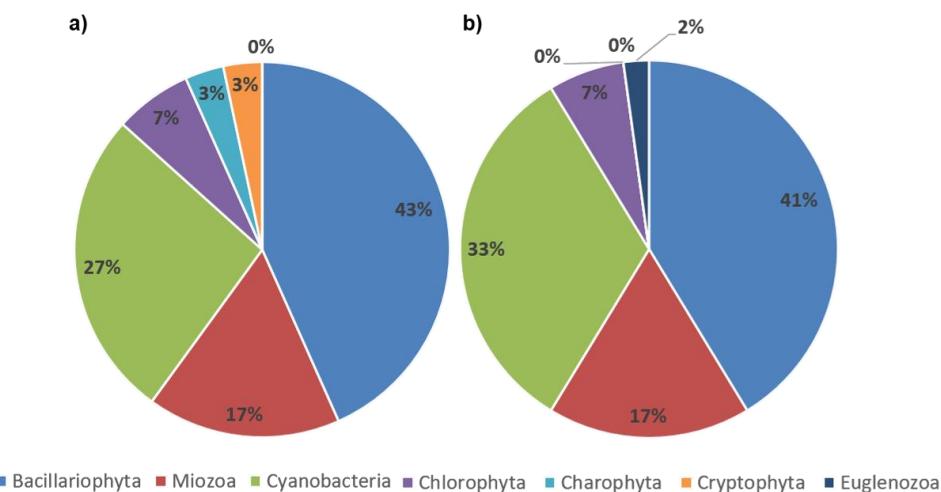


Figura 4.1-41. Concentración de mercurio total en peces *Mugil incilis* (Lisa) adquiridos durante los monitoreos realizados en la CGSM entre noviembre de 2018 y septiembre de 2019. Las líneas negras corresponden a desviaciones estándar y n al número de número de peces analizados.

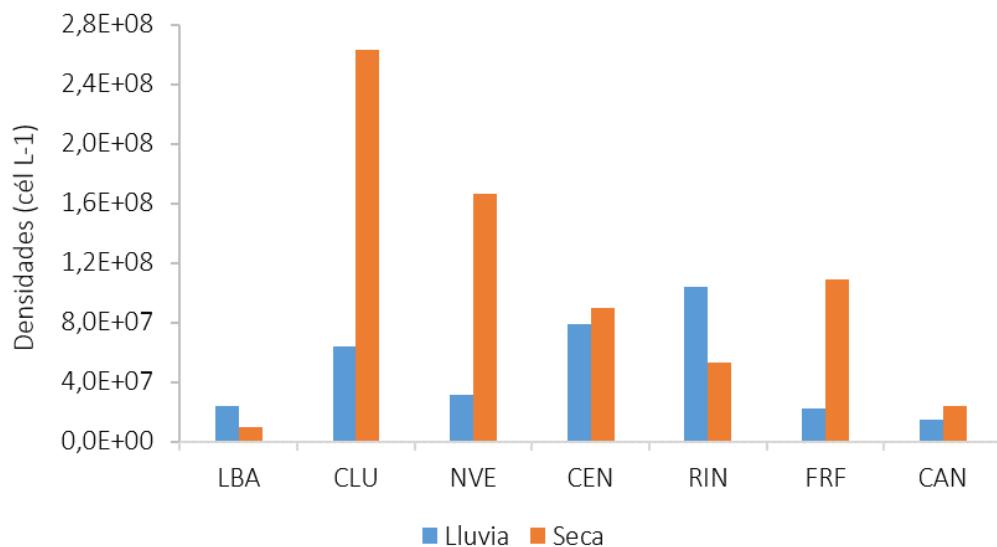
#### 4.1.2 COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA

En los dos periodos climáticos monitoreados, se identificaron en total 51 géneros de fitoplancton. Durante la época de lluvias de 2018 se reportaron 30 géneros correspondientes a 13 diatomeas (43% Bacillariophyta), 5 dinoflagelados (17 % Miozoa), 8 cianobacterias (27%), 2 clorófitas (2%), 1 carófita (1%) y 1 criptófita (1%). Para la época seca de 2019 se registraron en total de 43 géneros correspondientes a 19 diatomeas (41% Bacillariophyta), 6 dinoflagelados (17 % Miozoa), 14 cianobacterias (33 %), 3 clorófitas (7%) y 1 euglena (1%;Figura 4.1-42).

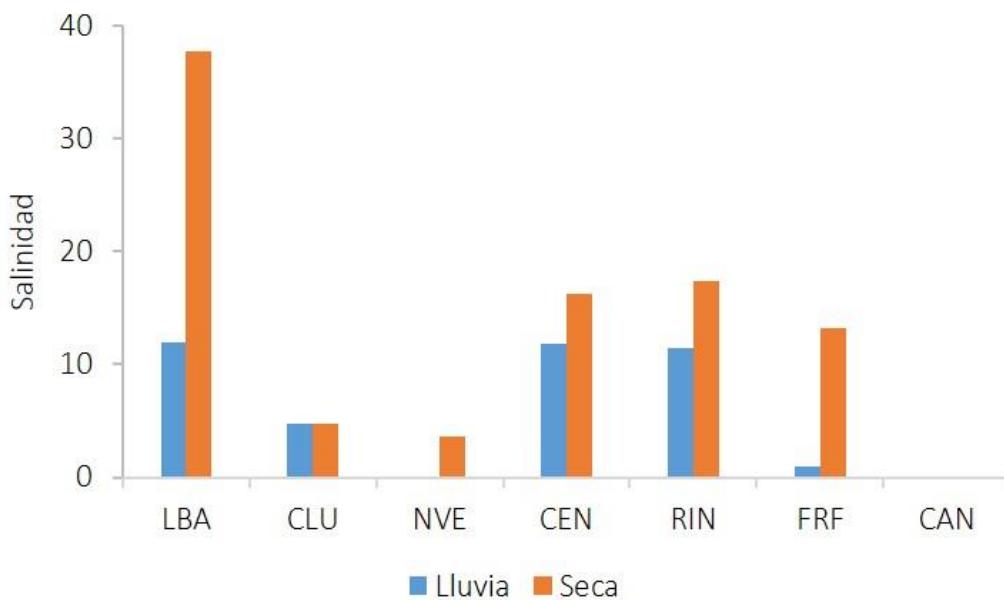


**Figura 4.1-42. Porcentaje de contribución de géneros según los grupos taxonómicos encontrados para la época lluviosa de 2018 (a) y época seca de 2019 (b).**

En cuanto a las densidades fitopláctónicas, en el periodo de lluvias de 2018, las concentraciones fluctuaron entre 14.948.937 y 103.643.899 cél. L<sup>-1</sup> correspondientes a las estaciones Boca Caño Aguas Negras y Rinconada. En cuanto a la época seca de 2019, las densidades oscilaron entre 9.373.640 y 263.124.124 cél. L<sup>-1</sup> en Boca la Barra y Ciénaga la Luna, respectivamente (Figura 4.1-43). Cabe resaltar que, las concentraciones registradas en el actual monitoreo estuvieron dentro del rango máximo reportado en abril de 2017 (502.954.909 cél. L<sup>-1</sup>; [INVEMAR, 2018a](#)). Igualmente, es importante mencionar que, a diferencia de los años 2017 y 2018, se observaron las mayores densidades durante la época seca, principalmente en las zonas cercanas a ríos y caños (Ciénaga la Luna, Nueva Venecia, Centro Ciénaga, Frente Río Fundación y Caño Aguas Negras). Las altas concentraciones en febrero de 2019 fueron aportadas por las cianobacterias en casi todas las estaciones, lo cual contrasta con los monitoreos de años anteriores, en donde este grupo de microalgas presentó las mayores densidades durante el periodo de lluvias ([INVEMAR 2018a](#) y [2018b](#)). Este resultado indica que las cianobacterias se podrían estar beneficiando de la entrada constante de agua dulce a la CGSM, lo cual coincide con los reportes de salinidad durante la época seca, en donde las estaciones con menor salinidad y que presentan aguas salobres entre 0 y 16 registraron las densidades más altas en contraste con los sectores que se encuentran a una mayor distancia de los ríos y caños (Boca la Barra y Rinconada; Figura 4.1-44).

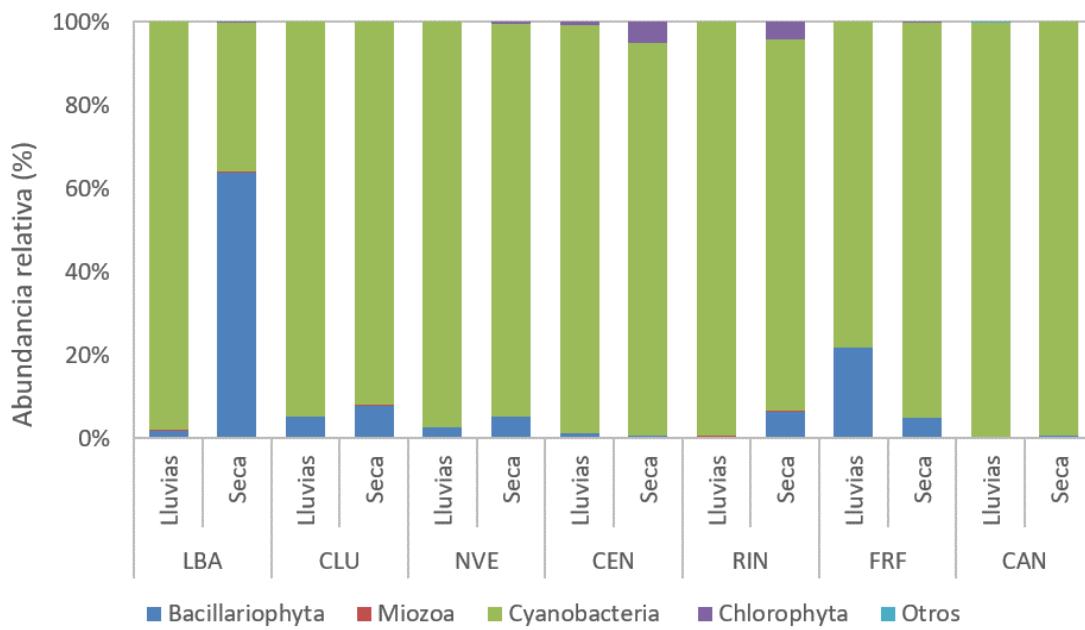


**Figura 4.1-43.** Densidad celular ( $\text{cél. L}^{-1}$ ) por estación registrada durante la época de lluvias de 2018 (octubre) y época seca de 2019 (febrero). LBA= Boca de la Barra; CLU= Ciénaga la Luna; NVE= Nueva Venecia; CEN= Centro CGSM; RIN= Rinconada; FRF= Frente a Río Fundación y CAN= Boca del caño Aguas Negras.



**Figura 4.1-44.** Valores de salinidad registrados por estación registrada durante la época de lluvias de 2018 (octubre) y época seca de 2019 (febrero). LBA= Boca de la Barra; CLU= Ciénaga la Luna; NVE= Nueva Venecia; CEN= Centro CGSM; RIN= Rinconada; FRF= Frente a Río Fundación y CAN= Boca del caño Aguas Negras.

Las cianobacterias fueron el grupo que más aportó a las densidades en el actual monitoreo, siendo una de las principales características de este sistema lagunar, evidenciado en los resultados de abundancia relativa con porcentajes superiores al 90 % en la mayoría de estaciones (Figura 4.1-45). Este grupo de microalgas se benefician del ingreso de agua dulce y de nutrientes inorgánicos disueltos (nitrógeno y fosforo), además de procesos de remineralización, resultando en un ecosistema altamente productivo. La cianobacteria *Synechocystis* fue el género que contribuyó con las altas concentraciones registradas en la CGSM, lo cual coincide con lo observado históricamente ([Hernández, 1986](#); [Mancera y Vidal, 1994](#); [Ibarra et al., 2014a; 2014b; 2016](#)).



**Figura 4.1-45. Abundancia relativa de los principales grupos taxonómicos del fitoplancton en las estaciones de muestreo durante la época de lluvias de 2018 y época seca de 2019. LBA= Boca de la Barra; CLU= Ciénaga la Luna; NVE= Nueva Venecia; CEN= Centro CGSM; RIN= Rinconada; FRF= Frente a Río Fundación y CAN= Boca del caño Aguas Negras.**

Igualmente, cabe resaltar que debido a la poca influencia de los cuerpos de aguas continentales sobre la estación Boca la Barra durante la época seca, se registró una mayor abundancia relativa de diatomeas, siendo favorecidas por la alta salinidad en febrero de 2019, presentando condiciones marinas ideales para el crecimiento y reproducción de este grupo fitoplanctónico ([Vidal, 1995](#)).

La composición y densidad fitoplanctónica son aspectos relevantes que permiten observar los diferentes cambios en las condiciones fisicoquímicas y ambientales que se han presentado en la CGSM durante las últimas décadas, en donde cabe resaltar que en este ecosistema ha sido evidente la disminución de la diversidad del fitoplancton (Tabla 4.1-3), situación que también ha sido reportada por otros autores ([González et al., 2003](#)), los cuales mencionan que los ecosistemas acuáticos de estado eutrófico se caracterizan por presentar baja diversidad de fitoplancton y predominio de determinadas especies o grupos ([Jeppesen et al., 1997](#); [Declerck et al., 2005](#)), como



ocurre en la CGSM por parte de las cianobacterias. [Raynolds \(2006\)](#) sugiere que sistemas que presentan una disminución de la riqueza de microalgas, pueden comprometer su resiliencia y ser más vulnerables a disturbios ambientales intensos o prolongados.

**Tabla 4.1-3. Número de morfotipos por grupos taxonómicos encontrados en la CGSM en diferentes estudios. Diatomeas (DT), Dinoflagelados (DF), Chlorophyta (CL), Euglenozoa (EU) y Cianobacteria (CB).**

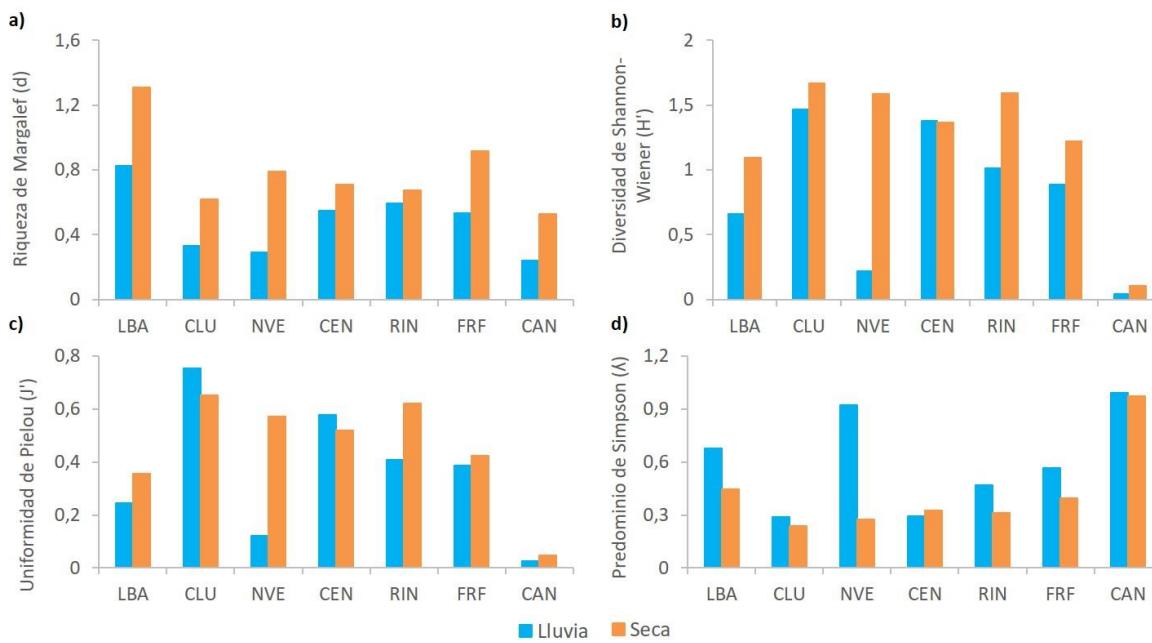
Reporte (año de muestreo)	DT	DF	CL	EU	CB	Total
Ibarra <i>et al.</i> , 2012 (2010-2012)	46	7	18	11	25	112
(2012, época de lluvias)	37	5	19	5	26	92
(2013, época seca)	46	9	1	2	14	72
(2013, época de lluvias)	59	9	6	5	37	117
(2014, época seca)	54	9	2	1	16	83
(2014, época de lluvias)	31	11	1	1	13	58
(2015, época seca)	55	19	1	3	16	95
(2015, época de lluvias)	25	13	0	1	10	49
(2016, época de seca)	28	9	0	1	11	49
(2016, época de lluvias)	11	4	0	2	6	25
(2017, época de seca)	15	4	1	0	5	25
(2017, época de lluvias)	13	3	1	0	9	26
(2018, época seca)	16	2	3	0	9	30
Presente estudio (época de lluvias 2018)	13	5	2	0	8	28
Presente estudio (época seca 2019)	19	6	3	1	14	43

#### 4.1.1.3.1. Atributos de la comunidad fitoplanctónica

En las estaciones monitoreadas los valores de atributos ecológicos fueron bajos (<2, Figura 4.1-46), durante la época seca tanto la riqueza como la diversidad estuvieron por encima, con respecto al periodo de lluvias, coincidiendo con los resultados reportados entre el 2017 y 2018 ([INVEMAR, 2018b](#)). Lo anterior indica que durante la época seca se encuentra mayor presencia de los principales grupos de fitoplancton representados en 19 y 14 géneros de diatomeas y dinoflagelados, respectivamente, lo cual permite deducir que las condiciones ambientales (aguas salobres) en febrero de 2019 favorecieron la diversidad y la riqueza en la CGSM. Por otra parte, los resultados del predominio de Simpson, indican que la presencia y dominancia de géneros comunes (cianobacterias) durante la época de lluvias tuvieron mayor peso que en el período seco. Lo anterior coincide con lo reportado por otros autores para el complejo lagunar ([Hernández, 1986; INVEMAR, 2018a; 2018b](#)), teniendo en cuenta que el predominio de géneros de cianobacterias, reflejó una



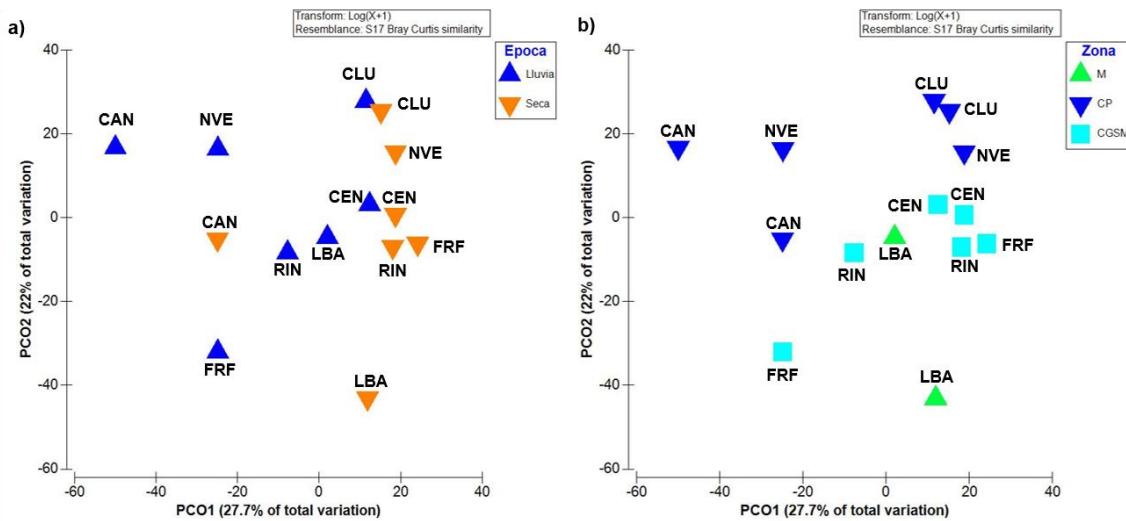
disminución de atributos como la uniformidad y la diversidad en la mayoría de estaciones durante octubre de 2018.



**Figura 4.1-46. Atributos ecológicos de las comunidades fitoplanctónicas en las siete estaciones monitoreadas en la CGSM durante la época de lluvias de 2018 (azul) y la seca de 2019 (naranja). a) Riqueza de Margalef (d), b) Diversidad Shannon-Wiener ( $H'$ ) c) Índices de uniformidad de Pielou ( $J'$ ) y d) Índice de Predominio de Simpson ( $\lambda$ ).**

#### 4.1.2.1 Variación espacio-temporal de la comunidad fitoplancónica

El análisis de coordenadas principales mostró una leve tendencia de algunas estaciones en formar grupos de acuerdo al periodo climático (Figura 4.1-47). Por otra parte, al realizar el análisis incluyendo el factor zonas, en donde “M” integra estaciones con influencia de agua marina (Boca la Barra), “CGSM” estaciones al interior de la Ciénaga (Centro Ciénaga, Rinconada y Frente Río Fundación) y “CP” aquellas dentro del complejo Pajarales (Nueva Venecia, Ciénaga la Luna y Caño Aguas Negras), se observó que, al igual que en el monitoreo efectuado entre 2017 y 2018, durante la época seca la estación Boca la Barra se alejó de las demás, debido a sus características marinas. Igualmente, es importante resaltar que en la zona del “CP” durante los dos últimos años de monitoreo no se ha observado el agrupamiento de las estaciones en relación con la época climática. Esta tendencia se puede explicar teniendo en cuenta que a finales del 2017 se hizo la apertura de algunos caños en este sector, lo cual ha permitido el ingreso de agua dulce de manera constante al ecosistema durante todo el año y se ha visto reflejado en leves cambios de salinidad (Promedio salinidad octubre 2018:  $5,8 \pm 5,7$ ; Promedio salinidad febrero 2019:  $13,3 \pm 12,6$ ).



**Figura 4.1-47.** Análisis de ordenación mediante la técnica de coordenadas principales (PCO) implementando la época (a) y las zonas (b) como factores de agrupación. LBA= Boca de la Barra; CLU= Ciénaga la Luna; NVE= Nueva Venecia; CEN= Centro CGSM; RIN= Rinconada; FRF= Frente a Río Fundación y CAN= Boca del caño Aguas Negras; M= influencia marina; CG= interior de la Ciénaga y CP= Complejo Pajarales.

El análisis multivariado no paramétrico PERMANOVA, mostró diferencias entre la comunidad fitoplanctónica tanto por zonas (Pseudo- $F$ = 2,5;  $P$ = 0,006), como por época climática (Pseudo- $F$ = 2,96  $P$  = 0,025). Las zonas que presentaron diferencias significativas fueron entre el sector marino (M) y el complejo pajarales (CP) ( $t$ = 1,47;  $P$ = 0,036) y entre el CP y el interior de la ciénaga (CGSM) ( $t$ = 1,51  $P$  = 0,031). Lo anterior permite concluir que el complejo pajarales presenta condiciones ambientales que influyen en las diferencias encontradas en la estructura de las microalgas, como bajas salinidades, elevadas concentraciones de nutrientes y de sólidos suspendidos totales, principalmente por los aportes de aguas continentales de algunos ríos y caños como el Aguas Negras (Figura 4.1-44).

#### 4.1.2.2 Relación con las variables ambientales

El análisis estadístico BIOENV permitió identificar que, durante la época lluviosa, con una correlación significativa ( $P$ -valor= 0,001), la variabilidad de la comunidad fitoplánctonica estuvo relacionada en un 64 % por los nitratos, fosfatos y SST. Para el periodo seco, la variación de la estructura del fitoplancton, con una correlación significativa ( $P$ -valor= <0,01), estuvo relacionada en un 90 % por la transparencia, salinidad, nitritos, fosfatos y SST (Tabla 4.1-4). Estos resultados coinciden con lo reportado por diferentes autores, los cuales mencionan que variables como la salinidad, transparencia, nitratos y fosfatos definen la distribución, composición y densidad de las microalgas ([Mogollon, 1996](#), [Acosta, 2012](#) e [INVEMAR, 2018a; 2018b](#)). Igualmente, [Vidal \(1995\)](#) evidenció que la salinidad y la transparencia tienen mayor influencia en la dinámica de la comunidad fitoplánctonica en la CGSM, en donde de acuerdo a los cambios de la salinidad se pueden presentar



dominancia por parte de grupos específicos de fitoplancton, como se observó en el caso de las cianobacterias durante el actual estudio.

**Tabla 4.1-4. Resultados del análisis BIOENV para cada una de las épocas climáticas, utilizando como variables fisicoquímicas profundidad (m), transparencia disco sechi (m), temperatura (°C), salinidad, pH, oxígeno disuelto (mg L<sup>-1</sup>), concentración de nitritos (μg L<sup>-1</sup>), nitratos (μg L<sup>-1</sup>), amonio (μg L<sup>-1</sup>), fosfatos (μg L<sup>-1</sup>), sólidos suspendidos totales - SST (mg L<sup>-1</sup>) y clorofila a (μg/L).**

Época	Año	Número de variables	Coeficiente de correlación (Rho)	Valor de significancia	Conjunto de variables con mayor correlación
Lluvia	2018	3	0,648	0,001	Nitratos, fosfatos, y SST
Seca	2019	5	0.901	0,00001	Transparencia. Salinidad, nitritos, fosfatos y SST

#### 4.1.2.3 Microalgas potencialmente nocivas en la CGSM

La presencia de fitoplancton potencialmente nocivo ha sido recurrente a lo largo de los monitoreos realizados en la CGSM, incluso, cabe resaltar que es frecuente observar altas densidades de estas microalgas (Tabla 4.1-5). No se encuentra el origen de la referencia.). Las mayores concentraciones de la cianobacteria *Synechocystis* se registró en la estación de Nueva Venecia en febrero de 2019 (69.388.441 cél. L<sup>-1</sup>), sin embargo, esta concentración es inferior a las reportadas durante otros períodos monitoreados ([INVEMAR, 2016e; 2018a](#) y [2018b](#)). Cabe resaltar que, este género no se encuentra reportado en la lista de la COI de UNESCO como productora de toxinas, sin embargo, su presencia en elevadas concentraciones se ha relacionado con mortandades masivas de peces en la CGSM ([Mercado, 1971](#); [Bula- Meyer, 1985](#); [Mancera y Vidal, 1994](#); [INVEMAR, 2014; 2015a; 2015b; 2015c; 2016a, 2016b; 2016c; 2016d](#)). Igualmente, en el periodo monitoreado, se registraron floraciones de las diatomeas *Nitzschia* y *Skeletonema* en varias estaciones, durante ambas épocas climáticas, sin embargo, no se evidenció la mortandad de organismos ni otros efectos nocivos que tuvieran relación con la presencia de estas microalgas.

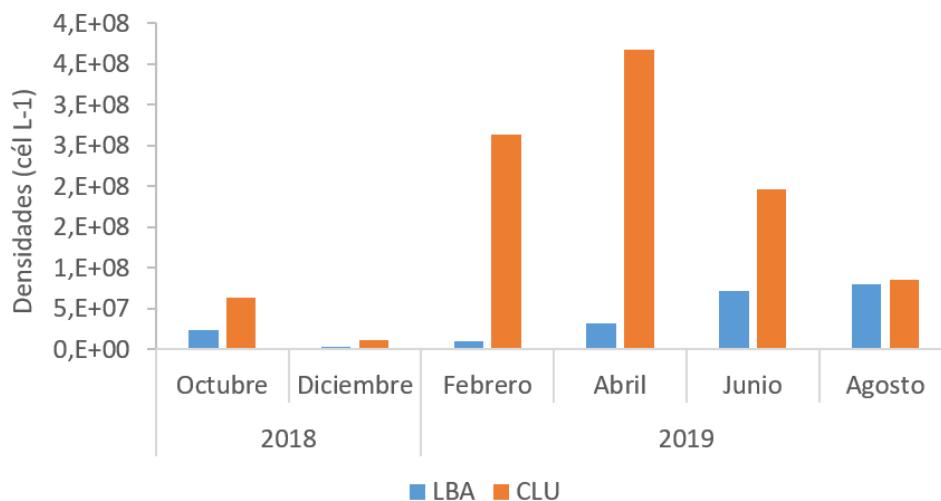


Tabla 4.1-5. Densidad (cél. L<sup>-1</sup>) de los géneros con especies de microalgas potencialmente tóxicas registrados durante octubre de 2018 (época de lluviosa) y febrero de 2019 (época seca) en las estaciones analizadas. H= época de lluvias y S= época seca. Estaciones: La Boca de la Barra (LBA), Ciénaga La Luna (CLU), Nueva Venecia (NVE), Centro Ciénaga (CEN), Rinconada (RIN), Frente al Río Fundación (FRF) y Caño Aguas Negras (CAN).

Género	LBA		CLU		NVE		CEN		RIN		FRF		CAN	
	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S
<i>Chaetoceros</i>	5.230	106.647	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Skeletonema</i>	305.971	198.059	0	0	0	0	0	447.537	0	2.559.534	3.885.006	3.126.287	0	0
<i>Nitzschia</i>	67.215	5.338.921	3.417.502	20.598.219	463.319	8.486.937	403.887	19.044	114.265	182.824	332.335	18.282	22.853	45.706
<i>Pseudo-nitzchia</i>	22.405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anabena</i>	0	0	0	137.118	0	251.383	0	9.522	0	0	0	73.130	0	27.424
<i>Raphidiopsis</i>	0	0	1.139.167	2.019.433		3.998.478	0	0	0	0	0	444.275	0	0
<i>Synechocystis</i>	19.168.620	0	20.333.609	58.574.658	29.737.903	69.388.441	21.026.800	42.954.749	15.327.498	27.423.574	15.988.120	54.519.489	14.868.952	23.877.038
<i>Anabaenopsis</i>	52.303	0	0	0	0	0	243.765	1.724.230	971.252	822.707	0	0	0	0
<i>Scrippsiella</i>	2.615	7.615	0	0	0	0	7.618	0	0	0	45.706	0	0	0
<i>Gymnodinium</i>	2.615	0	0	403.887	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alexandrium</i>	0	0	0	0	0	22.853	0	0	0	0	0	18.282	0	0
<i>Prorocentrum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	57.132	0	0	0	0	0

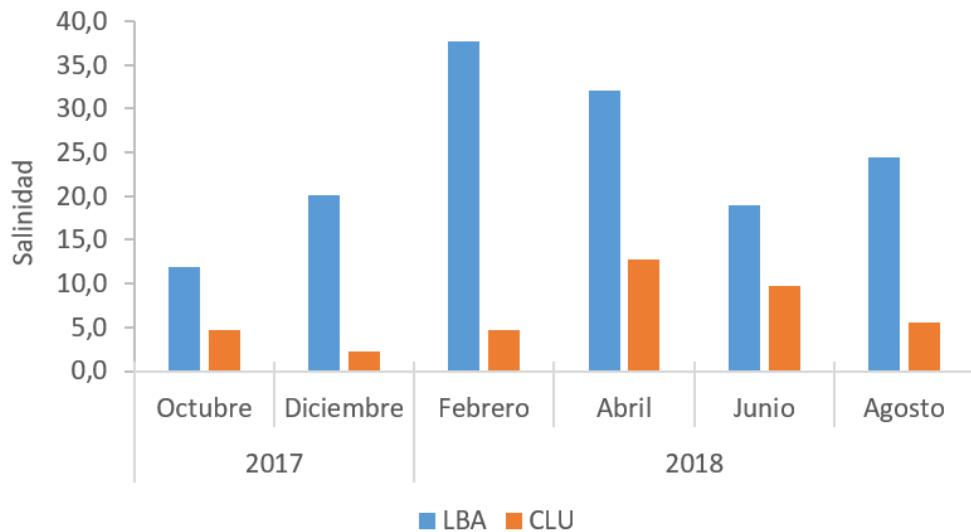


Como fortalecimiento al monitoreo de microalgas potencialmente nocivas en la CGSM, se realizaron muestreos cada dos meses entre octubre de 2018 y agosto de 2019 en las estaciones de la Boca de la Barra (LBA) y Ciénaga la Luna (CLU). Las densidades fitoplanctónicas en LBA oscilaron entre 2.936.049 y 80.321.297 cél. L<sup>-1</sup> correspondiendo a diciembre de 2018 y agosto de 2019, respectivamente. Las concentraciones registradas en la CLU fluctuaron entre 10.588.546 y 366.984.133 cél. L<sup>-1</sup> para los meses de diciembre de 2018 y junio de 2019 (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**). Estos resultados estuvieron dentro del rango reportado en los monitoreos realizados durante el 2016, 2017 y 2018 ([INVEMAR. 2018a; 2018b](#)).

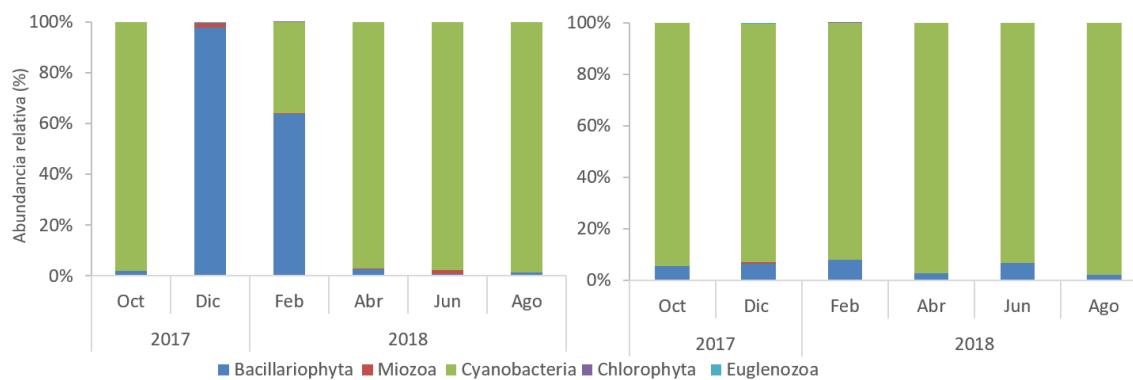


**Figura 4.1-48. Valores de la densidad fitoplancónica (cel. L<sup>-1</sup>) registrado en las estaciones de Boca de la Barra (LBA) y Ciénaga la Luna (CLU), entre octubre de 2018 y agosto de 2019.**

En los meses de febrero, abril y junio de 2019, las concentraciones fitoplanctónicas en la Ciénaga la Luna aumentaron, tendencia que también se observó en los mismos meses en el 2018 y probablemente se atribuya al período de transición entre la época seca y lluviosa, además, la baja salinidad (Figura 4.1-49) pudo favorecer la proliferación de las cianobacterias, siendo evidente un mayor aporte a las abundancias relativas de estas microalgas durante el periodo de tiempo monitoreado (Figura 4.1-50). Las cianobacterias contribuyeron en más del 90 % de la abundancia relativa en casi todos los meses en Ciénaga la Luna y en Boca la Barra, a excepción de diciembre y febrero en donde las diatomeas fueron los principales aportantes probablemente por la influencia marina y de los vientos Alisios en la Boca la Barra.

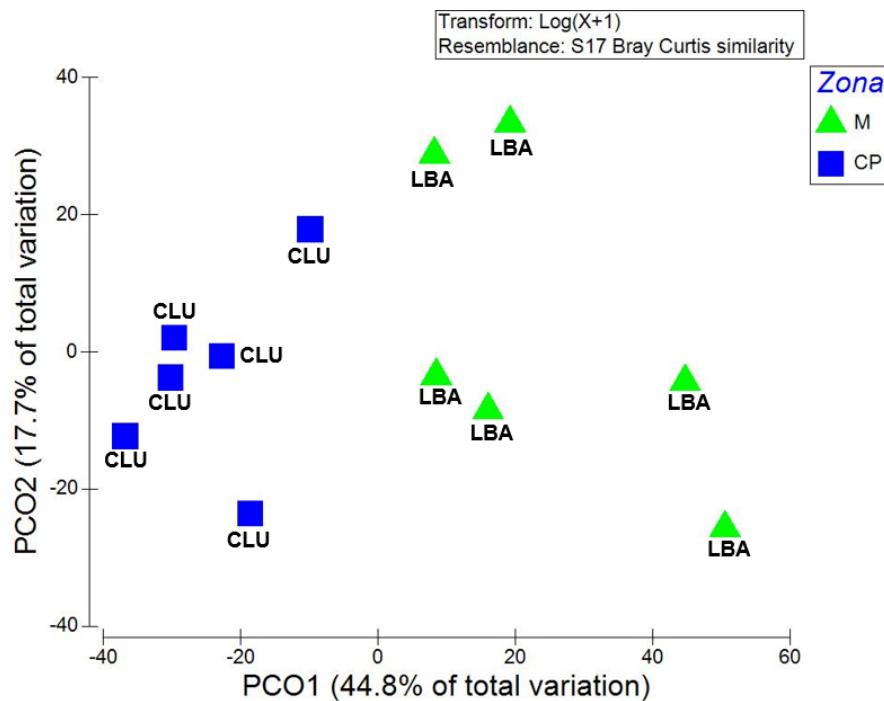


**Figura 4.1-49.** Valores de salinidad registrada en las estaciones de Boca de la Barra (LBA) y Ciénaga la Luna (CLU), entre octubre de 2018 y agosto de 2019.



**Figura 4.1-50.** Abundancia relativa de los principales grupos taxonómicos de fitoplancton en la Boca de la Barra (izquierda) y Ciénaga la Luna (derecha), entre octubre de 2018 y agosto de 2019.

El análisis de coordenadas principales evidenció una clara separación entre las dos estaciones (Figura 4.1-51), coincidiendo con los resultados del análisis multivariado no paramétrico PERMANOVA, el cual mostró diferencias significativas entre la comunidad fitoplanctónica de la Ciénaga la Luna y Boca la Barra ( $Pseudo-F= 11,6$ ;  $P= 0,006$ ). Estas diferencias se deben principalmente a una mayor dominancia durante todos los meses por parte las cianobacterias tanto en la abundancia relativa como en la densidad en la Ciénaga la Luna.



**Figura 4.1-51.** Análisis de ordenación mediante la técnica de coordenadas principales (PCO) implementando para la zona marina (M) y el complejo Pajarales (CP) como factores de agrupación. LBA= Boca de la Barra; CLU= Ciénaga la Luna.

En la Tabla 4.1-6 y Tabla 4.1-7, se registraron las densidades de los géneros que presentan especies potencialmente nocivas observadas en las estaciones Boca la Barra y Ciénaga la Luna entre octubre de 2018 y agosto de 2019. En Boca la Barra se identificaron 10 géneros, pertenecientes a los grupos de las diatomeas (*Skeletonema*, *Pseudo-nitzschia*, *Nitzschia* y *Chaetoceros*), dinoflagelados (*Gyrodinium*, *Gymnodinium* y *Scrippsiella*) y cianobacterias (*Pseudanabaena*, *Anabaenopsis* y *Synechocystis*). En Ciénaga la Luna se observaron 2 diatomeas (*Nitzschia* y *Chaetoceros*) 2 dinoflagelados (*Gymnodinium* y *Gyrodinium*.) y 5 cianobacterias potencialmente nocivas (*Anabaena*, *Raphidiopsis*, *Pseudanabaena* *Anabaenopsis* y *Synechocystis*). Cabe resaltar que *Synechocystis* contribuyó a las mayores densidades en las 2 estaciones, alcanzando las concentraciones más altas en abril y agosto de 2019 para Ciénaga la Luna (221.854.199 cel. L<sup>-1</sup>) y Boca la Barra (79.301.075 cel. L<sup>-1</sup>), respectivamente.



Tabla 4.1-6. Densidad (cel. L<sup>-1</sup>) de los géneros con especies de microalgas potencialmente nocivas registrados entre octubre de 2018 y agosto de 2019 en la estación Boca de la Barra (LBA).

Género	Boca de la Barra (LBA)					
	oct-18	dic-18	feb-19	abr-19	jun-19	ago-19
<i>Chaetoceros</i>	5.230	91.412	106.647	15.235	0	204.044
<i>Nitzschia</i>	67.215	114.265	5.338.921	15.235	296.184	346.876
<i>Pseudo-</i>	22.405	11.426	0	15.235	0	0
<i>Skeletonema</i>	305.971	1.565.429	198.059	91.412	15.235	0
<i>Gymnodinium</i>	2.615	22.853	0	45.706	1.192.235	0
<i>Scrippsiella</i>	2.615	0	7.618	0	0	0
<i>Synechocystis</i>	19.168.620	0	0	26.737.903	67.712.527	79.301.075
<i>Anabaenopsis</i>	52.303	0	0	296.184	0	0
<i>Gyrodinium</i>	0	0	0	0	22.853	0
<i>Pseudanabaena</i>	0	0	0	0	0	40.809

Tabla 4.1-7. Densidad (cel. L<sup>-1</sup>) de los géneros con especies de microalgas potencialmente nocivas registrados entre octubre de 2018 y agosto de 2019 en la estación Ciénaga la Luna (CLU).

Género	Ciénaga la Luna (CLU)					
	oct-18	dic-18	feb-19	abr-19	jun-19	ago-19
<i>Chaetoceros</i>		228.530				
<i>Nitzschia</i>	3.417.502	457.060	20.598.21	3.808.074	1.066.261	1.602.676
<i>Gymnodinium</i>	0	25.392	403.887	423.119	0	29.679
<i>Synechocystis</i>	20.333.60	1.320.39	58.574.65	221.854.19	122.916.66	56.830.15
<i>Anabaenopsis</i>				5.077.432		296.792
<i>Gyrodinium</i>					355.420	
<i>Pseudanabaen</i>						534.225
<i>Raphidiopsis</i>	1.139.167	177.745	2.019.433	1.269.358	355.420	415.509
<i>Anabaena</i>			137.118	0	0	178.075

Es importante mencionar que, en las dos estaciones fueron evidentes géneros de microalgas que se han reportado en la literatura como productoras de toxinas (Tabla 4.1-8). Sin embargo, hasta la fecha no se han realizado análisis de toxinas para confirmar la presencia de estas en la CGSM, y tampoco se han relacionado con las mortandades de peces, por lo tanto, es recomendable continuar con el monitoreo, considerando que géneros como *Gymnodinium*, *Scripsiella*, *Anabaena*, *Anabaenopsis* y *Pseudo-nitzschia* son registrados con frecuencia en la CGSM, y no se descarta la posibilidad de que incrementos en sus densidades puedan generar efectos no deseados ([Reguera et al., 2016](#)).



**Tabla 4.1-8. Géneros potencialmente nocivos de fitoplancton observados entre octubre de 2018 y agosto de 2019, y el efecto nocivo al cual se han asociado en otros lugares del mundo y/o en Colombia. CLU: estación Ciénaga la Luna; LBA: estación Boca de la Barra. MCC = Máxima concentración celular.**

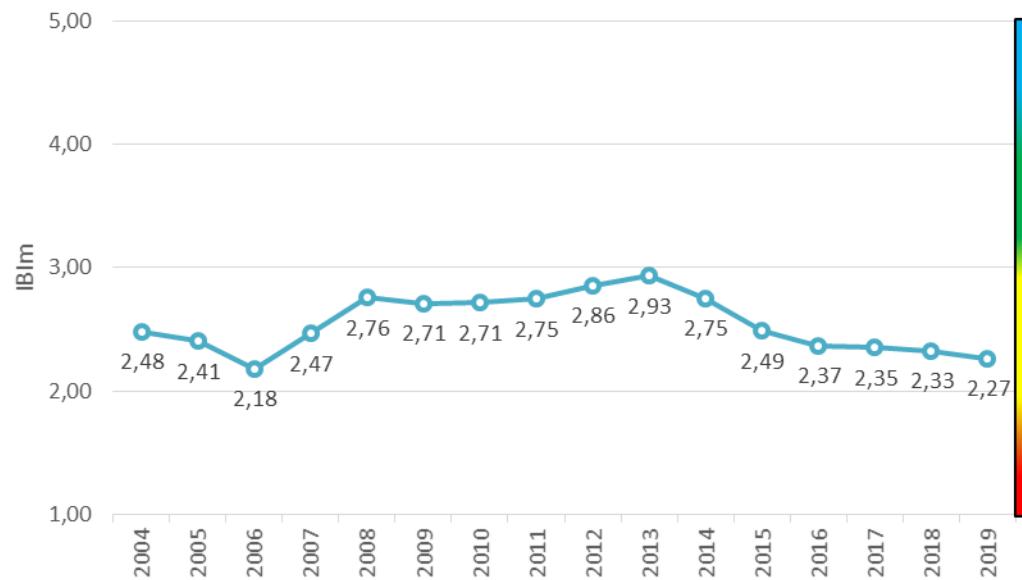
Género	MCC en la CGSM (Células o colonias.L <sup>-1</sup> )	Estación - fecha	Efecto nocivo producido	Referencia bibliográfica
<i>Gymnodinium</i>	1.192.352	LBA-jun-19	Causante del síndrome tóxico TPM, (Toxina Paralizante por Maricos); asociado también con mortandades de peces.	<a href="#">Gómez, 2003</a> ; <a href="#">UNESCO, 1996</a> ; <a href="#">Hallegraeff et al., 2004</a> .
<i>Scrippsiella</i>	7.618	LBA-feb-19	Asociado a mortandad de peces, aunque su toxicidad se encuentra en discusión.	<a href="#">Tang y Glober, 2011</a> .
<i>Anabaena</i>	178.075	CLU-ago-19	Ocasiona inhibición nerviosa (parálisis muscular) por producción de saxitoxinas y anatoxinas; daños hepáticos y renales por microcistinas y cylindrospermopsina; irritación de piel, alergias, efectos gastrointestinales (por lipopolisacáridos, LPS), lesiones necróticas de órganos. La ingestión crónica de microcistinas puede promover la aparición de tumores a largo plazo.	<a href="#">UNESCO, 2009</a> ; <a href="#">Hernández-Orozco y Gárate-Lizárraga, 2006</a> ; <a href="#">Aguayo y Muñoz, 2001</a> .
<i>Anabaenopsis</i>	5.077.432	CLU-abr-19	Ocasiona daños hepáticos y renales por microcistinas, además de irritación de piel, alergias, efectos gastrointestinales; está asociada con mortandades de peces y animales domésticos.	<a href="#">UNESCO, 2009</a> ; <a href="#">Aguayo y Muñoz, 2001</a> ; <a href="#">Mancera y Vidal, 1994</a> ; <a href="#">Bula- Meyer, 1985</a> .
<i>Synechocystis</i>	221.854.199	CLU-abr-19	Considerada como una potente productora de neurotoxina y hepatotoxina.	<a href="#">UNESCO, 2009</a>
<i>Pseudo-nitzschia</i>	22.405	LBA-oct-18	Causante del síndrome tóxico TAM (Toxina Amnésica por	<a href="#">Sar et al., 2002</a> ; <a href="#">Sunesen et</a>



Género	MCC en la CGSM (Células o colonias.L <sup>-1</sup> )	Estación - fecha	Efecto nocivo producido	Referencia bibliográfica
			Mariscos), por producción de ácido domóico.	<a href="#">al., 2009;</a> <a href="#">UNESCO,</a> <a href="#">1996.</a>
<i>Skeletonema</i>	1.565.429	LBA-dic-18	Altas densidades de estas microalgas han estado asociadas a mortandades de peces por ocasionar lesiones en sus branquias.	<a href="#">Hallegraeff et al., 2004</a>
<i>Chaetoceros</i>	228.530	LBA-dic-18		

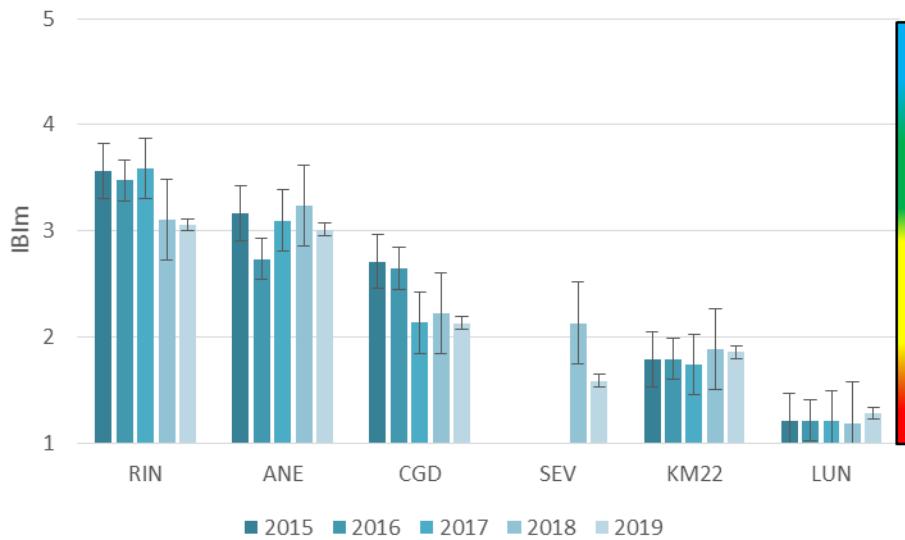
## 4.2 BOSQUE DE MANGLAR

Basado en los datos de monitoreo de los 3 primeros trimestres de 2019, se realizó el cálculo del Índicador de Integridad Biológica para manglares en las 6 estaciones de monitoreo de la CGSM, el cual mostró un estado “regular” de manera general (Figura 4.2-1). Este resultado se viene observado desde el año 2004, sin embargo, se han presentado momentos cercanos al “buen estado” como en el 2013. Desde ese momento hasta el presente, se puede ver una disminución del indicador que se acentúa en el año 2016, evidenciando así la perdida de características estructurales y funcionales del manglar. Los resultados observados para los últimos años están estrechamente relacionados al fuerte fenómeno de “El Niño” presentado en el periodo 2014-2016 y la correspondencia de este con los caudales, tributarios y la disponibilidad de agua en la ciénaga ([Blanco, 2006](#)). Durante este periodo los valores de precipitación promedio para la región Caribe disminuyeron en hasta un 37% ([Fernández et al., 2016](#)).



**Figura 4.2-1. Indicador de Integridad biológica para el manglar en la CGSM. La barra de colores en la parte derecha del grafico corresponde a las diferentes escalas de interpretación del IBIm nombradas en la Tabla 3.3-1.**

El IBIm calculado para cada estación, con los datos de los últimos años (2015 y hasta el tercer trimestre de 2019, fecha del último monitoreo realizado); se observan cuatro clasificaciones de estado de integridad en las estaciones analizadas (Figura 4.2-2). Localidades en “buen estado” (Rinconada y Aguas Negras), localidades en estado “regular” (Caño Grande), localidades en estado “pobre” (Kilometro 22 y Sevillano) y finalmente una estación con estado “no deseable” (Luna). Estos resultados están íntimamente relacionados con el estado estructural, la dinámica de la regeneración natural, los componentes fisicoquímicos de las aguas de manglar y el estado fitosanitario del bosque. A continuación, se realiza un acercamiento a estos aspectos para el año en curso en cada una de las estaciones de monitoreo en el complejo lagunar.

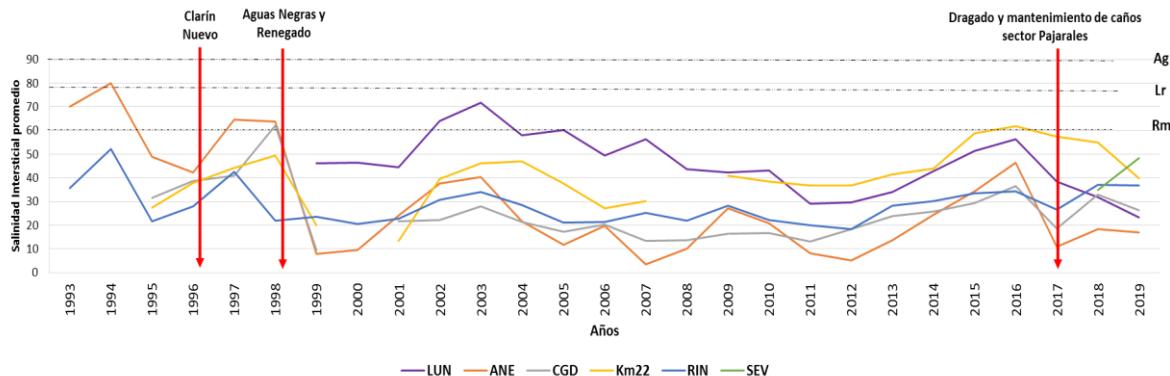


**Figura 4.2-2. Indicador de Integridad Biológica de manglar (IBIm) en los últimos cinco años para las estaciones de monitoreo de CGSM. LUN=Luna, ANE= Aguas Negras, CGD= Caño Grande, KM22= Kilómetro 22, RIN= Rinconada, SEV= Sevillano. La barra de colores en la parte derecha del grafico corresponde a las diferentes escalas de interpretación del IBIm nombradas en la Tabla 3.3-1.**

#### 4.2.1 SALINIDAD Y NIVEL DE AGUA

La salinidad es una de las variables que define la supervivencia, estructura, desarrollo y zonificación de los manglares ([Hutching y Saenger, 1987](#); [Flores-Verdugo, 2006](#); [Alfaro et al., 2015](#)). En general, los cambios históricos en la salinidad del agua intersticial del manglar en las estaciones de monitoreo están relacionadas con los aportes de agua dulce del Río Magdalena, a través de los canales y caños y a su vez de los ríos provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta que desembocan en el área; así como con los patrones climáticos globales como El Niño y La Niña.

Los promedios generales de salinidad intersticial a 0,5 m de profundidad, desde el año 1995 hasta el presente y los principales eventos de rehabilitación hídrica en el sector Pajarales, se muestran en Figura 4.2-3. En general, se observa como la salinidad disminuyó después de las obras de apertura y mantenimiento de los canales, tanto en el año 1998, como en el 2017. Específicamente para este último año, se realizaron dragados en la parte noroccidental del complejo, en los caños Caleta del Tambor, Bristol, Covado, Machetico, Ahuyama, Pajaral, Aguas Negras, Renegado y Condazo (Figura 4.2-4) que permitieron mayor ingreso de agua dulce al sistema, lo cual generó un descenso de la salinidad, particularmente para las estaciones Luna, Caño Grande y Aguas negras. Durante el año 2018, además se realizan trabajos en los caños El Salado, Burro, Clarín Nuevo (Figura 4.2-4), con el mismo objetivo. Vale la pena aclarar que la reducción de la salinidad también podría estar relacionada con el aumento en de las precipitación por eventos La Niña (años 1999 y 2011).



**Figura 4.2-3 Cambios anuales en el promedio de salinidad intersticial (0,5m) dentro de las estaciones de monitoreo de manglar en CGSM. Las líneas rojas verticales representan procesos de rehabilitación hídrica de caños y canales. Las líneas punteadas horizontales negras representan el límite fisiológico de las especies de manglar Rm (*Rhizophora mangle*), Lr (*Laguncularia racemosa*) y Ag (*Avicennia germinans*).**



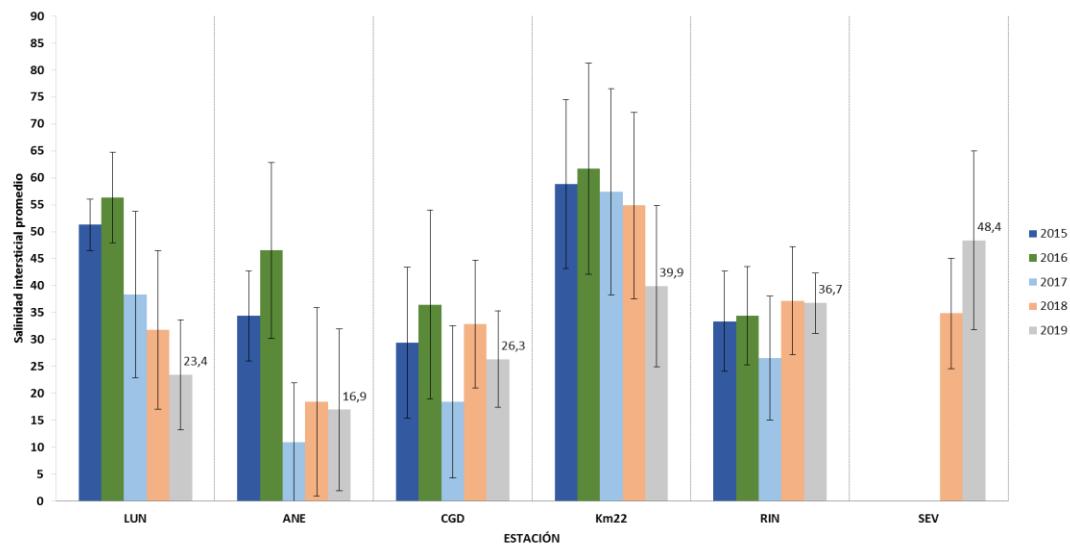
**Figura 4.2-4. Algunos de los caños dragados durante la vigencia 2017-2018 por la Corporación Autónoma regional del Magdalena (CORPAMAG). Imagen sin escala, con fines ilustrativos. Tomado del Sistema de Información para la gestión de los manglares de Colombia – SIGMA – Series de tiempo CGSM**

<http://buritaca.invemar.org.co/SigmaGeoVisor/>

Para el 2019, en cinco estaciones de monitoreo se registraron salinidades promedio menores a 40 unidades (Figura 4.2-5), valores tolerables para el desarrollo de las diferentes especies de mangle. Estas plantas tienen una tolerancia fisiológica diferencial con respecto a la salinidad, para el caso de *Avicennia germinans* la tolerancia es de hasta 90 unidades ([McKee, 1995](#)), *Rhizophora mangle* un



máximo 60 unidades (Cintrón et al., 1978) y *Laguncularia racemosa* de 80 unidades ([Jiménez, 1994](#)). En el 2019 la mayoría de las estaciones presentaron valores promedio más bajos respecto al 2018, excepto Sevillano en donde la salinidad aumentó. Para 2019, la estación Aguas Negras presentó las menores salinidades (16.9 unidades), seguida de Luna (23.4), Caño Grande (26.3), Rinconada (36.7), Kilómetro 22 (39.9) y finalmente Sevillano (48.4); esta última estación es la más cercana a la Boca de la Barra y por ende la que está más influenciada por las aguas del mar Caribe, lo que explicar la alta salinidad. Se destaca la disminución de la salinidad en la estación Luna que alcanzó el valor de 23.4 unidades y corresponde al registro más bajo desde las primeras mediciones que se han realizado desde el año 2000.



**Figura 4.2-5. Promedio de salinidad intersticial (0,5m) en las estaciones de monitoreo de CGSM para los últimos 5 años\*. La estación Sevillano empieza a ser monitoreada desde el año 2018.**

El comportamiento de la salinidad en superficie para el cuarto trimestre de 2018 y de los tres primeros trimestres de 2019 se muestra en la Figura 4.2-6, donde se observa que la estación con salinidades más bajas fue Aguas Negras, con valores que no superan las 5 unidades. Esta estación recibe agua dulce del río Magdalena a través del caño del mismo nombre. En las estaciones Sevillano y Rinconada, se registraron las mayores salinidades, con valores mayores a 20 unidades, vale la pena recordar que éstas estaciones están dentro del cuerpo de agua principal y reciben mayores aportes del Mar Caribe.

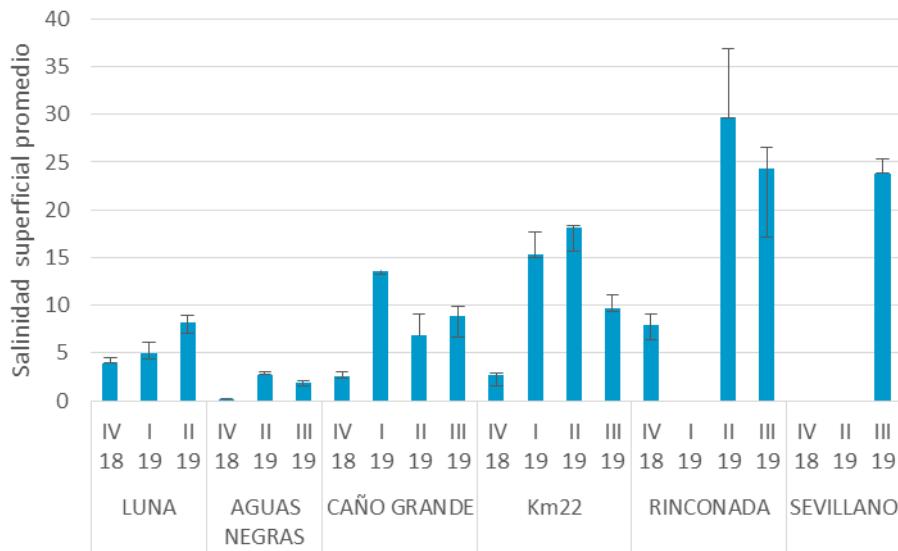


Figura 4.2-6. Salinidad superficial de las estaciones de monitoreo de manglar CGSM

El conocimiento de la topografía de los humedales permite determinar la distribución de los mismos, así como establecer áreas potenciales de restauración y la ampliación o creación de nuevas áreas para determinadas especies; los cambios en la topografía menores de 10 cm dan lugar a distintos tipos de comunidades de humedales. Así, en el bosque de manglar la presencia de una u otra especie, así como su extensión en un sitio determinado, están definidas por pocos centímetros de diferencia topográfica (< 90 cm) ([Flores-Verdugo, 2007](#)).

Para el caso de CGSM se cuenta con información del nivel de inundación que pueden relacionarse con la topografía del sitio. Los mayores niveles de inundación en el año 2019, se observaron en las estaciones Luna y Kilómetro 22 con valores promedio que superan los 20 cm y los más bajos para las estaciones Caño Grande y Sevillano con menos de 15 cm de inundación. Las estaciones Rinconada y Aguas Negras presentan fluctuaciones entre 15 y 18 cm de profundidad, y entre 17 y 24 cm respectivamente (Figura 4.2-7). Al comparar el comportamiento del nivel de inundación específicamente en los 10 puntos de muestreo del transecto asociado a las estaciones Luna y Kilómetro 22, se puede observar que estas permanecen inundadas durante los cuatro trimestres del año, con un nivel de inundación de mayor magnitud para Luna alcanzando valores de hasta 110 cm y de 57 cm para Kilómetro 22 (Figura 4.2-8); los elevados niveles de inundación pueden considerarse un gran limitante para el establecimiento de nuevos individuos, ya que no existe un área disponible que permita su implantación. En general, los niveles de inundación en las estaciones en mejor estado de integridad (RIN, ANE, CGE) fueron significativamente más bajos, en comparación de aquellas con niveles de inundación mayores (K22 y LUN), las cuales fueron clasificadas en estado “No deseable” y “Pobre”, respectivamente.

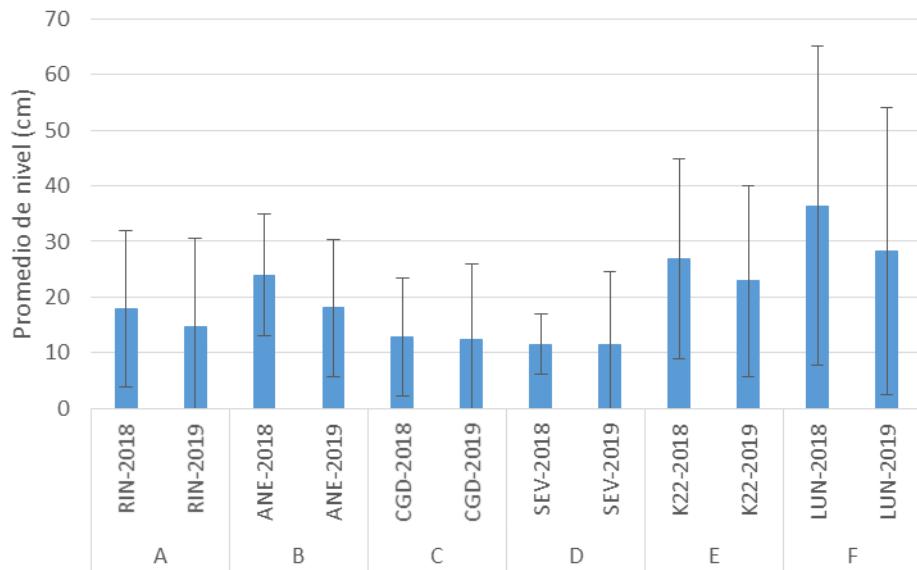


Figura 4.2-7. Promedio del nivel de inundación en las estaciones de monitoreo para los años 2018 y 2019.

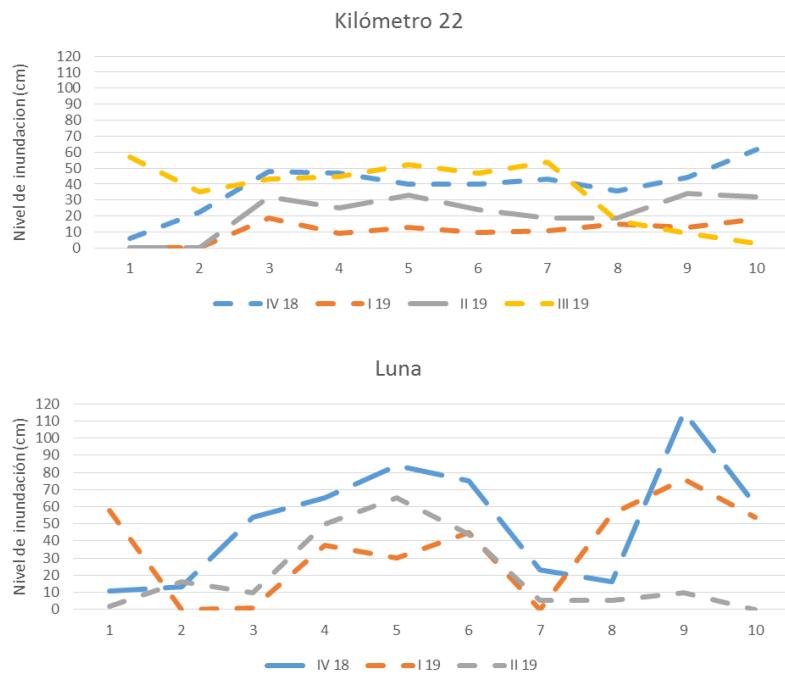


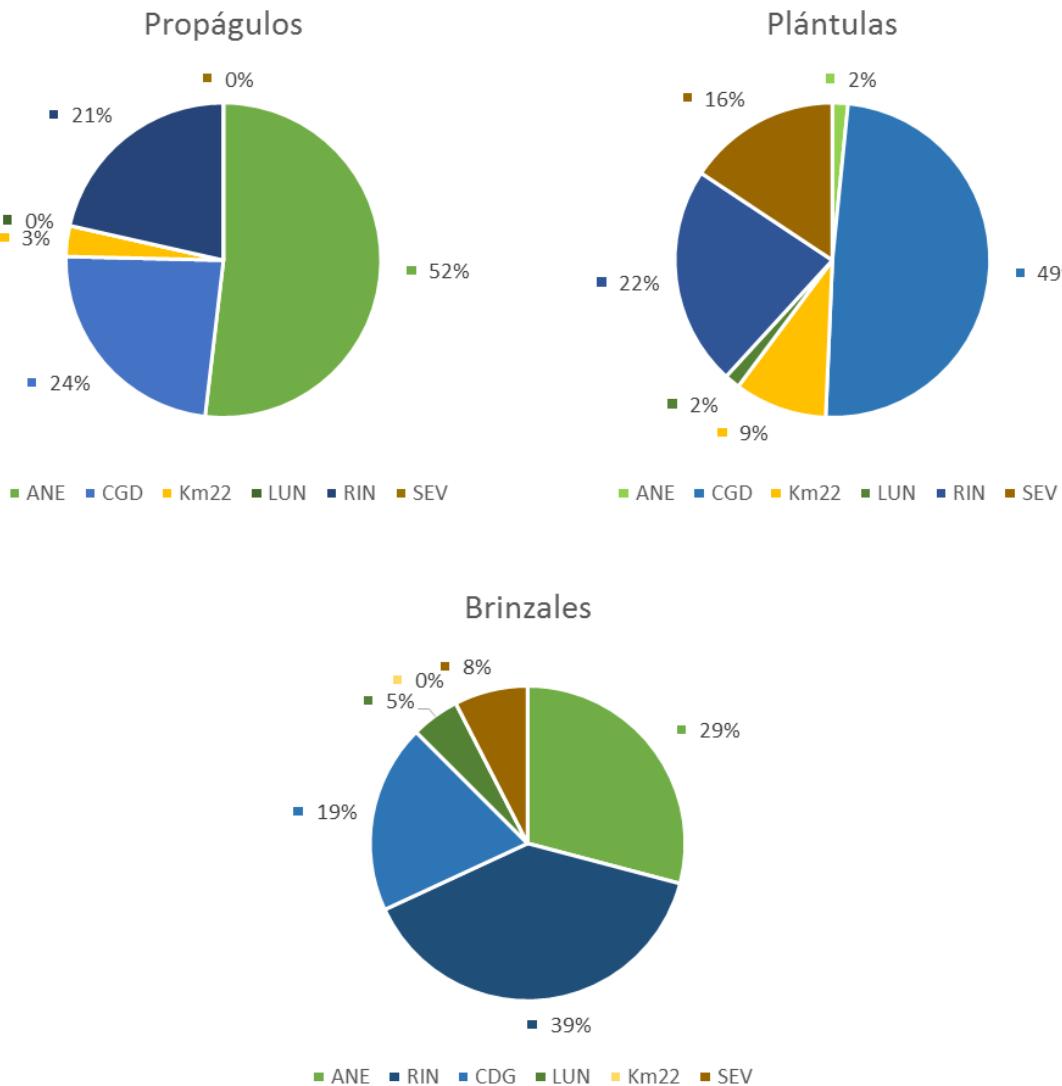
Figura 4.2-8. Comportamiento del nivel de inundación para las estaciones Luna y Kilómetro 22. Promedios del año 2019 y cuarto trimestre de 2018.



#### 4.2.2 REGENERACIÓN NATURAL Y RECLUTAMIENTO

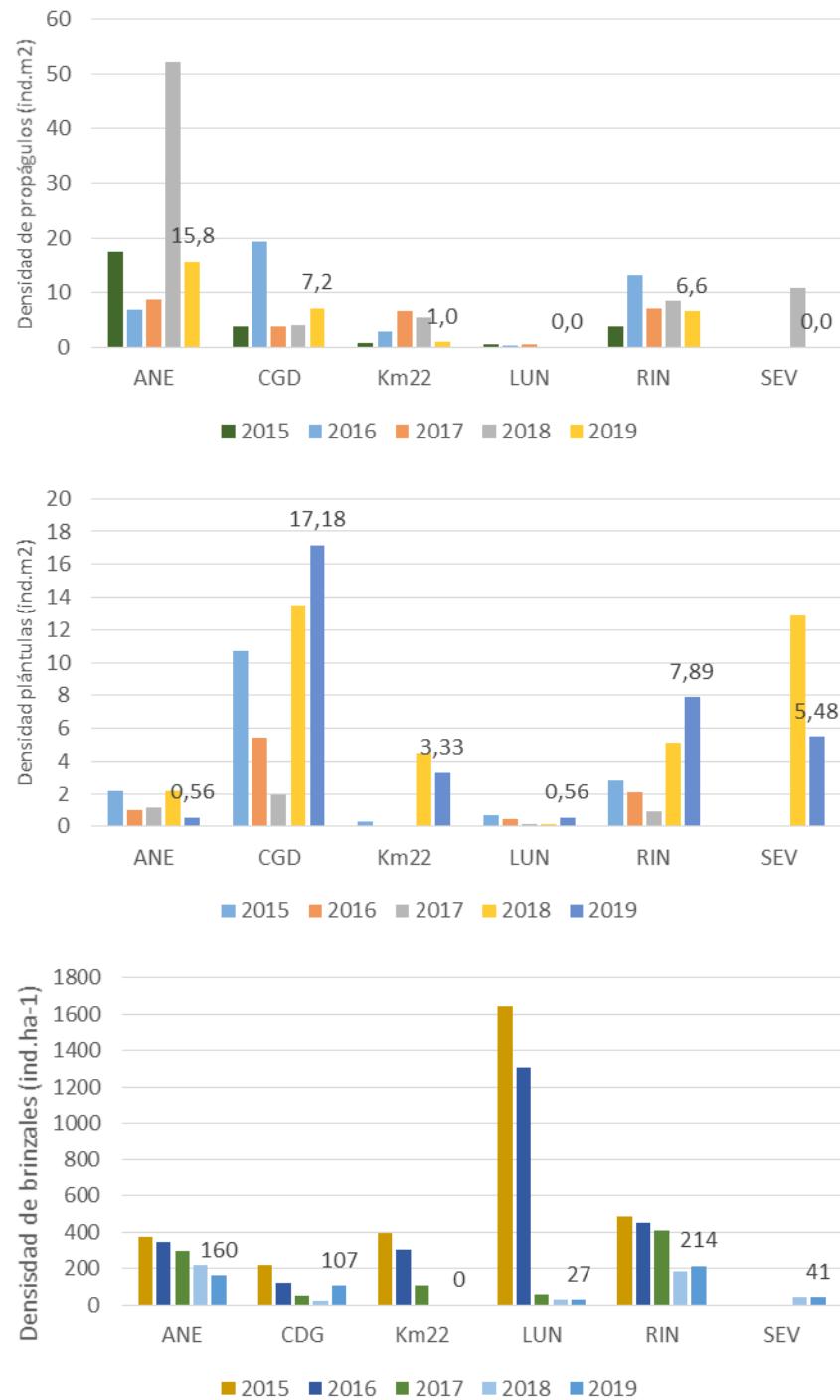
Dentro de los factores que permiten el repoblamiento, mantenimiento, y los procesos de sucesión dentro del bosque de manglar aparece la regeneración natural de semillas y plántulas como uno de los más importantes ([Sánchez-Páez et al., 1997](#)). Igualmente, es relevante la presencia proporcional de brizales (con valores de diámetro a la altura del pecho entre 2.5 y 4.9 cm), ya que estos darán paso a etapas estructurales del bosque de mayor madurez (arboles grandes: latizales y fustales) ([Navarrete y Ramírez, 2014](#)).

La relación porcentual de las plántulas, propágulos y brizales para 2019 en las diferentes estaciones de monitoreo dentro del complejo se muestra en la Figura 4.2-9. Con respecto a los propágulos, la estación con mayor representación fue Aguas Negras, con un 52% y 15.8 ind.m<sup>2</sup>, seguido de Caño Grande con un 24% y 7.2 ind.m<sup>2</sup>, y estaciones sin presencia de propágulos, como Sevillano y Kilómetro 22. A nivel de plántulas, la estación con mayor representación fue Caño Grande, con el 49% y 17.18 ind.m<sup>2</sup>, seguido de Rinconada con un 22% y 7.89 ind.m<sup>2</sup>, los porcentajes más bajos se registraron en las estaciones Luna y Aguas Negras (0.56 ind.m<sup>2</sup>). Para el caso de los brizales, que corresponden a estadios de mayor desarrollo, se destacan las estaciones Rinconada con 39% y 214 ind/ha, Aguas Negras con 29% y 160 ind/ha, Caño Grande con 19% y 107 ind/ha, seguido de Sevillano con 8% y en los últimos lugares Luna con 5% y Kilometro 22 sin ningún tipo de representación. Cabe destacar la correspondencia entre la presencia de brizales con los resultados del IBI<sub>m</sub> (Figura 4.2-2), ya que para el 2019, las estaciones con mayor número de brizales fueron las que obtuvieron el mayor valor del indicador; este resultado sugiere que la presencia de brizales podría ser un indicador sencillo del estado de integridad del bosque.



**Figura 4.2-9. Relación porcentual de plántulas, propagulos y brizales en la CGSM para el año 2019.**

El comportamiento temporal de la regeneración natural para los últimos 5 años se muestra en la Figura 4.2-10. En general, en el 2019 los propagulos disminuyeron en la mayoría de estaciones con respecto a 2018, solamente Caño Grande mostró un aumento con 7.2 ind.m<sup>2</sup>. Las plántulas tuvieron un comportamiento altamente variable a lo largo de los años y los brizales una tendencia a la disminución durante ese periodo de tiempo. Para 2019, se destaca un leve incremento en esta variable.



**Figura 4.2-10. Densidad total de propagulos, plántulas y brizales en las estaciones de monitoreo CGSM.**

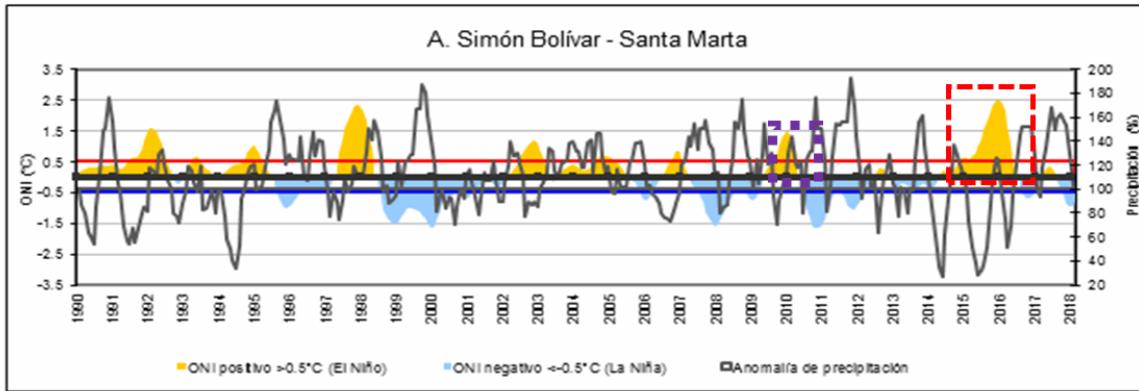
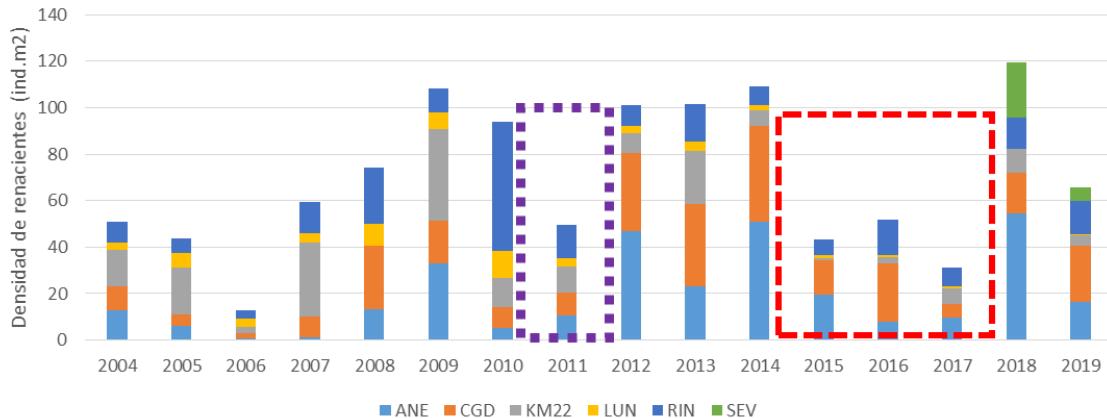
El ecosistema de manglar de la CGSM presenta una fuerte relación entre los aportes de agua y la producción o establecimiento de semillas o plántulas. Históricamente, los efectos de prolongadas



precipitaciones y la reapertura, dragado y mantenimiento de caños que alimentan la Ciénaga, favorecen el proceso de dispersión, sin embargo, si existe un prolongado proceso de inundación se genera una baja tasa de implantación ([INVEMAR, 2003](#)). Este efecto se puede ver en las estaciones Kilómetro 22 y Luna, que presentan los estados más pobres en regeneración natural y a su vez los más altos grados de inundación (Figura 4.2-7, Figura 4.2-8, Figura 4.2-9).

La estación Caño Grande, a lo largo del tiempo ha sido una de las más dinámicas en cuanto al comportamiento de la regeneración natural, ya que en la mayoría de los años el porcentaje de renacientes (plántulas + propágulos) es mayor en comparación con las otras estaciones (Figura 4.2-10). Cabe resaltar que a nivel estructural esta estación tiene unas características diferentes a las demás estaciones, principalmente porque la especie más importante en la dinámica de la vegetación es el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) (Página 125).

En la Figura 4.2-11 se puede ver la correspondencia con los períodos de mayor precipitación y los de mayor producción de plántulas y propágulos, y viceversa; por ejemplo, se puede ver en el período comprendido entre 2014 y 2017 que bajo una condición "El Niño" fuerte (poca precipitación), disminuye la cantidad de plántulas y propágulos. Este tipo de fenómenos climáticos son altamente influyentes en el desarrollo y estado de salud del bosque de manglar dentro del área, ya que pueden afectar la salinidad superficial e intersticial y en consecuencia afectan la regeneración natural, como se observa al comparar la Figura 4.2-11 y Figura 4.2-5 en donde para el período comprendido entre 2014 al 2017 se ve un aumento en la salinidad intersticial (relacionado con ONI positivo  $>0,5$ ) y en el período 2011 al 2013 una disminución en esta misma variable (relacionado con ONI negativo  $<0,5$ )



**Figura 4.2-11.** Parte superior: Densidad acumulada de plántulas y propágulos en CGSM. Parte interior: Serie de tiempo de la precipitación porcentual respecto a la media vs. Índice Oceánico de El Niño (ONI). Datos para el aeropuerto Simón Bolívar – Santa Marta (Fuente: [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)). Los recuadros rojo y morado muestran relaciones de correspondencia entre ambos gráficos.

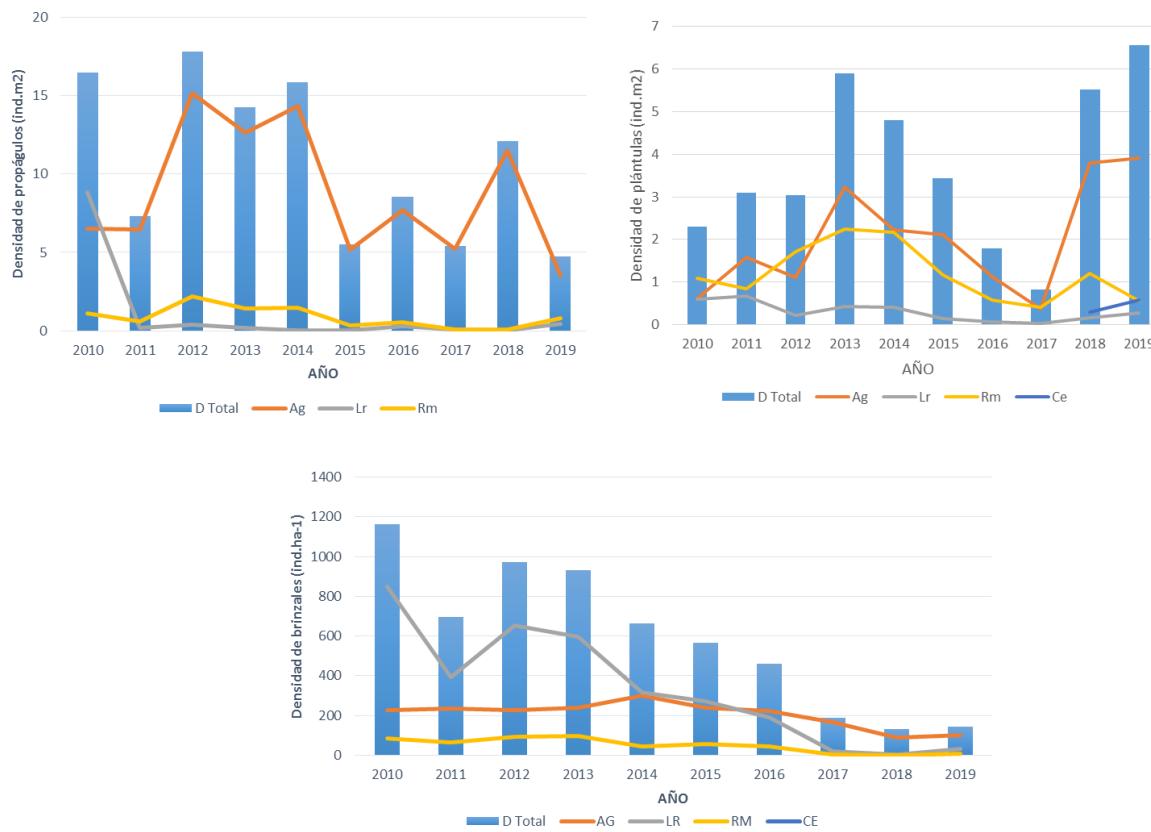
La variabilidad en la densidad de plántulas, propágulos y brizales durante el periodo 2010 - 2019 se muestra en la Figura 4.2-12. Se observó un aumento en la densidad de plántulas (primer estadio de vida de la planta) pasando de 0,82 individuos por metro cuadrado en el año 2017, a 5,51 y 6,57 individuos por metro cuadrado en el periodo 2018-2019 respectivamente; esto podría explicarse por el aumento en la cantidad de agua que ingresa al sistema y que esta posiblemente relacionado con la apertura y dragado de caños que se viene realizado desde el 2017, lo cual genera diferencias en las condiciones físicas locales, incluyendo la salinidad.

Al observar el comportamiento de los brizales (Figura 4.2-12) que corresponden a individuos más grandes, con un tallo de mayor porte o con un sistema lignificado que le permite ser más resiliente a las condiciones adversas del sistema, se hace observó una disminución de la densidad entre el 2013 y el 2017, lo que puede indicar que los individuos no están siendo integrados efectivamente en el sistema, repercutiendo finalmente en el desarrollo poblacional del bosque. Aunque este proceso se presenta en todas las estaciones, es más marcado en Luna y Kilometro 22 que tuvieron un crecimiento exponencial de nuevos individuos bajo esta categoría desde el año 2010 a 2013



([INVEMAR 2018a](#) y [2018b](#)). Para los años 2018 y 2019 se observó un aumento en el número de brizales en estaciones como Sevillano, Rinconada y Caño Grande (Figura 4.2-10).

Para la densidad de semillas, plántulas y brizales por especie se puede ver que la especie *Avicennia germinans* domina en los 3 casos (Figura 4.2-12), lo que puede deberse a su alta capacidad de producción de propágulos como estrategia reproductiva (Pinto-Nolla et al., 1995); [Hoyos et al., 2013](#), por ser una especie resistente a amplios rangos de salinidad (Pinto-Nolla et al., 1995), igualmente la especie tiene altas tasas de germinación y una producción regular de diásporas ([Din et al., 2002](#)).



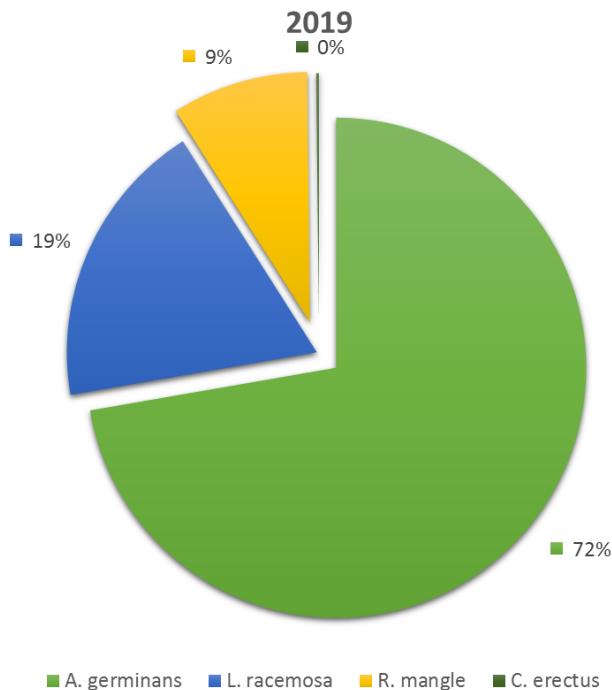
**Figura 4.2-12. Densidad total y por especie de propagulos, plántulas y brizales en las estaciones monitoreadas de la CGSM en el periodo 2010-2018.**

#### 4.2.3 ESTRUCTURA DEL BOSQUE DE MANGLAR

La estructura forestal del bosque de manglar exhibe una gran variabilidad y responde a parámetros medio ambientales, físicos y químicos del agua y del sustrato donde se establecen. Entre tales factores aparecen las concentraciones de nutrientes aportados por ríos y caños, la precipitación e intensidad de la evaporación, el nivel topográfico, la frecuencia y periodos de inundación que dan

las mareas, y también la composición del sedimento. Existen factores o tensores negativos que pueden afectar la estructura y el desarrollo del bosque tales como las sequias prolongadas, altas salinidades, la herbívora y la aparición de plagas o enfermedades ([Agraz-Hernández et al 2006](#)).

La evaluación de la estructura de los manglares de CGSM en 2019 se basó en la medición de 577 árboles de las 6 estaciones de monitoreo, en total 49 árboles más que el año anterior, debido a la inclusión de una nueva estación de monitoreo (Sevillano). La especie *Avicennia germinans* o mangle negro es la que predomina con el 72%, seguida de la especie *Laguncularia racemosa* o mangle amarillo con el 19% de representatividad, *Rhizophora mangle* con el 9% y finalmente *Conocarpus erectus* con el 0.17% (Figura 4.2-13). Esta última especie está restringida únicamente a la estación Sevillano. Las estaciones con mayor densidad de individuos fueron Rinconada con 1243 individuos por hectárea ( $\text{ind. ha}^{-1}$ ) y Aguas Negras con 1120  $\text{ind. ha}^{-1}$ , le siguen Caño Grande y Sevillano con 567 y 560  $\text{ind. ha}^{-1}$  respectivamente. En el último lugar aparece Luna y Kilometro 22 con 127  $\text{ind. ha}^{-1}$  respectivamente (Figura 4.2-14). En las estaciones Rinconada, Aguas Negras y Kilómetro 22, se observó una pérdida de individuos entre el 2018 y 2019, por muerte o tala, alcanzando un total de 136  $\text{ind. ha}^{-1}$ , 380  $\text{ind. ha}^{-1}$  y 7  $\text{ind. ha}^{-1}$  respectivamente.



**Figura 4.2-13. Relación porcentual de especies encontradas en el componente estructural CGSM.**

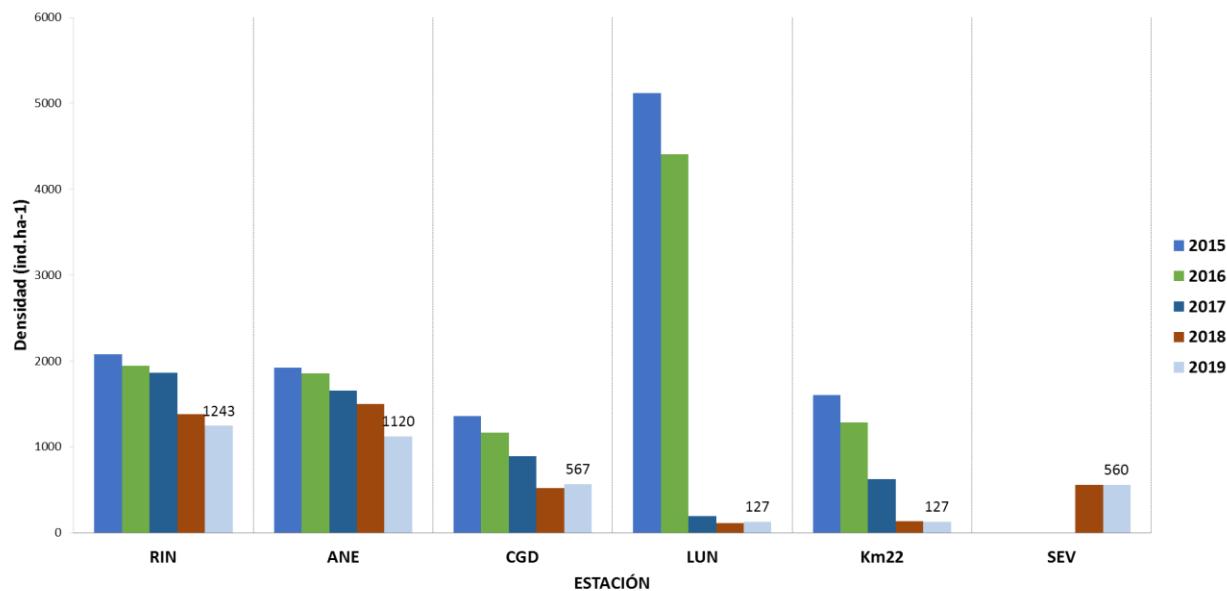


Figura 4.2-14. Densidad de árboles en las estaciones de monitoreo de CGSM durante el periodo 2015-2019

La medida de área basal es una excelente variable indicadora del grado de desarrollo de un bosque, puesto que está ligado con el grosor, volumen de la madera o biomasa del bosque ([Sanchez-Páez et al., 1998](#)). La Figura 4.2-15 muestra el área basal, la densidad de árboles y el índice de valor de importancia (IVI)<sub>m</sub> por especie para las estaciones Rinconada y Aguas Negras, cuyo IBlm indica que están en “buen estado” (Figura 4.2-2)(). En ambas estaciones, la especie más importante para la estructura del sistema en 2019 fue *Avicennia germinans* con un índice de valor de importancia (IVI) de 232.5 para Aguas Negras y de 188.6 para Rinconada, presentando un área basal de 18.82 y de 22.14 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup> respectivamente. Desde el año 2012 en Rinconada y el 2010 en Aguas Negras se han perdido características estructurales, principalmente por la mortandad de individuos y la perdida de área basal ([INVEMAR 2018a](#) y [2018b](#)).



**Figura 4.2-15. Área basal, densidad e índice de valor de importancia para las estaciones Rinconada y Aguas Negras**

Para la estación Caño Grande la especie más importante es el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) con un IVI de 159,7, seguido de *Avicennia germinans*, con un IVI de 97.7; y para Sevillano es *Avicennia germinans* con un valor de 281 (Figura 4.2-16) . Con respecto a las estaciones Aguas Negras y Rinconada, la dimensión del valor de área basal en Sevillano y Caño Grande es significativamente menor (valores entre 6.6 y 6.7 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> vs valores entre 18.8 y 22.1 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>); los bajos valores de área basal podrían estar asociadas a condiciones de mayor intervención antrópica en estas zonas. Este hecho fue reportado por ([Sanchez-Páez et al., 1998](#)) para una parcela permanente en la localidad Sevillano establecida durante los años 1996-1997 durante el Proyecto “Manglares de Colombia”. En ese mismo estudio se observaron valores cercanos a los encontrados para área basal en Rinconada y Aguas Negras (2019) en una parcela permanente en CGSM denominada “Isla Salamanca” (aprox. 28 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>).

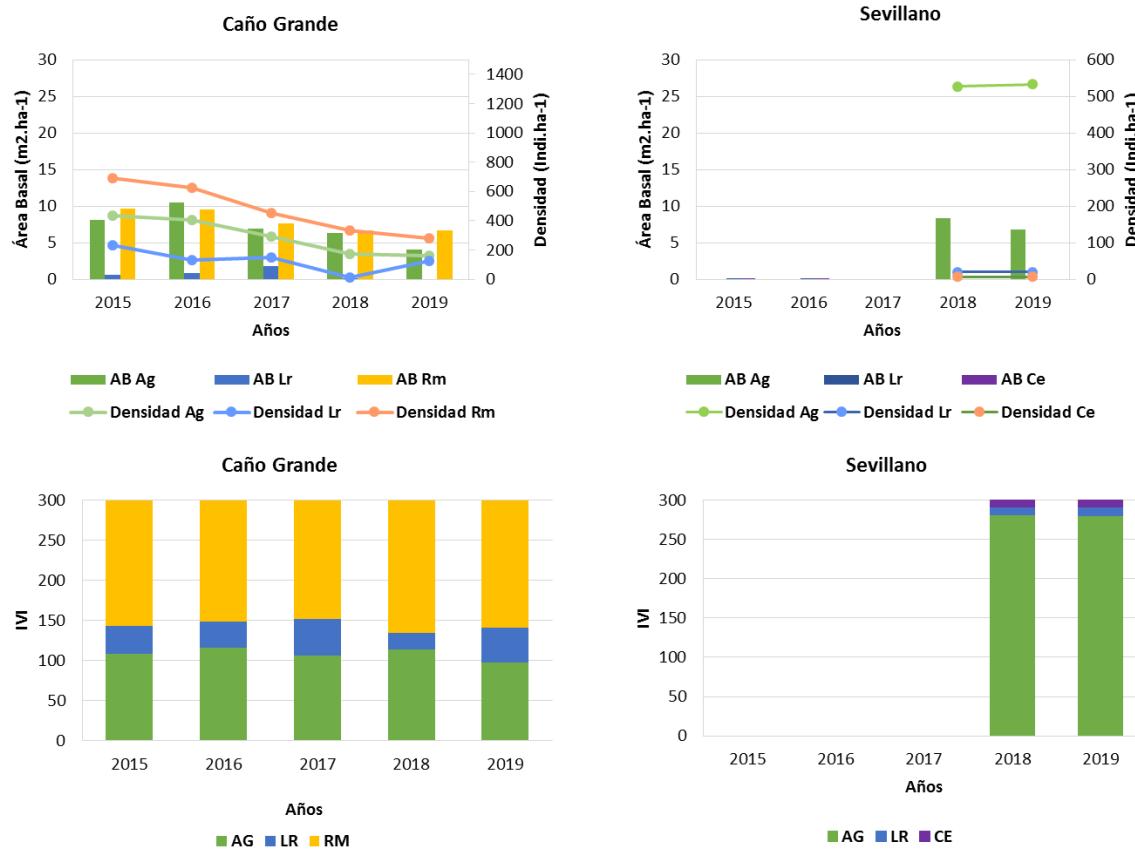
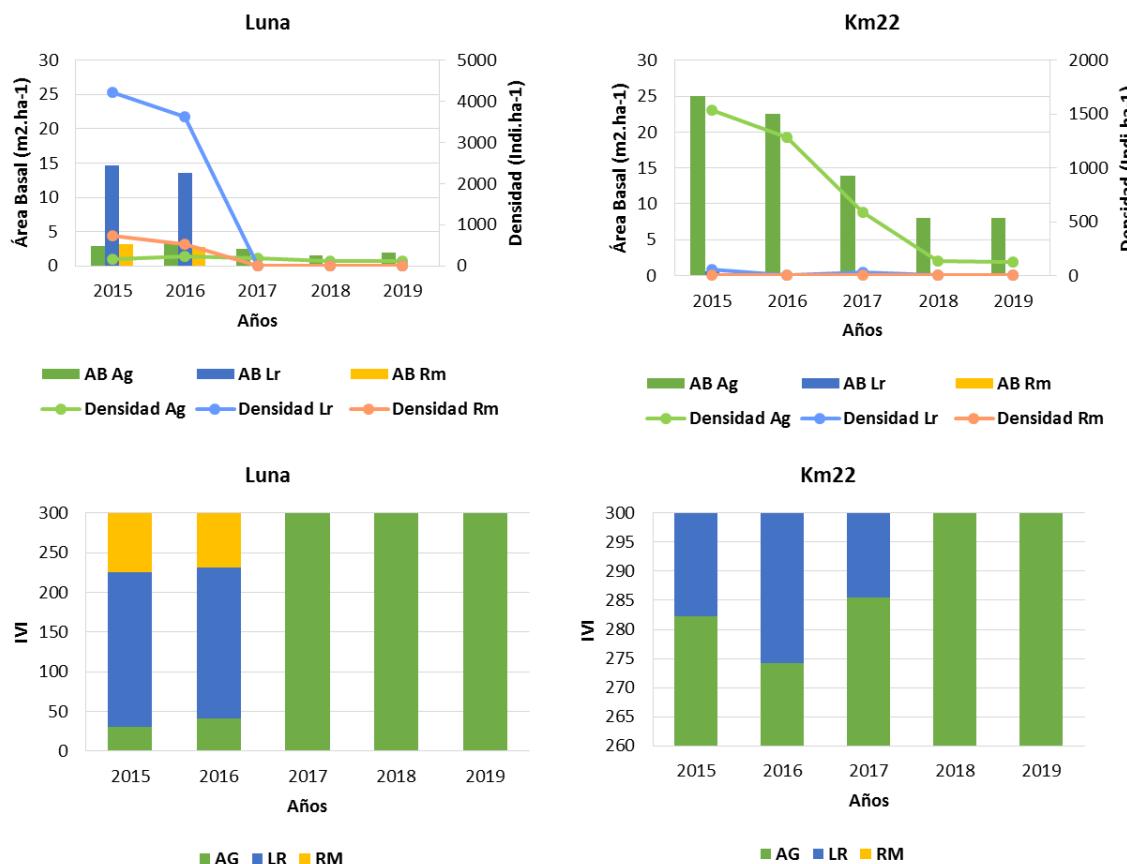


Figura 4.2-16. Área basal, densidad e índice de valor de importancia para las estaciones Caño Grande y Sevillano.

La configuración diferencial de la estación Caño Grande, donde la especie predominante es el mangle rojo se debe a los procesos de reforestación llevados a cabo durante los años 1999-2000 dentro del “Proyecto de Conservación y Desarrollo de los Manglares en Colombia” en áreas que presentaban evidente deterioro dentro de CGSM. En general en ese proyecto se realizaron siembras de individuos de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* en 69 hectáreas asociadas a 4 localidades: Caño Grande, Kilometro 25, Sevillano y Los Muertos ([Ortiz, 2003](#)).

Para las estaciones Luna y Km22 que según el IBI<sub>m</sub> muestran estados “no deseables” o “pobres” (Figura 4.2-2), la especie más importante en 2019 fue *Avicennia germinans*, con un valor de 300, el máximo que se puede obtener para este índice, mostrando que en estas estaciones los únicos individuos vivos son de esta especie (Figura 4.2-17). El área basal para *Avicennia germinans* en Luna fue de  $1.90 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  y de  $8.02 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  en Kilómetro 22. El análisis del IVI, área basal y densidad durante los últimos 5 años en estas dos estaciones, evidencian disminución en el número de árboles vivos, y por ende pérdida de biomasa del bosque, lo que finalmente ha llevado a un deterioro del ecosistema. En las dos estaciones, la mayoría de árboles vivos están restringidos a una franja no mayor a 10 metros que está al borde del cuerpo de agua principal; además, como se observó en la Figura 4.2-8 los valores de inundación en la mayoría del transecto están por encima de 10 cm y hasta

los 110 cm durante las mediciones trimestrales, impidiendo el establecimiento de las plántulas. Es necesario conocer el hidroperíodo de estas estaciones obteniendo registros más frecuentes, teniendo en cuenta que la frecuencia, duración y nivel de inundación para ambas localidades podría estar impactando la estructura y regeneración natural de los sitios.

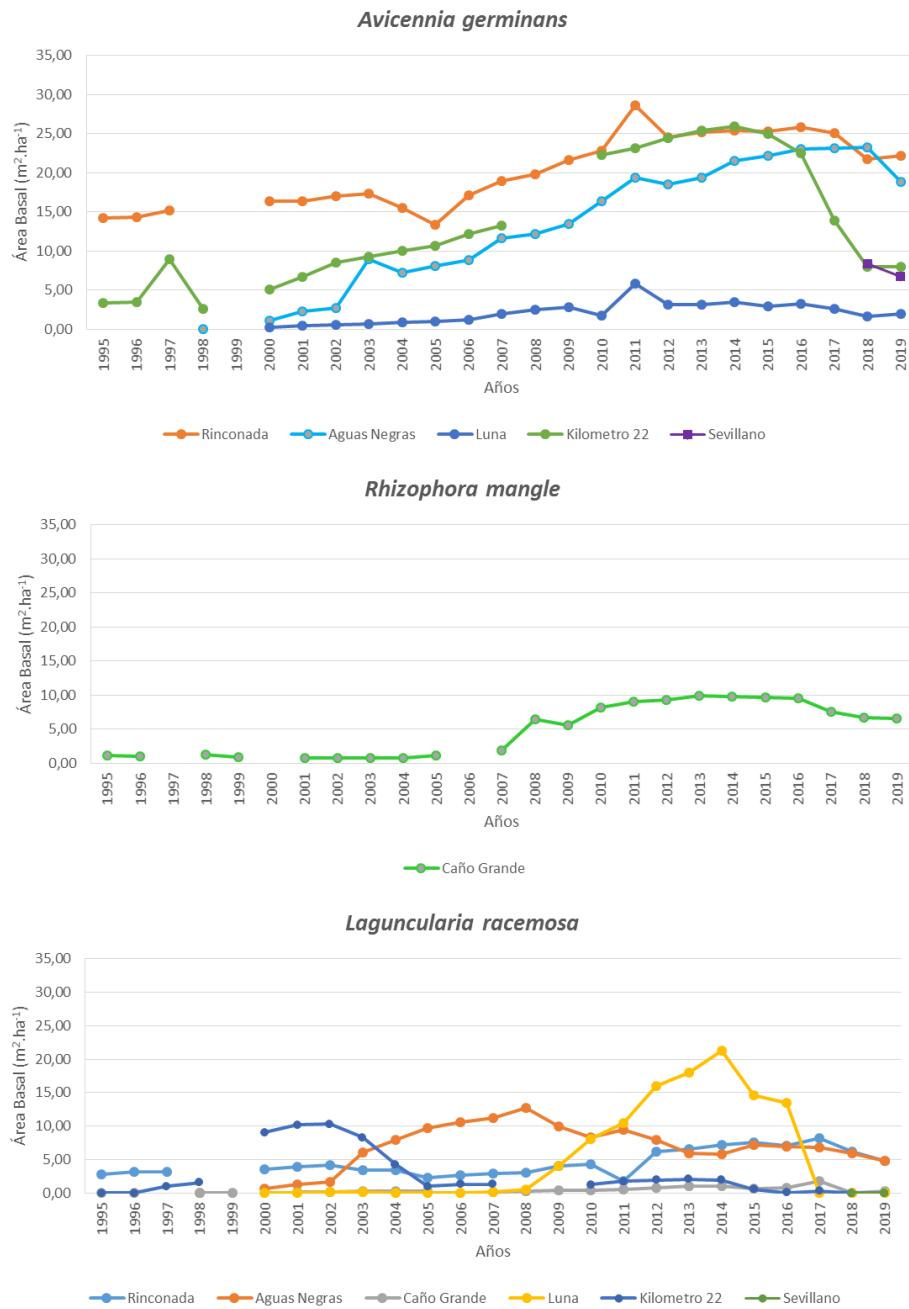


**Figura 4.2-17. Área basal, densidad e índice de valor de importancia para las estaciones Luna y Kilómetro 22.**

Desde el 2015, para todas las estaciones el área basal y la densidad de la especie dominante han disminuido (Figura 4.2-18). Estos resultados se pueden asociar con el patrón climático fuerte tipo "El Niño" que se presentó durante los años 2015-2016 (Figura 4.2-11) el cual trajo consigo una disminución en la precipitación para esos años y por ende la reducción en el aporte hídrico en los tributarios que llegan a CGSM, generando efectos negativos en el ecosistema, ya que por la disminución del flujo de agua, se produce un aumento en la salinidad que finalmente llevan a estrés ambiental en el área (Blanco, 2006).

Aunque en la estructura del bosque la especie *Laguncularia racemosa* no aparece como predominante en las estaciones, sigue siendo una especie muy importante para el desarrollo del bosque y en el 2019 aparece en todas las localidades en menor o mayor proporción (excepto en kilómetro 22 y Luna), alcanzando valores de área basal de hasta  $4.84 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  en la estación Aguas Negras y de  $4.76 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  en Rinconada (Figura 4.2-18). Esta especie además fue observada frecuentemente durante los recorridos habituales en el complejo y durante la determinación de los

cambios en las coberturas vegetales en un estado arbustivo, alcanzando hasta los 6 metros de altura. *Laguncularia racemosa* es considerada como especie pionera, coloniza sitios que han sufrido algún tipo de alteración, aparece en estadios primarios de sucesión ([López-Enríquez et al., 2014](#)) y en 2018 fue una de las especies más importantes asociadas al aumento de coberturas dentro de CGSM.



**Figura 4.2-18. Histórico del área basal para las especies *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* en las estaciones de monitoreo de CGSM.**



#### 4.2.4 ESTADO FITOSANITARIO DEL BOSQUE DE MANGLAR

Para el año 2019 se evaluó el estado fitosanitario de 1036 individuos, de los cuales el 49% pertenecía a la especie *Avicennia germinans*, 39.6% a *Laguncularia racemosa*, 10.99% a *Rhizophora mangle* y 0.1% al *Conocarpus erectus*. A nivel general las categorías que predominaron en el estudio fueron arboles “moderadamente afectados” con 40% (Categoría 1) y “muertos” con 30% (Categoría 3) (Figura 4.2-19). La estación de monitoreo más afectada por organismos muertos fue Luna, en donde el 96% del arbolado se encuentra muerto. Para Km 22 dominó la categoría “Fuertemente afectado” con 50%. En las estaciones Sevillano, Aguas Negras y Caño Grande, la categoría dominante fue “moderadamente afectado” con valores de 92%, 62% y 47% respectivamente; la estación Rinconada es la que mostro mayor variabilidad con respecto a las categorías (Figura 4.2-19).

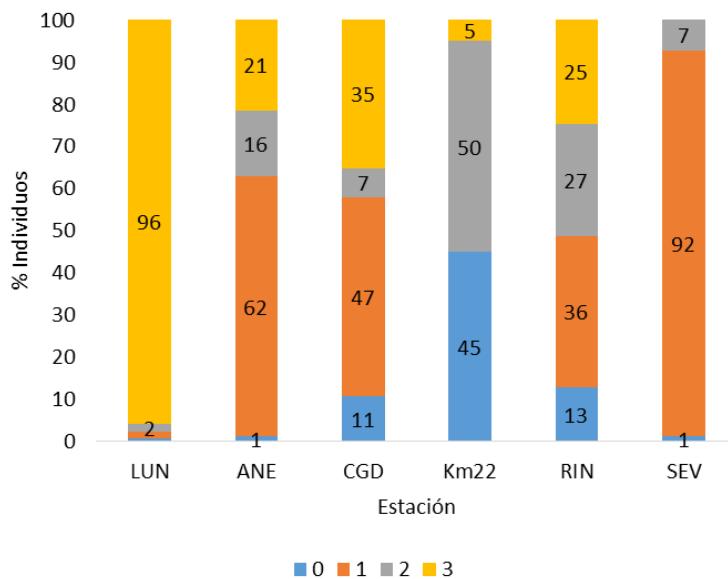


Figura 4.2-19. Estado fitosanitario general de los árboles en el 2019. Valores en porcentaje por estación.  
0=Buen estado, 1=Moderadamente afectado, 2=Fuertemente afectado, 3=Muerto.

Al igual que en el año 2018, en el 2019 las mayores afectaciones se dieron en relación al área foliar; siendo las hojas perforadas el síntomas más común, con una representación del 49.2% y las manchas blancas, con un 20.3% del total en las estaciones monitoreadas en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Figura 4.2-20). Se ha observado que la pérdida de tejido foliar podría estar asociada a la incidencia de ciertos hongos patógenos y a la herbivoría ([INVEMAR, 2018a](#)).

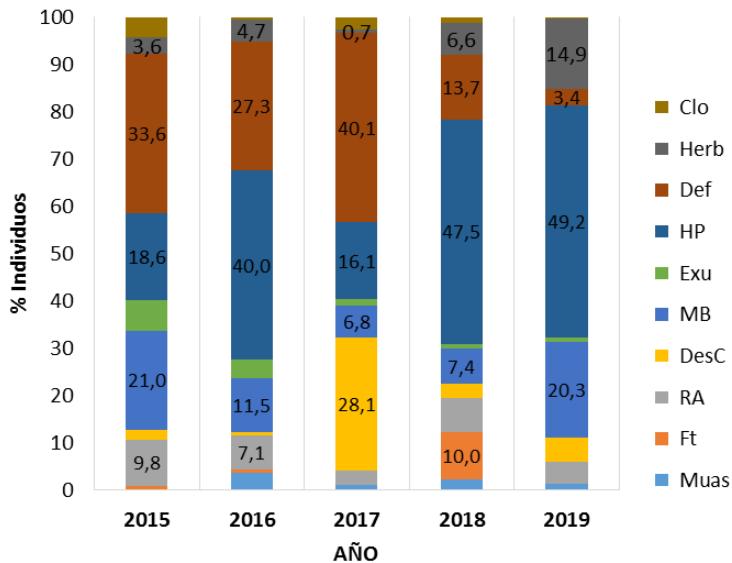
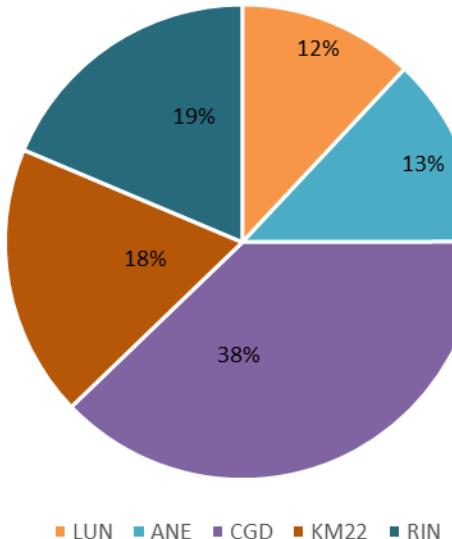


Figura 4.2-20. Principales síntomas fitosanitarios encontrados en las estaciones de monitoreo. Clo= Clorosis; Herb= Herbivoría; Def= defoliación; HP= hojas perforadas; Exu= exudados; MB= manchas blancas; DesC= descortezamiento; RA= raíces adventicias; Ft= fracturación; Muas=Muerte ascendente.

#### 4.2.5 COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DE AVIFAUNA ASOCIADA AL MANGLAR

En las estaciones evaluadas, en el segundo semestre del año 2019, se documentaron un total de 6327 registros de aves en 70 horas efectivas de observación, comprendidos en tres salidas de campo, realizadas en los meses de julio, septiembre y noviembre. El 43,3% de los registros fueron realizados durante la segunda salida de campo (entre el 23 y el 27 de septiembre) mientras que el 56,7% restante se registró en la primera semana del mes de julio (26,7%) y en la segunda semana del mes de noviembre (30%), diferencias que pueden estar sujetas a los movimientos migratorios entre las temporadas invernales boreales y australes; 38% de las observaciones se reportaron en la estación Caño Grande, seguido de las estaciones Rinconada y Kilómetro 22 (19 y 18% respectivamente). La estación con menor número de registros de aves fue Luna (12%) (Figura 4.2-21).



**Figura 4.2-21 Porcentaje de representatividad de registros avifaunales registrados en las estaciones de manglar de la CGSM durante el segundo semestre de 2019. LUN: Luna. ANE: Aguas negras. CGD: Caño grande. RIN: Rinconada.**

Para el total de observaciones se determinó al nivel taxonómico más bajo posible, se registraron un total de 98 especies, una subespecie y un híbrido, dentro de 18 órdenes y 31 familias, 18 son especies migratorias boreales y 1 es migratoria austral (Tabla 4.2-1).

**Tabla 4.2-1 Listado de especies avifaunales. IUCN: Categoría de amenaza según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza-IUCN. LR, Categoría de amenaza en el Libro Rojo de las Aves de Colombia. CR, Categoría de residencia de la especie en el país: R (residente), INR (invernante con poblaciones no reproductivas), E (endémico). CM, Categoría migratoria: MB (migratorio boreal), MA (migratorio austral), ML (migratorio local).**

Orden	Familia	Especie	IUCN	LR	CR	CM
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Busarellus nigricollis</i>	LC	-	R	-
		<i>Buteogallus anthracinus</i>	LC	-	R	-
		<i>Ictinia plumbea</i>	LC	-	R	-
		<i>Rostrhamus sociabilis</i>	LC	-	R	-
	Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>	LC	-	INR	MB
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas bahamensis</i>	LC	NT	R	-
		<i>Anhinga anhinga</i>	LC	-	R	-
		<i>Cairina moschata</i>	LC	-	R	-
		<i>Dendrocygna autumnalis</i>	LC	-	R	-



		<i>Dendrocygna viduata</i>	LC	-	R	-
		<i>Spatula discors</i>	LC	-	INR	MB
	Anhimidae	<i>Chauna chavaria</i>	NT	VU	R	-
<b>Apodiformes</b>	Trochilidae	<i>Anthracothorax nigricollis</i>	LC	-	R	-
		<i>Lepidopyga lilliae</i>	CR	EN	R / E	-
<b>Cathartiformes</b>	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	LC	-	R	-
		<i>Cathartes burrovianus</i>	LC	-	R	-
		<i>Coragyps atratus</i>	LC	-	R	-
<b>Charadriiformes</b>	Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	LC	-	R	-
	Jacanidae	<i>Jacana jacana</i>	LC	-	R	ML
	Laridae	<i>Chlidonias niger</i>	LC	-	INR	MB
		<i>Gelochelidon nilotica</i>	LC	-	R	-
		<i>Leucophaeus atricilla</i>	LC	-	R	-
		<i>Phaetusa simplex</i>	LC	-	R	-
		<i>Sternula antillarum</i>	LC	-	INR	MB
		<i>Sternula superciliaris</i>	LC	-	R	-
		<i>Thalasseus maximus</i>	LC	-	INR	MB
<b>Ciconiiformes</b>	Ciconiidae	<i>Actitis macularius</i>	LC	-	INR	MB
		<i>Tringa flavipes</i>	LC	-	INR	MB
<b>Columbiformes</b>	Columbidae	<i>Mycteria americana</i>	LC	-	R	-
<b>Coraciiformes</b>	Alcedinidae	<i>Columba livia</i>	LC	-	R	-
		<i>Zenaida auriculata</i>	LC	-	R	-
<b>Cuculiformes</b>	Cuculidae	<i>Chloroceryle amazona</i>	LC	-	R	-
		<i>Chloroceryle americana</i>	LC	-	R	-
		<i>Chloroceryle indica</i>	LC	-	R	-
		<i>Chloroceryle aenea</i>	LC	-	R	-
		<i>Megaceryle alcyon</i>	LC	-	INR	MB
		<i>Megaceryle torquata</i>	LC	-	R	-
		<i>Crotophaga ani</i>	LC	-	R	-
		<i>Crotophaga major</i>	LC	-	R	-



		<i>Crotophaga sulcirostris</i>	LC	-	R	-
		<i>Piaya cayana</i>	LC	-	R	-
<b>Falconiformes</b>	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	LC	-	R	-
		<i>Falco peregrinus</i>	LC	-	INR	MB
		<i>Milvago chimachima</i>	LC	-	R	-
<b>Galbuliformes</b>	Bucconidae	<i>Hypnelus ruficollis</i>	LC	-	R	-
<b>Galliformes</b>	Cracidae	<i>Ortalis garrula</i>	LC	-	R / E	-
<b>Gruiformes</b>	Aramidae	<i>Aramus guarauna</i>	LC	-	R	-
	Rallidae	<i>Porphyrio martinica</i>	LC	-	R	ML
<b>Passeriformes</b>	Furnariidae	<i>Dendroplex picus</i>	LC	-	R	-
	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	LC	-	INR	MB
		<i>Progne tapera</i>	LC	-	R-INR	MA
		<i>Tachycineta albiventer</i>	LC	-	R	-
	Icteridae	<i>Chrysomus icterocephalus</i>	LC	-	R	-
		<i>Icterus chrysater</i>	LC	-	R	-
		<i>Icterus nigrogularis</i>	LC	-	R	-
		<i>Molothrus aeneus armenti</i>	LC	VU	R / E	-
		<i>Quiscalus lugubris</i>	LC	-	R	-
		<i>Quiscalus mexicanus</i>	LC	-	R	-
		<i>Mniotilla varia</i>	LC	-	INR	MB
	Parulidae	<i>Parkesia motacilla</i>	LC	-	INR	MB
		<i>Parkesia noveboracensis</i>	LC	-	INR	MB
		<i>Protonotaria citrea</i>	LC	-	INR	MB
		<i>Setophaga petechia</i>	LC	-	INR	MB
		<i>Setophaga ruticilla</i>	LC	-	INR	MB
		<i>Coereba flaveola</i>	LC	-	R	-
	Thraupidae	<i>Conirostrum bicolor</i>	NT	-	R	-
		<i>Saltator coerulescens</i>	LC	-	R	-
		<i>Thraupis episcopus</i>	LC	-	R	-
		<i>Thraupis palmarum</i>	LC	-	R	-



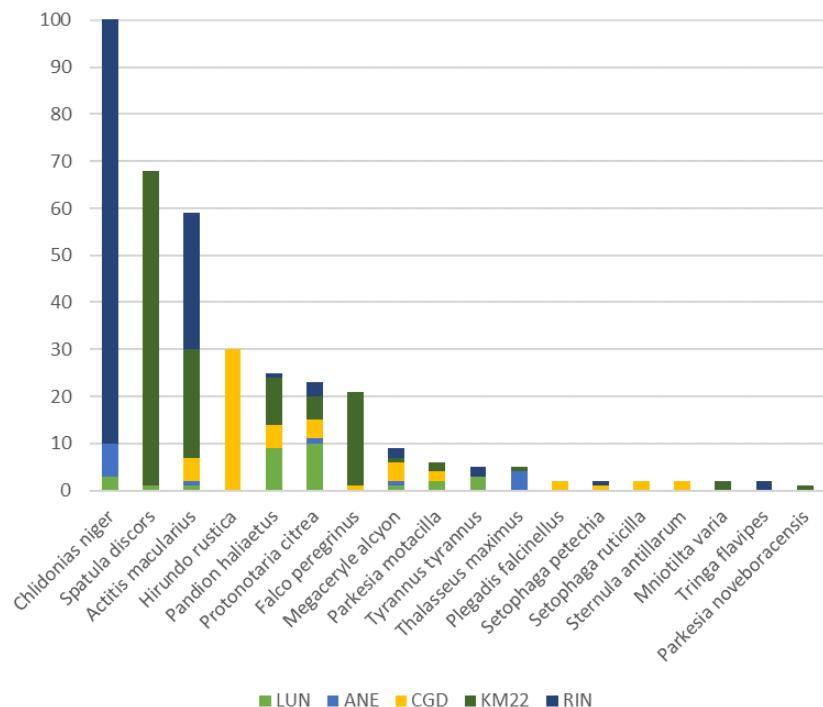
	Tyrannidae	<i>Contopus cineracens</i>	LC	-	R	-
		<i>Elaenia flavogaster</i>	LC	-	R	-
		<i>Fluvicola pica</i>	LC	-	R	-
		<i>Myiarchus panamensis</i>	LC	-	R	-
		<i>Pitangus sulphuratus</i>	LC	-	R	-
		<i>Poecilotriccus sylvia</i>	LC	-	R	-
		<i>Todirostrum cinereum</i>	LC	-	R	-
		<i>Tyrannus tyrannus</i>	LC	-	INR	MB
<b>Pelecaniformes</b>	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	LC	-	R	-
		<i>Ardea cocoi</i>	LC	-	R	-
		<i>Butorides striata</i>	LC	-	R	-
		<i>Butorides virescens</i>	LC	-	R	-
		<i>Egretta caerulea</i>	LC	-	R	-
		<i>Egretta thula</i>	LC	-	R	-
		<i>Egretta tricolor</i>	LC	-	R	-
		<i>Nyctanassa violacea</i>	LC	-	R	-
		<i>Nycticorax nycticorax</i>	LC	-	R	-
		<i>Tigrisoma lineatum</i>	LC	-	R	-
		<i>Tigrisoma mexicanum</i>	LC	-	R	-
	Pelecanidae	<i>Pelecanus occidentalis</i>	LC	-	R	-
	Threskiornithidae	<i>Platalea ajaja</i>	LC	-	R	-
		<i>Plegadis falcinellus</i>	LC	-	INR	MB
		<i>Endocimus albus X E. ruber</i>	-	-	-	-
		<i>Eudocimus albus</i>	LC	-	R	-
<b>Piciformes</b>	Picidae	<i>Melanerpes rubricapillus</i>	LC	-	R	-
		<i>Piculus chrysochloros</i>	LC	-	R	-
		<i>Veniliornis kirkii</i>	LC	-	R	-
<b>Psittaciformes</b>	Psittacidae	<i>Amazona amazonica</i>	LC	-	R	-
		<i>Amazona ochrocephala</i>	LC	-	R	-
		<i>Eupsittula pertinax</i>	LC	-	R	-



Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	LC	-	R	-
------------	-------------------	----------------------------------	----	---	---	---

#### 4.2.5.1 Categorías de amenaza, residencia y migración.

El 59,9% de las aves migratorias estuvieron representadas por migratorias boreales, que se evidenciaron a partir del mes de septiembre, época donde inicia el descenso de temperaturas en las latitudes del norte; estas migraciones boreales estuvieron compuestas en un 29,3% por el gaviotín negro *Chlidonias niger*, el barraquete *Spatula discors* (18,1%) y el andarríos maculado *Actitis macularius* (15,7%). Otros ejemplares migratorios reportados fueron la golondrina común *Hirundo rustica* (8%), la reinita dorada *Protonotaria citrea* (6,1%), el halcón peregrino *Falco peregrinus* (5,6%) y el Martín gigante norteamericano *Megacyrle alcyon* (2,4%); en menor proporción se registraron *Parkesia motacilla*, *Tyrannus tyrannus*, *Thalasseus maximus*, *Plegadis falcinellus*, *Setophaga petechia*, *Setophaga ruticilla*, *Sternula antillarum*, *Mniotilla varia*, *Tringa flavipes* y *Parkesia noveboracensis*. El águila pescadora *Pandion haliaetus* aportó el 6,7% de las observaciones para la composición de especies migratorias, evidenciándose un aumento del número de ejemplares reportados en la segunda y tercera salida de campo, pero es importante resaltar que también se presentaron ejemplares en la primera salida de campo, fuera de la época de migración boreal, por lo que se puede suponer que se trata de migrantes tempranos. Las estaciones con mayor número de reportes a este respecto fueron Rinconada y Kilómetro 22 (Figura 4.2-22). El 40,1% restante de ejemplares migratorios corresponden a 250 detecciones de la golondrina *Progne tapera*, migratoria austral, que fue reportada durante el avistamiento del mes de julio (301 detecciones) y en menor número durante el avistamiento del mes de septiembre (Figura 4.2-23).



**Figura 4.2-22 Porcentaje de especies migratorias detectadas para el segundo semestre de 2019, en cinco estaciones de interés en la Ciénaga Grande de Santa Marta.**



**Figura 4.2-23 Aves migratorias registradas durante el segundo semestre de 2019 en las estaciones de monitoreo de la Ciénaga Grande de Santa Marta: migratorias borales A. barraqueta *Spatula discors*, B. águila pescadora *Pandion haliaetus*, C. juvenil de halcón peregrino *Falco peregrinus*, D. reinita acuática *Parkesia noveboracensis*, E. gaviotín real *Thalasseus maximus*, y migratoria austral F. golondrina parda *Progne tapera*.**

Entre las especies reportadas se registra el colibrí cienaguero *Lepidopyga lilliae*, especie endémica para la zona y cuya población mundial se encuentra restringida dentro de los manglares e la Ciénaga Grande de Santa Marta, con algunos reportes sin confirmar para el golfo de Urabá y la zona costera del departamento de Córdoba ([Ayerbe, 2018](#)); se encuentra listada en el Libro Rojo de Aves de Colombia bajo la categoría EN (En Peligro) y bajo la categoría CR (En peligro crítico) según la IUCN; también se detectó el tordo de ojos rojos *Molothrus aeneus armenti*, subespecie endémica para Colombia y que se encuentra listada bajo la categoría VU (Vulnerable) en el libro Rojo de Aves de Colombia. Otras especies bajo algún tipo de amenaza detectadas son el pato cariblanco *Anas bahamensis*, el chavarrí *Chauna chavaria* y el conirrostro bicoloreado *Conirostrum bicolor* (Tabla 4.2-1, Figura 4.2-24).



**Figura 4.2-24 Ejemplares registradas bajo alguna categoría de amenaza: A. colibrí cienaguero *lepidopyga lilliae*, ejemplar hembra, B. tordo de ojos rojos *Molothrus aeneus armenti* y C. chavarrí *Chauna chavaria*, ejemplares hembra y macho.**



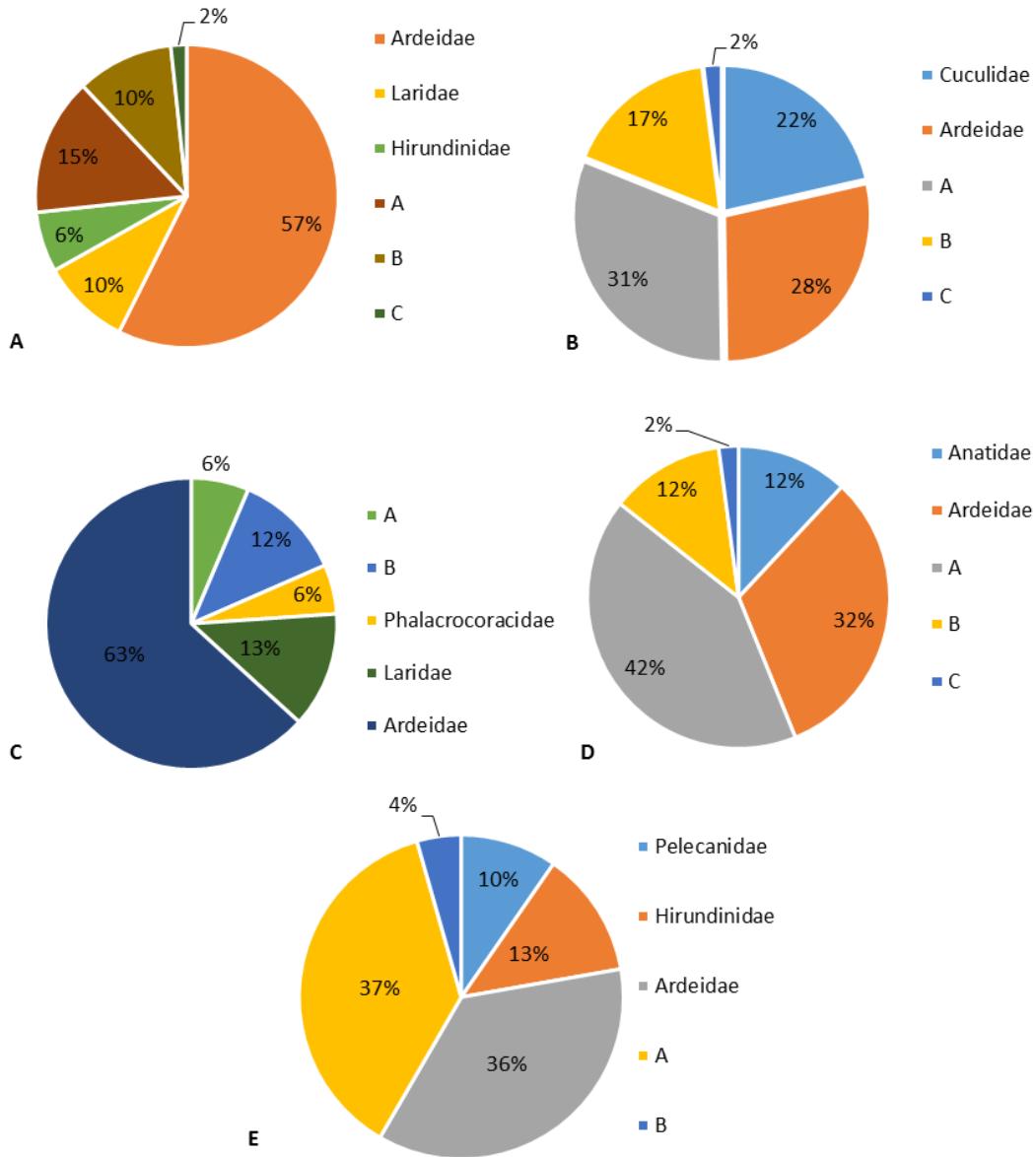
#### 4.2.5.2 Composición y abundancia relativa por estación

Para la estación Rinconada-RIN se hicieron 1180 detecciones pertenecientes a 52 especies de 20 familias distribuidas en 11 órdenes, siendo Ardeidae la más representativa (57%), seguido de las gaviotas y gaviotines (Laridae 10%) y las golondrinas (Hirundinidae 6%); los porcentajes restantes representados en las familias Thraupidae, Scolopacidae, Cathartidae, Pelecanidae y Psittacidae, cada una con porcentajes entre el 2% y 3% (Agrupación A, 15%), las familias Icteridae, Tyrannidae, Cuculidae, Picidae, Accipitridae, Phalacrocoracidae y Alcedinidae con porcentajes hasta 1% (Agrupación B, 10%) y las familias Pandionidae, Furnariidae, Threskiornithidae, Parulidae y Falconidae con porcentajes menores al 1% (Agrupación C, 2%) (Tabla 4.2-1; Figura 4.2-25 A).

En cuanto a la estación Aguas Negras-ANE (Figura 4.2-25-B) se realizaron 822 registros pertenecientes a 64 familias dentro de 28 familias y 16 órdenes con mayor abundancia relativa de garzas (Ardeidae, 28%) y cucos (Cuculidae, 22%); los pelicanos (Pelecanidae), gaviotas (Laridae), patos e iguas (Anatidae), palomas (Columbidae), tiranos (Tyrannidae), cormoranes (Phalacrocoracidae) y Martín pescadores (Alcedinidae) tuvieron representatividades individuales menores al 10% (Agrupación A, 31%) mientras las familias Pandionidae, Parulidae, Threskiornithidae, Rallidae, Picidae, Trochilidae y Thraupidae contaron con menos del 1% de abundancia relativa en cada caso (Agrupación C, 1,9%). Los porcentajes restantes (17%) se encuentran en la agrupación B, y está conformada por las familias Furnariidae, Hirundinidae, Anhimidae, Jacanidae, Icteridae, Charadriidae, Cracidae, Falconidae, Accipitridae, Cathartidae, Aramidae y Psittacidae.

En la estación Caño Grande-CGD el total de detecciones fue de 2391, contando con 21 familias dentro de 12 órdenes. Se presentó predominancia de las garzas (63,2%), las gaviotas (12,8%) y los cormoranes (5,5%). El 18,4% restante estuvo dominado por ejemplares de las familias Cathartidae, Pelecanidae, Coraciiformes, Hirundinidae y Anatidae agrupados bajo la denominación A (12%), con porcentajes entre el 1% y el 3%; el otro 6,4% se encuentra representado por las familias Accipitridae, Ciconiidae, Pandionidae, Scolopacidae, Furnariidae, Parulidae, Icteridae, Threskiornithidae, Thraupidae, Picidae, Falconidae, Cuculidae y Tyrannidae con porcentajes individuales menores al 1% (-C). Por su parte, la estación KM22 contó con 1037 registros de ejemplares, dentro de 58 especies de 24 familias y 16 órdenes. En esta estación se presenta dominancia de garzas (Ardeidae, 31,9%) y patos (Anatidae 12%), mientras que los tiranos, cucos, Martin pescadores, pelicanos, golondrinas, gallinazos y gaviotas representan el 41,8% reflejado en la agrupación A. por su parte, ejemplares de las familias Pandionidae, Parulidae, Falconidae, Phalacrocoracidae, Thraupidae, Scolopacidae y Psittacidae tuvieron representatividades individuales entre el 1% y el 3% (agrupación B, 12,2%); el 2,1% restante se encuentra conformado por las familias Accipitridae, Trochilidae, Columbidae, Buccinidae, Cracidae, Furnariidae, Picidae e Icteridae con aporte de menos del 1% a la composición.

En cuanto a la estación Luna-LUN, se hicieron un total de 747 detecciones, correspondientes a 56 especies dentro de 24 familias y 15 órdenes. La composición estuvo dominada por garzas (Ardeidae, 36%), golondrinas (Hirundinidae, 13%) y pelicanos (Pelecanidae, 10%); el 41% restante estuvo conformado por las familias Pandionidae, Parulidae, Laridae, Thraupidae, Ciconiidae, Alcedinidae, Falconidae, Cuculidae, Icteridae, Cathartidae, Tyrannidae, Phalacrocoracidae y Psittacidae, con valores de representatividad entre el 1% y el 5% (Agrupación A: 37%) y por las familias Scolopacidae, Trochilidae, Accipitridae, Picidae, Charadriidae, Furnariidae, Anatidae y Columbidae con porcentajes menores al 1% (Agrupación B: 4,4%) (Figura 4.2-25-E).



**Figura 4.2-25 Porcentajes de representatividad por familias para A. Estación Rinconada, B. Estación Aguas Negras, C. Estación Caño Grande, D. Estación KM22 y E. Estación Luna.**

#### 4.2.5.3 Hábitos tróficos y su relación con el estado del manglar

Las aves, como otros animales, requieren de múltiples hábitats para completar su ciclo de vida, de modo que establecen conectividad biológica en hábitats específicos con este fin. Este movimiento entre hábitats resulta ser un factor clave para la conectividad biológica entre ecosistemas y como consecuencia, para el transporte y reciclaje de nutrientes, patrones de control de la cadena trófica y para la transferencia de material genético. Los manglares resultan ser un hábitat boscoso único que, debido a su extensión costera y hacia tierra adentro, permite la interacción de organismos



tanto acuáticos como marinos y terrestres a interactuar a lo largo del ecotono. Estos ecosistemas son reconocidos por su elevada productividad que contrasta con su baja diversidad vegetal, y por su capacidad por soportar comunidades altamente diversas. A este respecto, a pesar de la elevada riqueza de aves registradas en manglares ([Noske, 1996](#); [Mohd-Azlan et al., 2012](#)) este grupo faunístico no ha sido incluido como uno de los claves para la conectividad de ecosistemas debido a que tan solo muy pocas especies dependen exclusivamente de este ecosistema para sobrevivir ([Buelow y Sheaves, 2014](#)), de hecho, se ha documentado la disminución de especies específicas en manglar debido a la fragmentación y destrucción de este hábitat ([Alongi, 2009](#)).

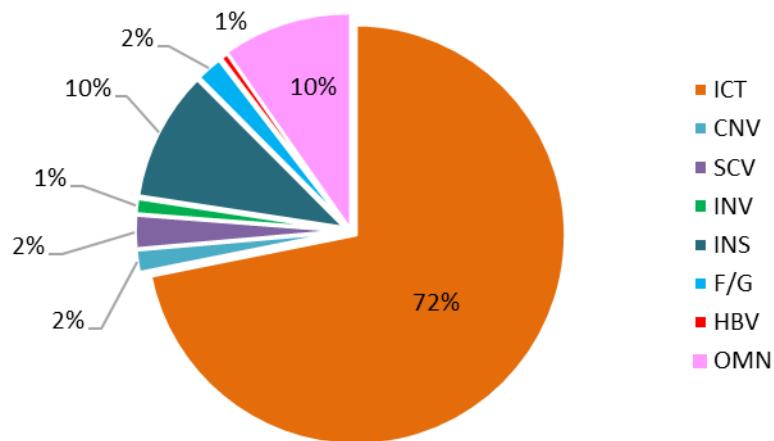
Dependiendo de su hábito trófico, las aves usan el hábitat de manglar para descanso y percha, alimentación o refugio ([Noske, 1996](#)). Si bien la identificación y evaluación de gremios tróficos ha sido fundamental para entender la estructura de las comunidades avifaunales y el uso que estas le dan al ecosistema, no existe una única clasificación, y las existentes están basadas en distintos criterios, por ende, una misma especie puede tener varias posiciones gremiales, lo que limita la precisión, aplicabilidad y replicabilidad de las clasificaciones. Se consideraron 9 gremios tróficos:

Ictiófagos (ICT), cuya dieta primaria consiste en peces (Figura 4.2-26-A); Carnívoros (CNV), cuya dieta primaria consiste en mamíferos pequeños, reptiles, otras aves, entre otros; Invertebradívoros (INV), cuya dieta primaria consiste en macroinvertebrados como moluscos, crustáceos, entre otros (Figura 4.2-26-B-C); Carroñeros (SCV) cuya dieta primaria consiste en carroña (Figura 4.2-26-D), Insectívoros (INS): cuya dieta primaria se compone de insectos y larvas (Figura 4.2-26-E); Frugívoros y granívoros (F/G), cuya dieta se compone de semillas y frutos, Nectívoros (NEC), cuya dieta se basa en néctar de floraciones; Herbívoro (HBV), cuya dieta primaria consiste en material vegetal tanto acuático como terrestre (Figura 4.2-26-F) y Omnívoro (OMN)

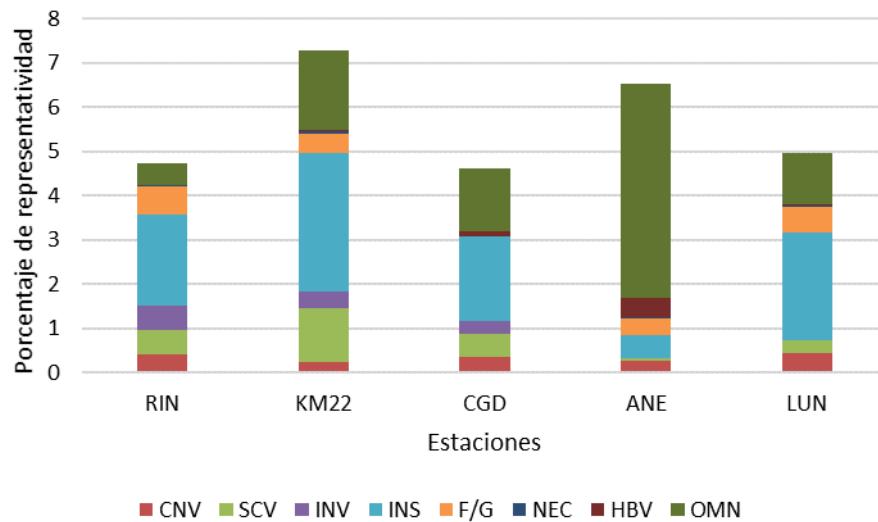


**Figura 4.2-26 Ejemplares representativos de algunos gremios tróficos A. ictiófagos, garza real *Ardea alba*, B-C. invertebradívoros, guaraguaco común *Caracara cheriway*, D. carroñeros, guala común *Cathartes burrovianus*, E. insectívoros, viudita *Fluvicola pica*, y F. herbívoros, polla de agua *Porphyrio martinica*.**

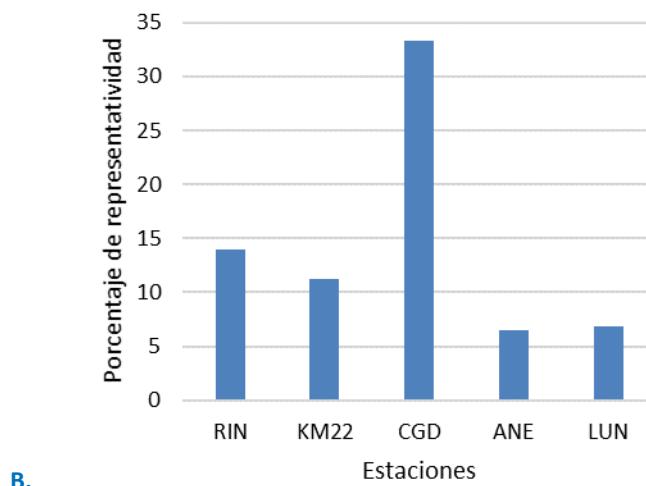
El 72% de las detecciones estuvo representado por ejemplares ictiófagos, seguido por los omnívoros y los carnívoros (10%, y 10% respectivamente) (Figura 4.2-27). Con el fin de evaluar una posible relación entre los gremios tróficos y el estado del bosque de manglar para cada una de las estaciones, se determinó el porcentaje de cada gremio trófico para cada estación, debido al elevado número de especies ictiófagas, se optó por realizar dicho análisis excluyendo del gráfico a este gremio en particular y tratándolo de manera independiente, evitando que esta lectura sesgue los datos. La estación con mayor diversidad de gremios tróficos es ANE, seguida por LUN y KM22. Es importante dirigir la atención a la baja representatividad de carnívoros, especialmente en estaciones con menor cobertura vegetal (LUN y KM22) ya que en estas se esperaría un porcentaje elevado de los mismos; del mismo modo llama la atención el comportamiento de los insectívoros, siendo muy bajo en ANE, donde, por el tipo de bosque y por la cercanía con otros ecosistemas terrestres, se esperaría que fuese mayor; es precisamente la estructura de dicha estación (ANE) la que explica la baja representatividad de carroñeros, los cuales prefieren áreas abiertas para la identificación de sus presas (Figura 4.2-28-A). En cuanto a los ejemplares ictiófagos detectados, se presenta mayor representatividad en la estación CGD, lo que se explica por dos áreas abiertas al interior del área, que en época de lluvia, funcionan como comedero para este tipo de aves vadeadoras; este tipo de sistemas de comedero también se registra en RIN, en menor medida (Figura 4.2-28-B).



**Figura 4.2-27 Porcentaje por gremios tróficos para el total de ejemplares detectados.**



A.



B.

Figura 4.2-28 A. Porcentaje de representatividad por gremio trófico, para cada una de las estaciones, excluyendo el gremio de los ictiófagos. B. Porcentaje de representatividad del gremio ictiófago para cada una de las estaciones.

A mayor heterogeneidad del hábitat se presentará mayor riqueza y abundancia, incluso si el hábitat presenta disturbio, dicha heterogeneidad permite la existencia de comunidades aviares más estructuradas. Los sitios con menor cobertura vegetal proveen mejores áreas de forrajeo para aves vadeadoras y zancudas como las garzas (ictiófagas), además de reducir el riesgo de predación ([Bancroft et al., 2002](#); [Curado et al., 2013](#); [Pomeroy, 2006](#); [Chacin et al., 2015](#)), mientras que áreas con mayor cobertura afectan negativamente la eficiencia en el forrajeo, que por el contrario, resulta beneficiosa para insectívoros.



En áreas menos saludables, y por ende, más despejadas, se espera más presencia de carnívoros y carroñeros ya que, debido a su ecología y comportamiento de caza, requieren de planos abiertos y buena visión para la identificación de su presa, lo mismo sucede con ejemplares como los andarríos y los cormoranes, que prefieren hábitats abiertos y semiabiertos, que no van a encontrarse en áreas con vegetación densa. En áreas que se encuentran en recuperación hay dominancia de invertebradívoros, y omnívoros, mientras que, en áreas más saludables, con mayor cobertura vegetal, hay dominancia de insectívoros; solo en estos ambientes se reportan los nectívoros.

Las especies vadeadoras y zancudas como garzas e ibis están más asociadas a sitios degradados, mientras que las insectívoras a sitios en buen estado, ya que hay mayor producción de hojarasca y por ende, más nichos y mayores recursos; lo anterior no implica que no haya presencia de insectívoros en áreas con elevado disturbio, ya que el uso de arbustos y árboles caídos es muy empleado tanto para alimentación como para descanso. La elevada presencia de vadeadoras y zancudas puede ser indicativo de sitios con impactos sobre el hidroperiodo y/o la cobertura vegetal, aunque ante esto hay que ser cuidadosos ya que la fragmentación hidrológica no es siempre perjudicial para la abundancia de aves, considerando que la pérdida de conectividad entre los cuerpos de agua (mientras esta no sea permanente y se registre un ciclo de interrupción-reconexión) puede resultar en la concentración de presas lo que facilita las actividades de forrajeo para especies ictiófagas e invertebradívoras. La presencia de ibis y cigüeñas es indicativa de área en recuperación y con tendencia a mejorar, ya que son dependientes de invertebrados, sensibles a la calidad del suelo y del agua (Canales-Delgadillo *et al.*, 2019).

### ***Avances en la definición de aves como indicadoras del estado de salud del manglar***

A partir de la reunión con expertos en aves, se determinaron 10 especies clave para la comunidad avifaunal de los manglares de la Ciénaga Grande de Santa Marta, teniendo en cuenta sus hábitos tróficos y el historial biológico aportado por los conocedores. La memoria del taller se incluye en el Anexo 3.

Dentro del gremio de los ictiófagos, fueron seleccionados *Egretta thula*, *Ardea cocoi* (que requiere árboles altos para anidar), *Tigrisoma mexicanum* (que a su vez tiene preferencia por buenas coberturas boscosas), *Mycteria americana*. Dentro del gremio de los insectívoros, fueron seleccionados *Conirostrum bicolor* (residente, exclusiva del manglar), *Setophaga petechia* (que anida en el manglar), y *Piaya cayana* (se alimenta de larvas); dentro de los Invertebradívoros se propusieron *Buteogallus anthracinus* y *Eudocimus albus*, dentro de los frugívoros/granívoros se seleccionaron *Amazona amazónica* ya que hace uso del manglar para descansar.

Especies como la reinita manglera (*Setophaga petechia*) ha sido considerada como especie clave por su sensibilidad a los cambios en las condiciones ambientales y su necesidad específica de hábitats ([Lowther \*et al.\*, 1999](#)), adicionalmente, sus poblaciones pueden cambiar de acuerdo a las prácticas de manejo ambiental y disponibilidad de recursos ([Salgado-Ortiz \*et al.\*, 2009](#)) y las mayores abundancias de esta especie han estado aparentemente relacionadas a sitios sin disturbio y en buen estado, lo que demuestra su importancia como indicador del hábitat [Canales-Delgadillo \*et al.\* \(2019\)](#).

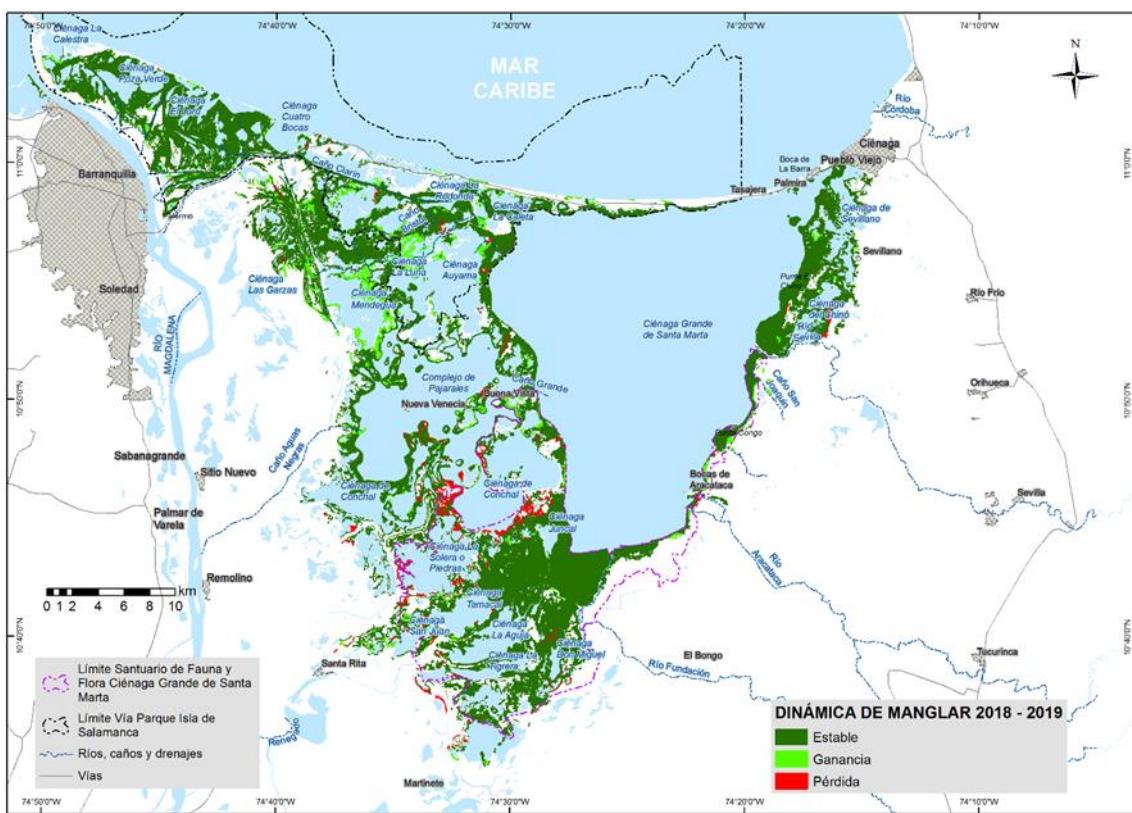
Si bien el ejercicio de análisis de información y validación con expertos permitió proponer 10 especies de aves de importancia para el manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, es necesario



tener en cuenta que para que estos sean considerados como indicadores del estado de salud, es necesario seguir avanzando para completar vacíos de información con respecto al ciclo que cumplen en el manglar y el uso que hacen del mismo para fines de reproducción y/o nidificación, descanso y alimentación.

#### **4.2.6 CAMBIOS DE COBERTURAS VEGETALES EN LA CGSM**

La dinámica del manglar entre 2018 y 2019 fue similar a la del periodo anterior, mostrando una recuperación de cobertura especialmente en la zona norte y centro, correspondiente a las ciénagas La Luna, Mendegua y Complejo de Pajarales(Figura 4.2-29). Las zonas con pérdidas importantes de manglar se encuentran en la región sur, en inmediaciones de las ciénagas Conchal y La Solera. En muchos sitios se ha establecido otro tipo de vegetación de zonas inundables, como *Typha domingensis* y *Batis maritima*, entre otras. Algunas zonas de la clase “Manglar por verificar” fueron actualizadas con nueva información de campo disponible (Tabla 4.2-2), correspondiendo a manglar vivo.



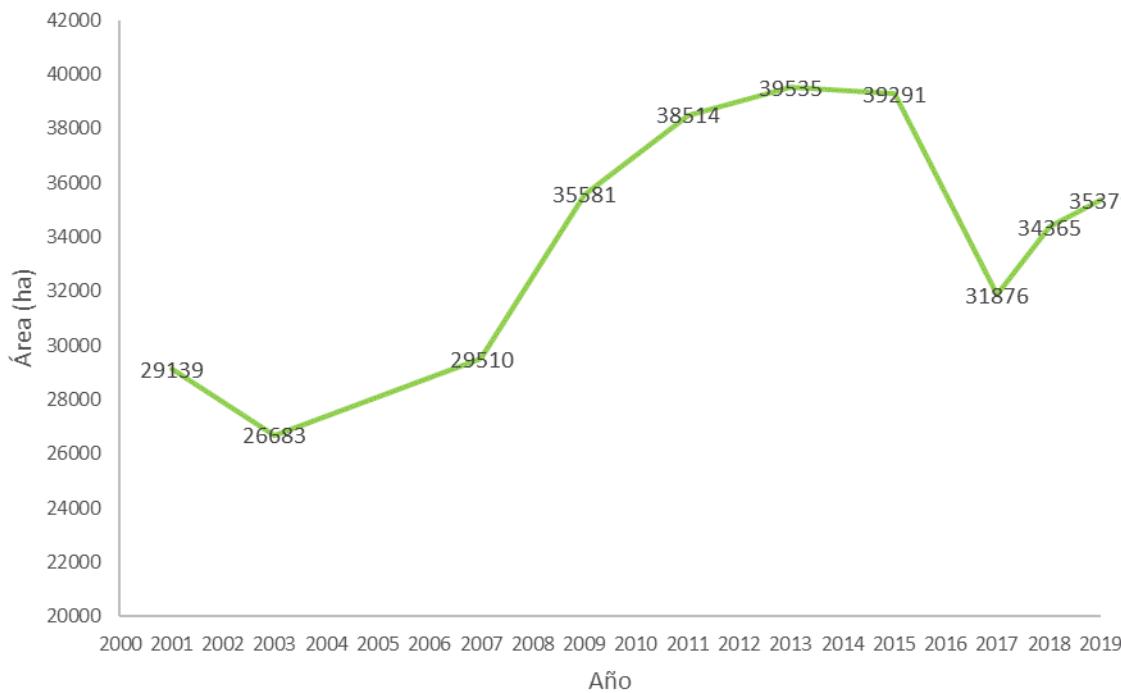
**Figura 4.2-29 Dinámica de pérdida, ganancia y estabilidad del manglar de la CGSM entre el 2018 y el 2019**



**Tabla 4.2-2 Valores de extensión de manglar vivo y perdido en la CGSM, en el periodo 2018-2019**

Dinámica de manglar 2018 - 2019		ha	Total (ha)
<b>Manglar vivo</b>	Manglar estable	33.566	35.379
	Ganancia de manglar	1.811	
	Manglar verificado	2	
<b>Pérdida de manglar</b>		Antes manglar ahora otras coberturas	799

En el 2019, las áreas de manglar se incrementaron, no obstante, la zona sur sigue presentando proliferación de vegetación dulceacuícola. La Figura 4.2-30, muestra el área total de manglar estimada en los últimos años para la CGSM.



**Figura 4.2-30 Dinámica de la cobertura del manglar de la CGSM entre el año 2000 y el año 2019**

El grado de afectación de los manglares estimado con el índice optimizado de vegetación OSAVI y la información de campo, permitió resaltar las zonas más afectadas del complejo estuarino, destacándose el complejo de Pajarales, norte de la ciénaga La Redonda y Caño Bristol (Figura 4.2-31). Históricamente esta zona ha sido de las más afectadas en el complejo lagunar y gran parte de los trabajos de rehabilitación hídrica se ha centrado en asegurar la llegada de agua a estas zonas.

La parte suroriental del complejo muestra un grado de afectación moderado (Ciénagas Conchal y La Solera), posiblemente relacionado con actividades y presiones antrópicas en esta zona (cultivos, carreteables, cambio en el uso del suelo, etc.). Las ciénagas de Chino y Sevillano (parte noroccidental del complejo lagunar), muestran estados moderadamente afectados y muy afectados. Este comportamiento se observa con mayor importancia desde aproximadamente desde el año 2017 para el área en cuestión. La Tabla 4.2-3 reporta de acuerdo al grado de afectación del bosque y de manera general para CGSM los valores de cobertura de manglar en el 2019.

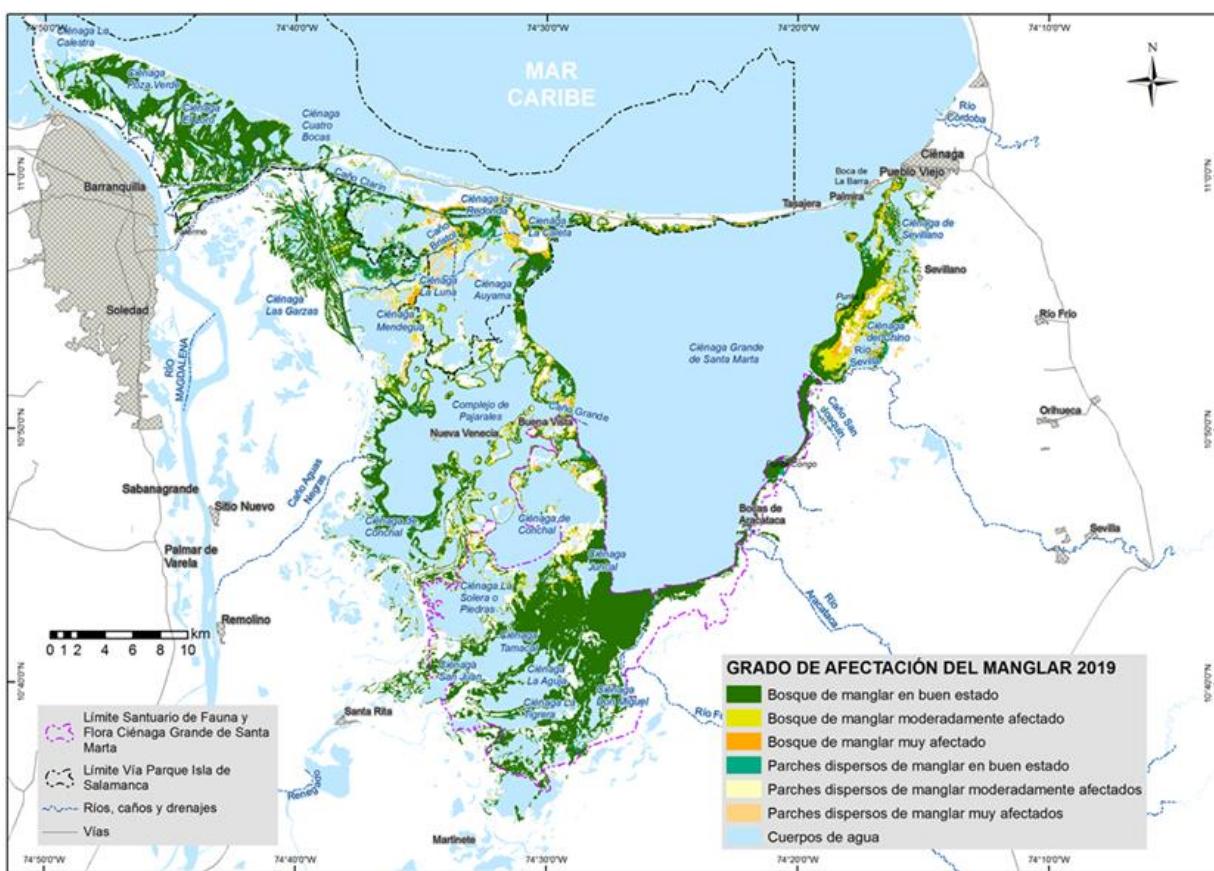


Figura 4.2-31 Grado de afectación del manglar de la CGSM en el 2019



**Tabla 4.2-3 Valores de extensión de las categorías de coberturas generadas para la CGSM, en el periodo 2019, de acuerdo a su grado de afectación**

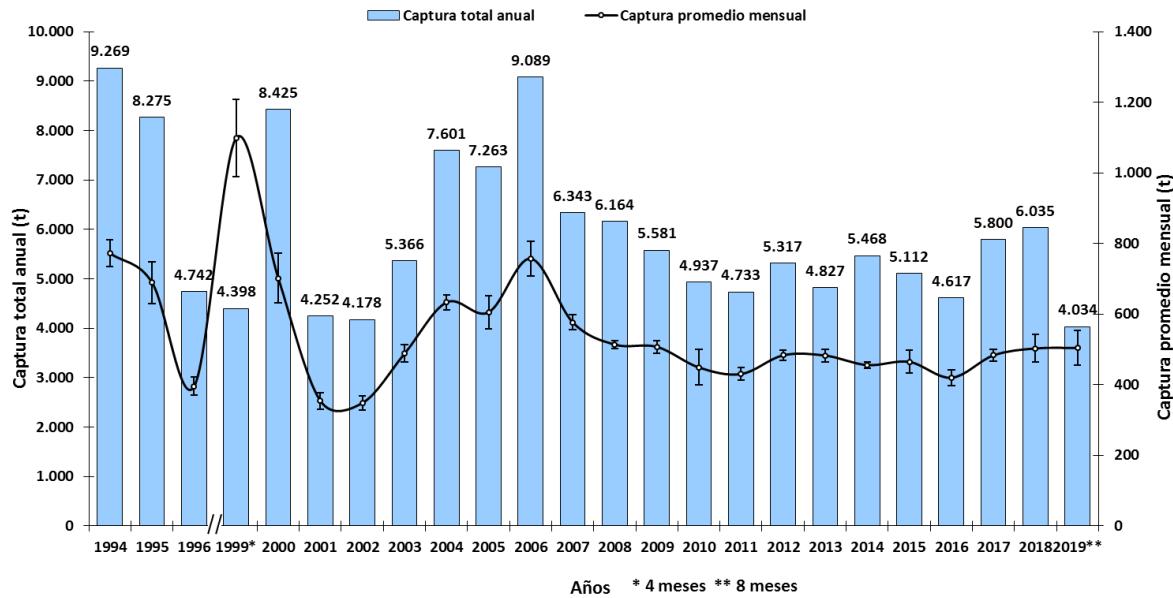
COBERTURA	Hectáreas
Bosque de manglar en buen estado	27.635
Bosque de manglar moderadamente afectado	3.102
Bosque de manglar muy afectado	1.641
Parches dispersos de manglar en buen estado	1.189
Parches dispersos de manglar moderadamente afectados	811
Parches dispersos de manglar muy afectados	1.001
<b>TOTAL</b>	<b>35.379</b>

## 4.3 RECURSOS PESQUEROS

### 4.3.1 VARIABLES DE DESEMPEÑO PESQUERO Y SU RELACIÓN CON LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA GLOBAL

#### *Captura total*

La captura total desembarcada estimada para el periodo febrero-septiembre de 2019, presentó similar comportamiento registrado al corte de enero-septiembre en 2017 y 2018 (4.374 y 4.331 t, respectivamente). Es evidente un aumento, teniendo en cuenta el incremento en las capturas promedios mensuales, en lo que va de 2019, donde se registró un valor por arriba al de 2018, teniendo en cuenta además, que en 2019, se calculó la producción pesquera con base en ocho meses, en comparación con los nueve meses valorados a septiembre de 2017 y 2018. Esto permite deducir que con las estimaciones de los tres últimos meses del año, la producción anual se valorará alrededor del estimado para 2017 y 2018, proyectándose como referente de estos dos años, como una recuperación en la serie de tiempo de los desembarcos pesqueros anuales, por arriba de los ocho períodos anteriores (Figura 4.3-1). En este contexto, se aclara que, aunque en la figura se presenta la extracción pesquera anual estimada entre 11 y 12 meses, a excepción de 1999, 2013 (4, 10 meses correspondientemente), en este caso se calculó a partir de 8 meses, por lo cual se propone que para propósitos de comparación se considere esta limitante. En los 8 meses de monitoreo muestreado en 2019, se estimó un total 4.034 t, sin incluir la producción de VIPIS, que relaciona los moluscos que se extraen en esta área, que no fueron objeto de registro en los dos últimos años, por dificultades administrativas.



**Figura 4.3-1.** Captura total anual y promedio mensual anual en la pesquería de la ecorregión CGSM.

#### 4.3.1.2. Composición de las capturas por grupos de especies

En lo calculado a septiembre de 2019, se registró un declive en la captura de peces y crustáceos (Figura 4.3-2). Como en años anteriores, continúa la variabilidad de la producción pesquera de la CGSM desde una disminución en 2001-2002, relacionada con un aumento de la salinidad del agua, mostrando un patrón creciente entre 2003 con 5.366 t, y 2006 con 9.089 t, con descenso de la salinidad, invirtiéndose esta tendencia posteriormente a partir de 2007, sin embargo, con directriz al aumento desde 2017 (Figura 4.3-1).

La captura de peces aumentó en un 34,7% en 2006 con respecto a 2005, descendiendo a continuación en 2007 en un 31,4% del total de 2006, siguiendo un declive continuo hasta lo que va de 2019, con oscilaciones entre años, destacando la recuperación en 2018 a un valor próximo al estimado en 2007; no obstante, disminuyendo en lo que va de 2019. Se deduce que de mantenerse la tendencia del estimado en lo que va de 2019, al completar la evaluación a diciembre, estará por encima de la media anual de los 12 años anteriores, teniendo en cuenta el registro de la media mensual de la captura de peces estimada para este último año (Figura 4.3-2).

En lo relativo a crustáceos (camarones y jaibas), destaca en la serie de tiempo del monitoreo, el período de mayor producción desembarcada, entre 2008 y 2019, con el 63,7% del total del registrado en el seguimiento; con fluctuaciones entre 839 y 1.410 t, con mayores rendimientos en los años 2008, 2012 y 2017, con capturas de 1.314 t, 1.321 t y 1.410 t, correspondientemente (Figura 4.3-2). Se infiere, al igual que para el recurso peces, que de mantenerse la tendencia media mensual de producción evidenciada a corte de septiembre de 2019, resultaría en un rendimiento a final de año, que estaría por el orden de un poco más de las 1.200 t, por encima del promedio anual de los



últimos 12 años (entre 2008 y lo registrado a septiembre-2019), pero por debajo del máximo valor estimado en el período de monitoreo en 2017.

En referencia a lo anterior, son notorios los bajos registros antes de 2000 (1994-1999), donde las jaibas de este grupo de los crustáceos, no era considerado en el nivel de importancia comercial actual, es decir como producto de exportación. El recurso jaibas, en el que se evidencia capturas de varias especies *Callinectes danae*, los nuevos registros en la CGSM de *C. exasperatus*, *Arenaeus cribarius* y la introducida *Charybdis helleri*, su registro es limitado dado que en algunas especies es ocasional su aparición, y al momento de comercializarse son mezcladas, por lo que solo se tienen en cuenta las de mayor producción *C. sapidus* (jaiba azul) y *C. bocourti* (jaiba roja). En el caso de los camarones se evidenció desde hace diez años la presencia del camarón tigre *Penaeus monodon* (Tabla 4.3-1).

El escenario anterior a las obras hidráulicas, mostró un descenso brusco en la captura de los moluscos en el sistema, representada por ostras y caracoles. Desde 1996, estos recursos no volvieron a aparecer en las capturas comerciales hasta 2002, cuando empezaron a registrarse capturas de almejas procedentes de las ciénagas de VIPIS, aunque esta zona no fue objeto de monitoreo en los años anteriores. En 2004, la captura de almejas llegó a 706 t incrementándose en un 48,6% más en 2005, alcanzando el máximo valor registrado (1.050 t) en el seguimiento desde el 2002. Seguidamente, se evidenció una tendencia a la disminución desde 2006, acentuando más su declive, desde 2009 hasta 2016, tiempo en el que se registró un promedio de 223 t (+/-34t), pero incrementándose en un 63% en lo relativo a 2017 (363 t), con respecto a la media de extracción de los ocho años anteriores (Figura 4.3-2, Figura 4.3-5). En cuanto a lo anterior, si bien se muestra un aumento en la extracción del recurso almejas, no se puede concluir como síntomas de recuperación de esta pesquería (explotada en su totalidad en el área de la VIPIS), teniendo en cuenta que el incremento se puede considerar como moderado, con relación al máximo de la producción estimada en 2005, manteniendo riesgo de sobrepesca. En 2018-2019, no se registraron datos, debido temas administrativos al interior de PNN.

En atención a esta condición la Dirección Territorial Caribe - DTC de Parques Nacionales Naturales de Colombia - PNN, específicamente en el área protegida de VIPIS, conjuntamente con otras autoridades pertinentes han adoptado medidas de manejo para su conservación desde hace seis años. Para esto se han ejecutado operativos de control (decomisos de implementos, embarcaciones, liberación de organismos, detención y judicialización de los responsables de la actividad ilegal), sin embargo, teniendo en cuenta que esta actividad está ligada a una problemática social, que desborda la capacidad misional de PNN, se encuentran adelantando un proceso de diálogo con participación de entidades como la AUNAP, gobernaciones del Magdalena y Atlántico, proyecto Desarrollo Local Sostenible y Gobernanza para la Paz -DLS Caribe, apoyado por la Unión Europea, entre otras, con el fin de buscar alternativas de solución, a través de proyectos productivos, como el ecoturismo, incluyendo en este proceso de concertación, talleres de socialización de resultados del monitoreo de este recurso, por parte de INVEMAR.

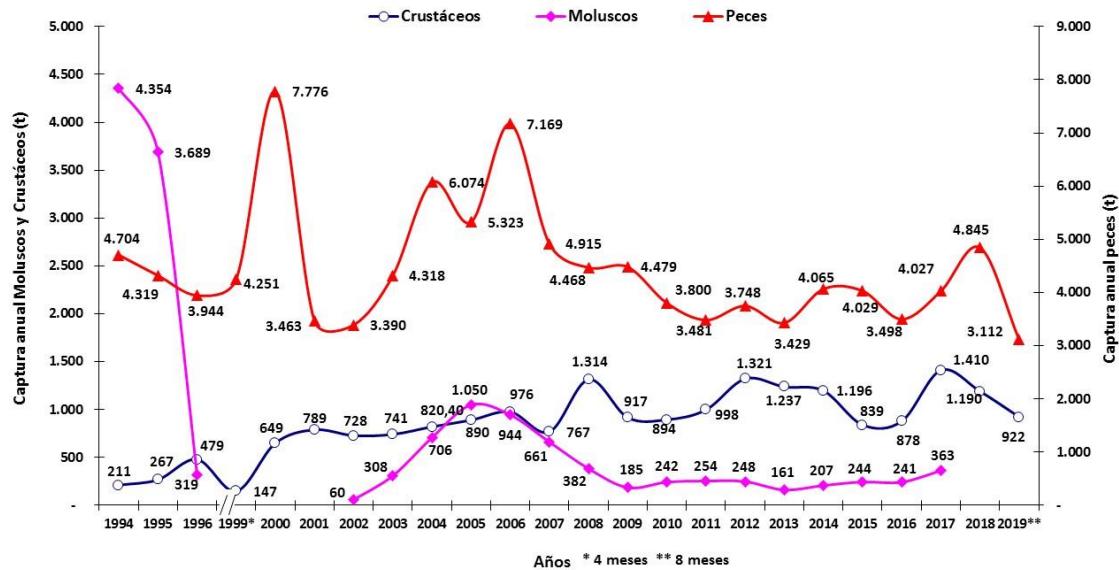


Figura 4.3-2. Tendencia de la captura total anual de peces, crustáceos y moluscos en la pesquería de la ecorregión CGSM.



**Tabla 4.3-1. Especies comerciales de la pesquería de la ecorregión**

Nombre vulgar	Nombre científico	Nombre Vulgar	Nombre científico
<b>PECES</b>			
Agujeta (f)	<i>Ctenolucius hujeta</i>	Mojarra rayada (e)	<i>Eugerres plumieri</i>
Alpacora (m)	<i>Pomatomus saltatrix</i>	Moncholo (f)	<i>Hoplias malabaricus</i>
Anchoveta (e)	<i>Mugil curema</i>	Morena (m)	<i>Gymnothorax funebris</i>
Arenca (f)	<i>Triportheus magdalena</i>	Palometa (m)	<i>Chaetodipterus faber</i>
Bacalao (m)	<i>Rachicentrum canadum</i>	Pampano (m)	<i>Trachinotus carolinus – T. falcatus</i>
Bagre Pintado (f)	<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	Pargo (m)	<i>Lutjanus spp.</i>
Barbul – Barbul arroyo (f)	<i>Pimelodus blochii - Rhamdia quelen</i>	Pez erizo (m)	<i>Diodon sp.</i>
Binde (m)	<i>Lobotes surinamensis</i>	Pez Gato (m)	<i>Polydactylus virginicus</i>
Blanquillo (f)	<i>Sorubim cuspicaudus</i>	Pez león (m)	<i>Pterois volitans</i>
Bobito (e)	<i>Stellifer venezuelae</i>	Pez sapo (m)	<i>Sphoeroides testudineus</i>
Bocachico (f)	<i>Prochilodus magdalena</i>	Pez volador (m)	<i>Dactylopterus volitans</i>
Bocona (m)	<i>Anchovia clupeoides – Cetengraulis edentulus</i>	Picúa (m)	<i>Sphyraena barracuda</i>
Bonito (m)	<i>Euthynnus alletteratus</i>	Ratón (m)	<i>Albula vulpes</i>
Boquita de sábalo (e)	<i>Larimus breviceps</i>	Ratona (f)	<i>Sternopygus macrurus</i>
Cachama (f)	<i>Colossoma macropomum</i>	Raya (m)	<i>Dasyatis guttata</i>
Cachegua (f)	<i>Trachelyopterus insignis</i>	Rayao (f)	<i>Agonostomus monticola</i>
Carite (m)	<i>Scomberomorus regalis</i>	Rey bocachico (f)	
Carrurra (e)	<i>Bairdiella ronchus</i>	Róbalo largo (e)	<i>Centropomus undecimalis</i>
Carta = Carecaballo (m)	<i>Selene spp.</i>	Róbalo pipon (e)	<i>Centropomus ensiferus</i>
Chango (f)	<i>Cynopotamus magdalena</i>	Róbalo pluma (e)	<i>Centropomus pectinatus</i>
Chinchorro (m)	<i>Bagre Marinus</i>	Ronco (m)	<i>Pomadasys crocro – Archosargus rhomboidalis</i>
Chivo cabezón (e)	<i>Ariopsis canteri</i>	Sábalo (e)	<i>Megalops atlanticus</i>
Chivo mozo (e)	<i>Sciades proops</i>	Sable (m)	<i>Trichiurus lepturus</i>
Chonga (m)	<i>Strongilura marina</i>	Sapo marino (m)	<i>Lagocephalus laevigatus</i>
Cocó (m)	<i>Conodon nobilis</i>	Sierra (m)	<i>Scomberomorus cavalla</i>



Nombre vulgar	Nombre científico	Nombre Vulgar	Nombre científico
Cojinúa negra (m)	<i>Caranx cryos</i>	Tiburón (m)	<i>Carcharhinus spp.</i>
Corbinata marina (m)	<i>Umbrina coroides</i> - <i>U. broussoneti</i> - <i>Cynoscion sp</i>	Tilapia roja (f)	<i>Oreochromis sp.</i>
Corbinata río = pacora (f)	<i>Plagioscion magdalenae</i>	Urami-Terapia (f)	<i>Trichogaster pectoralis</i>
Coroncoro (e)	<i>Micropogonias furnieri</i>	Viejita (f)	<i>Hemibrycon sp</i> - <i>Astyanax fasciatus</i> – <i>Cyphocharax magdalenae</i>
Coroncoro perro (m)	<i>Paralonchurus brasiliensis</i> , <i>Menticirrhus sp</i>	Vizcaína (f)	<i>Curimata mivarti</i>
<b>MOLUSCOS</b>			
Coroncoro perro de río (f)	<i>Loricaria spp</i>	Almeja (e)	<i>Polymesoda solida</i>
Cuarto ojo (f)	<i>Leporinus muyscorum</i>	Calamar (m)	<i>Loligo sp.</i>
Doncella (f)	<i>Ageneiosus pardales</i>	Caracol (e)	<i>Melongena melongena</i>
Dorada (f)	<i>Brycon moorei</i>	Ostra (e)	<i>Crassostrea rhizophorae</i>
Dulcina (m)	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	<b>CRUSTÁCEOS</b>	
Guabina (m)	<i>Synodus sp.</i>	Camarón - Langostino* (m)	<i>Lithopenaeus schmitti</i> * - <i>Farfantepenaeus notialis</i> - <i>F. subtilis</i> - <i>Xiphopenaeus kroyeri</i>
Jurel (m)	<i>Caranx hippos</i>	Camarón tigre (m)	<i>Penaeus monodon</i>
Lebranche (e)	<i>Mugil liza</i>	Cangrejo (e)	<i>Uca sp.</i>
Lechero (m)	<i>Tylosurus acus</i>	Jaiba azul (m)	<i>Callinectes sapidus</i>
Lenguado (m)	<i>Achirus lineatus</i>	Jaiba roja (m)	<i>Callinectes bocourti</i>
Lisa (e)	<i>Mugil incilis</i>	Jaiba siri (m)	<i>Callinectes danae</i>
Macabí (e)	<i>Elops smithi</i> ( <i>E. saurus</i> )	Jaiba negra (introducida) (m)	<i>Charybdis helleri</i>
Machuelo (m)	<i>Ophistonema oglinum</i>	Jaiba rugosa prieta (m) (N. R.)	<i>Callinectes exasperatus</i>
Mapalé (e)	<i>Cathorops mapale</i>	Jaiba pintada (m) (N. R.)	<i>Arenaeus cribarius</i>
Meona (e)	<i>Oligoplites saurus</i> - <i>O. palometta</i>	<b>REPTILES</b>	
Mero (m)	<i>Epinephelus sp.</i>	Icotea (f)	<i>Trachemys scripta callirostris</i>



Nombre vulgar	Nombre científico	Nombre Vulgar	Nombre científico
Mero de río (f)	<i>Dormitator maculatus</i>	Tortuga Verde Oliva (m)	<i>Lepidochelys olivacea</i>
Mojarra blanca (e)	<i>Diapterus rhombeus (e) – D. auratus (e) – Gerres cinereus (m)</i>		Tipo de especies por hábitat
Mojarra lora (f)	<i>Oreochromis niloticus</i>	Hábitat	Número de especies
Mojarra peña (f)	<i>Caquetaia kraussi</i>	Dulceacuícolas (f)	30
Mojarra piedra (m)	<i>Chaetodon ocellatus</i>	Estuarinas (e)	24
		Marinas (m)	59
		Total	113

Referente a los otros moluscos, se registraron desembarcos de los recursos caracoles y ostras en 2007, 2009, 2010, 2013, 2014, 2016 y en 2017; sin embargo, en mínima proporción en comparación con los valores registrados hasta 1996, razón por la cual no se aprecian en la Figura 4.3-5, como ocurre con los calamares que su pequeña cantidad no permite que se visualice en 2011, 2012, 2013 y 2016 (14, 5, 25 y 3 kg respectivamente). En 2017, se registraron 66 kg de caracol.

La Figura 4.3-3 relaciona las variaciones en la salinidad del agua en la CGSM, los caudales aportados por el río Magdalena y la anomalía IOS, con las capturas anuales. El descenso de las capturas de 2006 a 2017 y su estado para 2019, no muestra correspondencia con el patrón climático que en 2006 fue neutral, después de un año Niño leve. De 2007 a 2013 se presentó un comportamiento típico de La Niña, caracterizados por años lluviosos, con mayor incidencia en 2008, 2010 y 2011, estos formaron un grupo con IOS ascendente y bajas salinidades, aunque manifestándose con retraso, lo que hace suponer la influencia de otros factores, como el mantenimiento de los caños. Las salinidades menores a 10 facilitaron la presencia de especies dulceacuícolas, pero al bajar el IOS en 2009, la salinidad aumentó y la captura de peces bajó. Contrariamente entre 2014 y 2016 que han sido identificados como años Niño, se registraron los mayores valores de salinidad del período analizado (entre 24,7 y 32,1), invirtiéndose en 2017 y en 2018 (Niña), con salinidades promedios bajas (8,6 y 4,6 respectivamente), inclusive en lo que va de 2019, a pesar de la ocurrencia de El Niño.

Al hacer un análisis retrospectivo, hay que tener en cuenta que respecto a los valores anuales del IOS, pudieran aparecer como diferentes (p.ej. años neutrales IOS = 0.0) que actualmente figuran como de eventos leves de 'La Niña' ( $1 < \text{IOS} > 0$ ). Esto se debe a ligeros cambios en los valores del IOS en nuestra fuente de información, (NOAANCEP <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi>) que realizó una estandarización con los datos de la Organización Meteorológica Mundial (WMO). Sin embargo, las tendencias definidas para relaciones con parámetros como la salinidad o capturas de peces en informes anteriores no varían significativamente y se mantienen en el espectro multianual.

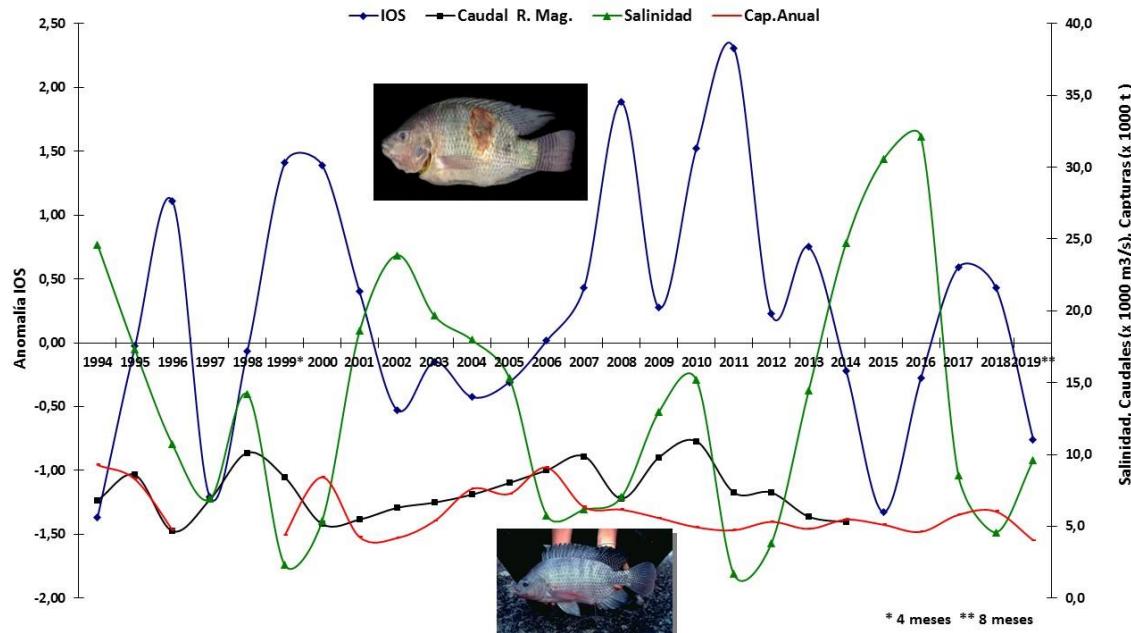


Figura 4.3-3. Variación multianual del IOS, caudales del río Magdalena, salinidad media y capturas totales en la CGSM.

#### 4.3.1.3. Composición de las capturas por especies de peces

Referente a peces, se destaca el incremento en el número de especies capturadas, como indicador de riqueza para el período 2009 – 2014. Este período presentó los mayores registros en el período de monitoreo, pero con disminución en lo registrado entre 2015 y lo que va a septiembre de 2019 (Figura 4.3-3, Figura 4.3-4). Sin embargo, fue clara la disminución en las capturas en los años 2001, 2002, 2011, 2013, 2016 y en lo que va de 2019, aunque infiriendo que a final de 2019, resultaría una captura de peces por encima de ese orden.,

Las condiciones presentadas desde el 2001 al 2005, favorecieron a las especies estuarinas y marinas, en detrimento de las dulceacuícolas. Contrario a lo registrado en el período 2006-2009, donde se observa una relativa mejora en la representación de la dulceacuícola mojarra lora, situación producto de la disminución de la salinidad, especialmente en el año 2006, cuando esta especie representó el 46% del total de las capturas de ese año. Sin embargo, al igual que para el total del grupo de los peces, esta especie mermó sus rendimientos entre 42,6% y 98,7% durante el período 2007-2019, con respecto a 2006. Se destaca la drástica disminución en 2010 y en lo monitoreado entre 2015-2017, con menor valoración en 2015-2016, años que coincidieron con los mayores registros de salinidad determinados a lo largo del seguimiento en las últimas dos décadas (Figura 4.3-3, Figura 4.3-4). A pesar de que en 2010 se registró un IOS ascendente (La Niña), este fue precedido por una tipología de Niño (octubre 2009-marzo 2010), lo que influyó en un retardo y las inundaciones lavaron los suelos salinos, haciendo aumentar temporalmente la salinidad de las aguas. Esta misma situación se presentó en 2017 con un evento Niña pero precedido de un Niño (2014-2016), por lo que el patrón climático favoreció las especies estuarinas (lisa, macabí, mapalé,



chivo cabezón y sábalo) que presentaron las mayores figuraciones, registrando también aumentos en otras especies marinas que no son apreciables en la figura.

En este mismo orden de ideas, en 2018, se mantiene un índice positivo (La Niña) desde 2017, registrándose consecuentemente un descenso de salinidad, condición que se mantiene aún en lo que va de 2019, a pesar de registrarse evento del Niño, con evidente mejoría en la producción de especies dulceacuícolas como la mojarra lora y mojarra peña, con representaciones del 13,2 y 3,4% respectivamente, del total de la captura de peces; pero en lo que al igual que para los últimos diez años, la mayor figuración fue de lisa, con participación promedio anual del total de captura de peces del 34,5% ( $\pm 10$ ), incidiendo de igual manera, en lo que va de 2019, especies estuarinas, como el mápale, macabí y chivo cabezón; así como desde 2017, 2018 y en lo que va de 2019, la mojarra rayada, con el 16,4; 9,3% y 4,7% correspondientemente (Figura 4.3-4), manteniéndose entre las principales especies desembarcadas, desde su restablecimiento en 2011, aunque no en los niveles de mediados de los 90's. Esta especie, posterior a la apertura de los caños, prácticamente había mostrado evidencias de colapso en la pesquería, por causas principalmente ambientales (Viloria, 2009; Viloria *et al.*, 2012).

De acuerdo a lo anterior se deduce que la mojarra lora para tener condiciones favorables necesita que el agua dulce de los ríos Magdalena y de la Sierra Nevada de Santa Marta, ingrese a través de los caños una cantidad de agua que logre balancear y bajar la salinidad, lo cual demora hasta varios meses. Esto sucedió durante 2011 y 2012, mostrando una recuperación en la producción de la mojarra lora por encima del 20% de total de la captura en esos dos años, pero nuevamente se vio diezmada en el periodo 2014-2017 (en un rango entre 1,2% y 8,1%), con un incremento en la salinidad y registrando el valor más alto del período evaluado.

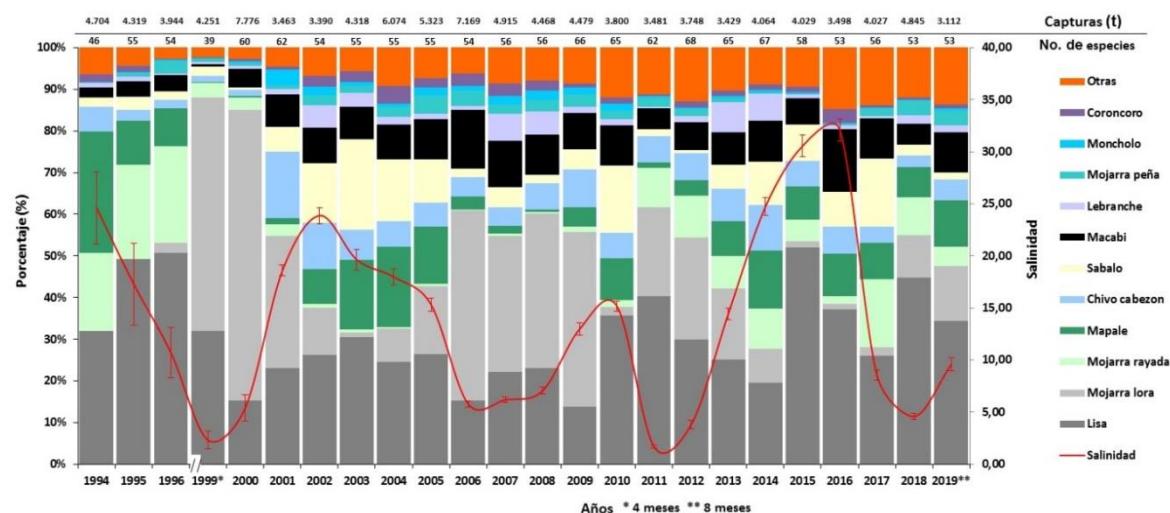


Figura 4.3-4. Composición anual de la captura (t) de peces en la ecorregión CGSM.

Si bien se presenta el valor del IOS con corte a septiembre, todo indica que a final de este año tendrá valor negativo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El modelo no lineal desarrollado para evaluar el cambio en la salinidad de la CGSM-CP, con la variación de la anomalía del IOS como indicador de la intensidad del fenómeno de El Niño (ENOS), se basa en datos anuales promedio y así



ha producido respuestas muy cercanas a lo observado ([Blanco et al., 2006; 2007](#)). En el año 2004, con un valor medio anual de IOS de -0,4; la salinidad media predicha fue de 19,5 y de 18,9 para 2005 con un IOS medio de -0,3; correspondiente a un evento El Niño débil a moderado. Aunque en esos años faltaron datos de salinidad en los primeros meses y probablemente por ello los resultados observados dieron valores ligeramente diferentes (17,9 y 15,3 respectivamente), lo cierto es que, aunque leves o débiles, desde el 2002 a 2005 se comportó como de El Niño y 2006 fue neutral. Por ejemplo, en 2006 el IOS llegó a 0 pero la salinidad anual bajó a 5,8, valor estimado por el modelo para un evento ‘La Niña’. Al presente, los pronósticos de la NOAANCEP indicaron condiciones frías en las temperaturas del Pacífico ecuatorial; sin embargo, el IOS de 2008 mostró un valor medio positivo (1,9) correspondiente a un evento del fenómeno de “La Niña”. Consecuentemente, la salinidad de CGSM-CP se mantuvo baja (7,1) y las capturas de especies estuarinas tradicionales (lisa, chivo mapalé y sábalo) disminuyeron, mientras que aumentaron las capturas de mojarra lora al conservarse los valores de salinidad menores a 10, favoreciendo a esta especie.

Sin embargo, se esperaba que en 2008 la captura de mojarra lora fuera mayor, pero el ascenso del IOS no fue acompañado rápidamente de un descenso proporcional en la salinidad, que se mantuvo similar a la de los 2 años anteriores. Estos descensos de las capturas de mojarra lora afectaron el valor anual de toda la captura de pescado y puede deberse a la drástica reducción de microalgas, principalmente diatomeas ([Bautista et al., 2010](#)), principal alimento de las tilapias. Ya en 2009, el IOS bajo prácticamente a 0 (0,3), la salinidad aumentó inversamente con el IOS, como se esperaba del modelo, no obstante, a pesar de subir de 10 la salinidad, la captura de mojarra lora estuvo bien representada. El valor porcentual relativamente alto de la mojarra lora en 2009, se explica por la reducción de la participación de especies tradicionales, como la lisa, el chivo mapalé y el coroncoro.

Al mantenerse las condiciones de La Niña desde finales de 2010 hasta 2013, se evidenció un repunte en la abundancia de la mojarra lora y otras especies de río para estos dos años. Posteriormente entre 2014 y 2016 incrementó la salinidad ante ocurrencia de El Niño, con mayor presencia de peces estuarinos, lo cual cambió en 2017, 2018 (Niña), registrándose el Niño en lo que va de 2019, pero manteniendo salinidades bajas. Se destaca que actualmente el INVEMAR adelanta el análisis de la batimetría de la CGSM, teniendo en cuenta que una reducción de la columna de agua, debida a la sedimentación acumulada, implica menor volumen de agua disponible para los peces y perturbaciones en los cambios de salinidad y temperatura.

#### **4.3.1.4. Composición de las capturas por especies de invertebrados**

En la composición del grupo de los invertebrados en lo que va de este año, solo se dio participación de los crustáceos en el total estimado para este grupo, teniendo en cuenta que en este año no se realizó monitoreo en la VIPIS, único relicto del molusco almeja en la ecorregión CGSM. Se enfatiza sobre el incremento de la producción de este recurso en lo valorado a 2017, donde se superó en un 68% y 60,6% las valoraciones de 2015 y 2016 respectivamente, pero descendiendo en lo estimado en 2018 en un 15,6% y en 34,6%, al corte de septiembre de 2019, con relación al determinado en 2017, máximo valor del período evaluado (Figura 4.3-5).

En lo relativo a 2008 sobresalió el recurso camarón, obteniéndose el registro más alto de este crustáceo en la serie temporal del monitoreo (461,3t), el cual representó una significativa



ampliación en su producción (255%) en comparación con 2007, declinando en los años siguientes (2009-2013) y recuperándose en 2014 llegando a valores cercanos a lo valorado en 2008. En 2015 cayó nuevamente en un 42,6% con respecto a 2014, pero volvió a incrementarse en 2016 y 2017, en un 42,1% y 25,9% comparativamente, a valores inferiores al mayormente registrado, llegando en lo evaluado a septiembre de 2019 a una estimación de 242,9 t, con incremento del 22,3%, respecto a 2018 (Figura 4.3-5).

Las jaibas siguen siendo para lo monitoreado a septiembre de 2019, el recurso mayoritario en la captura del grupo de los crustáceos (73,6%), no obstante, se evidencia una disminución en sus volúmenes capturados, representada en un 8,1% en 2018 y en un 37,1% en lo registrado a septiembre de 2019, con respecto a 2017; que de mantenerse estas condiciones, en sus medias de capturas mensuales, se deduce que a final del año sus capturas estarán por debajo de las de 2017, que junto con 2012-2013, se estimaron como los de mayor producción de la serie de tiempo evaluada. La mayor contribución en la composición de estos decápodos en 2019, ha sido de jaiba azul (*C. sapidus*) con un aporte del 54,3%, contrario a lo registrado en los dos años anteriores, con evidente participación de la de jaiba roja (*C. bocourti*) (81,6 y 69,1% en su orden).

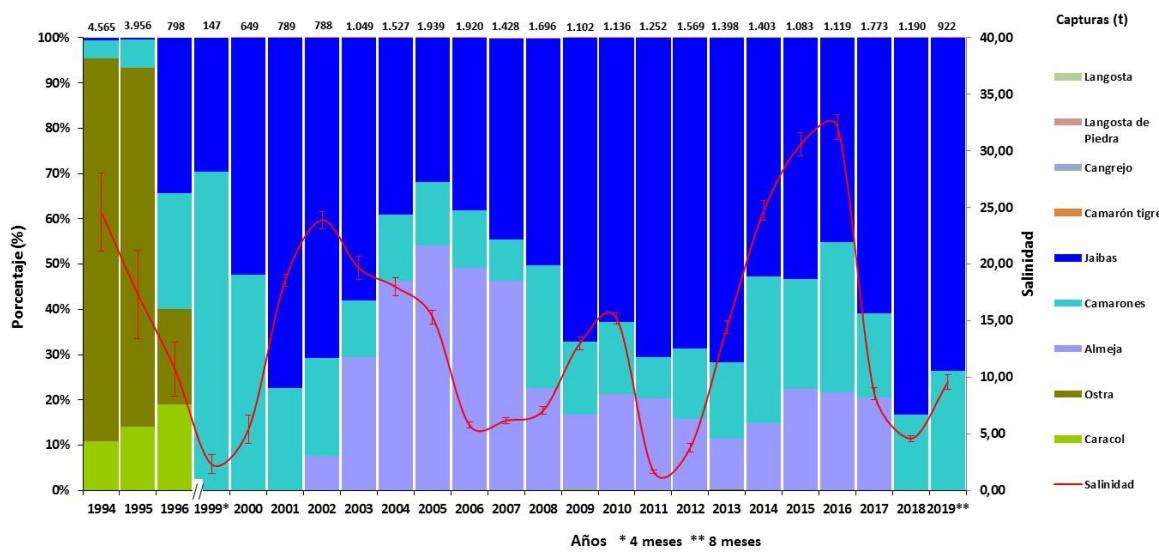


Figura 4.3-5. Composición anual de la captura de invertebrados en la ecorregión.

En el caso de los moluscos (almejas – *Polymesoda solida*), que no fue objeto de registró en los dos últimos años, se tiene que aumentó en su extracción en lo estimado para 2017 en un 48,9% y 50,6% con respecto a lo estimado en 2015 y 2016 respectivamente, lo cual se considera importante por la recuperación aparente, no obstante, se mantiene la preocupación de años anteriores, si se tiene en cuenta que constituyen la única evidencia de moluscos explotados en la ecorregión, debido a que la ostra y el caracol no manifiestan síntomas claros de recuperación como recursos pesqueros.

La anterior información suministró evidencia para demostrar el impacto del mantenimiento de las obras hidráulicas y de la variabilidad climática, sobre la estructura de los ensamblajes de peces e invertebrados disponibles en la pesquería en la CGSM y CP (Tabla 4.3-1).



#### 4.3.1.5. *Captura total anual para los principales sitios de desembarco por arte y/o método de pesca*

En la Figura 4.3-6, se presenta la captura discriminada por sitio de desembarco y arte o método de pesca en el área de la CGSM, con el propósito de determinar el uso de los diferentes procedimientos aplicados en la obtención de los recursos pesqueros, de manera que contribuya al aporte de recomendaciones para la gestión y manejo de los mismos.

En la CGSM se utilizan alrededor de 13 denominaciones de artes o métodos de pesca, los cuales se aplican de acuerdo a recursos objetos de captura, por ejemplo el buceo para la extracción de almejas, ostras y caracoles, el palangre por lo general para la captura de chivos mapalé o cabezón, chinchorras y chinchorros para mojarra lora, nasas para jaibas, redes camaroneras (releo o garceo) para camarón, atarrayas y redes de enmallado (fijas o trasmallos, boliches y zangarreo) para la captura de peces diversos de acuerdo al comportamiento estacional de los mismos. Los registros indican diferencias de uso de estos artes de pesca a nivel de sitios de desembarco, como se describe a continuación:

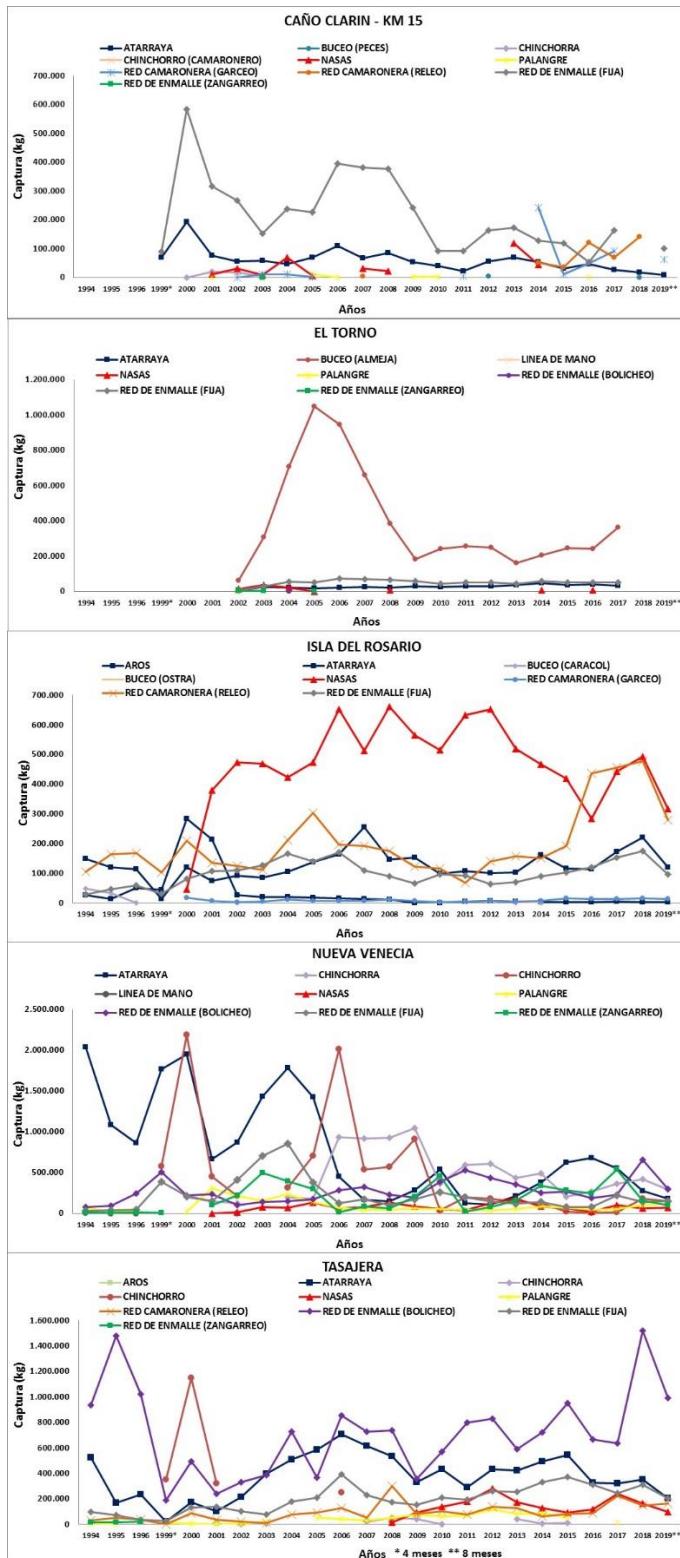
En el Caño Clarín – km 15, con datos de captura entre 1999 y septiembre de 2019, se han registrado valores entre 117,8 t y 778,9 t, el arte de mayor utilización son las redes de enmallado fijas (trasmallos) con el 62,7% de participación en la obtención de los desembarcos anuales, seguidas de las atarrayas con el 18,1%.

En el área aledaña a la Ciénaga del Torno, ubicada en el área protegida de la VIPIS, con información entre el año 2002 y 2017, se han estimado capturas anuales entre 92,7 t y 1.118,5 t, con mayor incidencia en la extracción de recursos de las unidades de pesca de buceo (almejas) con el 82,5%, caracterizándose estas unidades por la participación de un porcentaje representativo de pescadores de Barranquilla. El otro arte en importancia en esta área son las redes de enmallado fijas-trasmallos con el 10,5% en la representación de las capturas.

En cuanto al sitio Isla del Rosario, con registros entre 1994 y septiembre de 2019, excluyendo a 1999 (solo 4 meses de registro), se han obtenido capturas anuales que oscilaron entre 352,1 t y 1.382,7 t, beneficiándose en mayor proporción los pescadores que utilizan el arte nasas (jaibas) con el 47,4% de participación, siguiendo en el orden los de redes camaroneras con el 24,2%, los de atarraya con el 15,3% y los de redes de enmallado fijas (trasmallos) con el 12% correspondientemente.

En relación con Nueva Venecia con datos entre 1994 y lo que va a septiembre de 2019, la producción pesquera desembarcada anualmente ha oscilado entre 1.190,1 t y 4.794,7 t, con mayor rendimiento del arte tradicionalmente más usado en la CGSM, las atarrayas, con representación en las capturas 33,6%, seguido del chinchorro de arrastre con el 17,2% y la chinchorra con el 15,8%, estos dos últimos aplicados posteriormente a la reapertura de los caños, con principal objeto de captura de la mojarra lora. En el orden figuran las redes de enmallado, distribuidas en los métodos boliche con el 11,9%, trasmallos con el 9,6% y el zangarreo con el 7,8% respectivamente del total de las capturas anuales obtenidas.

El otro sitio de desembarco donde actualmente se aplica el monitoreo es Tasajera, con datos entre 1994 y hasta septiembre de 2019, excluyendo a 1999 (4 meses de registro), las estimaciones anuales variaron entre 675,8 t y 2.489,2 t, con mayor aplicación en la obtención de las capturas de las redes de enmallado boliche con el 47,3% y las atarrayas con el 24,7%.



**Figura 4.3-6. Captura total anual para los principales sitios de desembarco por arte y/o método de pesca en la ecorregión CGSM.**



#### 4.3.1.6. Relación de la captura (*t*), esfuerzo de pesca (faenas) y captura por unidad de esfuerzo (kg/faena) de los principales artes y/o métodos de pesca

En la Figura 4.3-7, se presenta la relación de las estimaciones de las capturas, el esfuerzo de pesca absoluto y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) anual para los principales artes y métodos de pesca utilizados en la CGSM, para determinar el grado de incidencia de éstos sobre los principales recursos pesqueros.

En la relación analizada se distinguen los altos niveles de esfuerzo antes de la apertura de los caños (1994-1996) estimados para atarrayas, boliches y redes camaroneras, contra valores de CPUE relativamente bajos. Este indicador de abundancia mostró incrementos para todos los artes en el 2000 (posterior a la reapertura de los caños), descendiendo sus niveles en 2001 y 2002, producto de las bajas capturas en estos años, no sólo para estos tres artes, sino para el total de los rendimientos anuales de la pesquería (Figura 4.3-7a, b y d).

En el caso de las atarrayas, se evidencia un incremento en el indicador de abundancia relativa (CPUE), manteniéndose relativamente constante hasta 2010, disminuyendo en 2011 y 2012 a niveles parecidos a los de 1994-1996, pero mejorando su rendimiento entre 2013 y 2015, y volviendo a menguar en 2016 y 2019. Referente al boliche presenta un perfil irregular, determinándose que los aumentos de la CPUE después de 2003 se explican más por la disminución en el número de faenas que por los rendimientos obtenidos; en lo registrado en 2018 se estimó el nivel más alto del indicador CPUE (122,7 kg/faena). Para redes camaroneras, la CPUE muestra una tendencia creciente a partir de 2004, con algunas oscilaciones entre 2009 y 2015, con notorio incremento en 2016 y 2017 y aunque bajando en 2018 y lo que va de 2019, se evidencian en este período, los mayores valores obtenidos de este índice (10,6-15,4 kg/faena).

En los trasmallos (Figura 4.3-7c), se dio una situación contraria a la de los tres artes analizados anteriormente, con registro de una baja captura y bajo número de faenas en el antes, mostrando mejores niveles en el después, principalmente entre 2003 y 2007, registrando incremento significativo en el valor de CPUE en el 2000, continuando con disminución progresiva posteriormente.

Las nasas que se registran desde 2000 (Figura 4.3-7e), al igual que las redes camaroneras (camarones), tiene un objetivo de captura (las jaibas), que comparte con otro arte, los aros. Se nota al inicio de su actividad una captura y un esfuerzo mínimo, pero con una alta CPUE, posteriormente con incentivos en la comercialización a través de las empresas procesadoras de este recurso con destino a la exportación, se intensificó la actividad pasando de un esfuerzo de 1.078 faenas y una CPUE de 43,1Kg/faena en 2000 a 14.973 faenas y una CPUE de 26,1Kg/faena en 2001, es decir con este esfuerzo este indicador de abundancia relativa del recurso se redujo en un 39,4%. En los años siguientes (2002-2008) se incrementó aún más el esfuerzo, manteniéndose relativamente constante en un rango entre 20.172 y 27.079 faenas y CPUE entre los 20 y 32kg/faena, prolongándose este incremento en los años posteriores entre 2009 y lo estimado a 2014, alcanzando niveles de esfuerzo entre 35.419 faenas (2013) y 37.242 faenas (2014) (mayor valor del esfuerzo del período analizado), manteniéndose el rango de abundancia relativa (CPUE) determinado en el período 2002-2008, a excepción de los períodos 2006-2008 y 2011-2013, con valores mayores.

De 2007 a 2009 se evidencia una disminución progresiva en la captura y en la CPUE, con los artes de pesca atarrayas, boliches y trasmallos, a pesar de reducirse el esfuerzo, probablemente por



desestímulo en los ingresos provenientes del pescado. Con las redes camaroneras y las nasas, la caída se produce después de un pico de producción, relativamente alto en 2008. Para las nasas, entre 2010 y 2012, la CPUE, indica una tendencia creciente, con disminución entre 2013 y 2016, invirtiéndose la tendencia en 2017 y lo que va de 2019.

El mayor número de faenas en los artes analizados, es aplicado por las redes camaroneras con un rango de faenas anuales de 27.003 - 128.720, seguido por las atarrayas (27.060 - 121.644), los trasmallos (14.878 - 40.502), los boliches (8.495 - 25.642) y las nasas (1.078 - 37.242).



**Figura 4.3-7. Captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo por arte de pesca (a) Atarraya, (b) Red de enmalle boliche, (c) Red de enmalle fija (trasmallo), (d) Red camaronera releo y (e) Nasas, en la ecorregión CGSM.**

#### 4.3.1.7. Distribución temporal y espacial del esfuerzo de pesca (número de faenas)

Al igual que en los períodos anteriores, el esfuerzo de pesca varió significativamente entre años ( $kw = 126,21$ ;  $p < 0,05$  gl=23) y entre artes ( $kw = 327,88$ ;  $p < 0,05$  gl=4), obteniéndose para 1994 - 1996 los mayores esfuerzos promedios estimados, adicionalmente la red camaronera releo fue la de mayor esfuerzo durante todo el período de estudio, seguida por la atarraya (Figura 4.3-8). Despues de las

obras hidráulicas, todos los artes mostraron una disminución en su esfuerzo. Una vez más el análisis espacial del esfuerzo indicó que las zonas de pesca más visitadas por los pescadores son la 2 y la 3, especialmente por la red camaronera releo y la atarraya ( $kw = 1.188,7$ ;  $p < 0,05$  gl=4) (Figura 4.3-9). Esto indica que la asignación espacial del esfuerzo (zona de pesca), es dependiente del arte, el cual está dirigido generalmente a un recurso objetivo que tiene disponibilidad diferencial geográfica en la CGSM y CP. Las zonas menos visitadas por los pescadores son la 4 y 6, es decir las zonas de SF (Santuario de Flora y Fauna) y VIPIS, respectivamente.

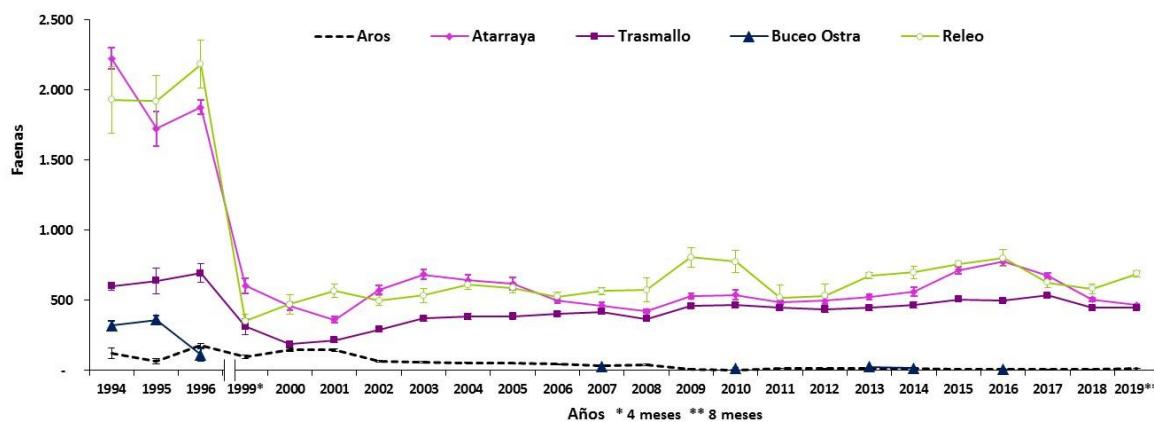


Figura 4.3-8. Esfuerzo de pesca anual de algunos artes de pesca en la pesquería de la CGSM.

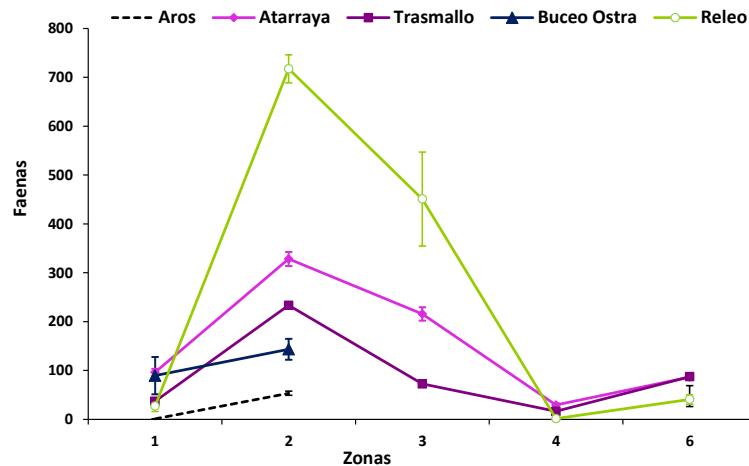


Figura 4.3-9. Distribución espacial del esfuerzo promedio de algunos artes de pesca en CGSM

#### 4.3.1.8. Comparación anual y espacial de la CPUE (kg/faena) por arte y/o método de pesca por especie y multiespecífica

##### 4.3.1.8.1. Atarraya

La abundancia relativa de peces mostró diferencias significativas entre años ( $kw=68,57$ ;  $p<0,05$   $gl=23$ ) y entre especies ( $kw= 1.964,2$ ;  $p<0,05$ ;  $gl=4$ ), con ambos factores interactuando (Figura 4.3-10). Dos especies representativas de las capturas (*C. mapale* y *M. incilis*), mostraron tendencias diferentes en la serie de tiempo. En el caso de mapalé, mostró oscilaciones temporales, principalmente incididas por las condiciones ambientales (cambios en la salinidad del agua) debido a la variabilidad climática, pero su tendencia fue a descender a lo largo de la serie de tiempo. En el caso de la lisa, esta aumentó su abundancia, siendo la mayor abundancia en 2007. En el caso del chivo cabezón (*A. canteri*), no se manifiesta variación significativa, comportándose estable hasta 2019. Para la mojarra lora, mostró un aumento de su abundancia entre 1999-2000 y entre 2006-2009, gracias a condiciones de salinidad favorable en el sistema lagunar, pero a partir de 2010 ha venido una disminución de su abundancia hasta el periodo actual (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La mojarra rayada (*E. plumieri*) reflejó signos de recuperación desde 2011 a 2015 y 2017-2019, sin llegar a los niveles antes de la apertura de los caños (94-96).

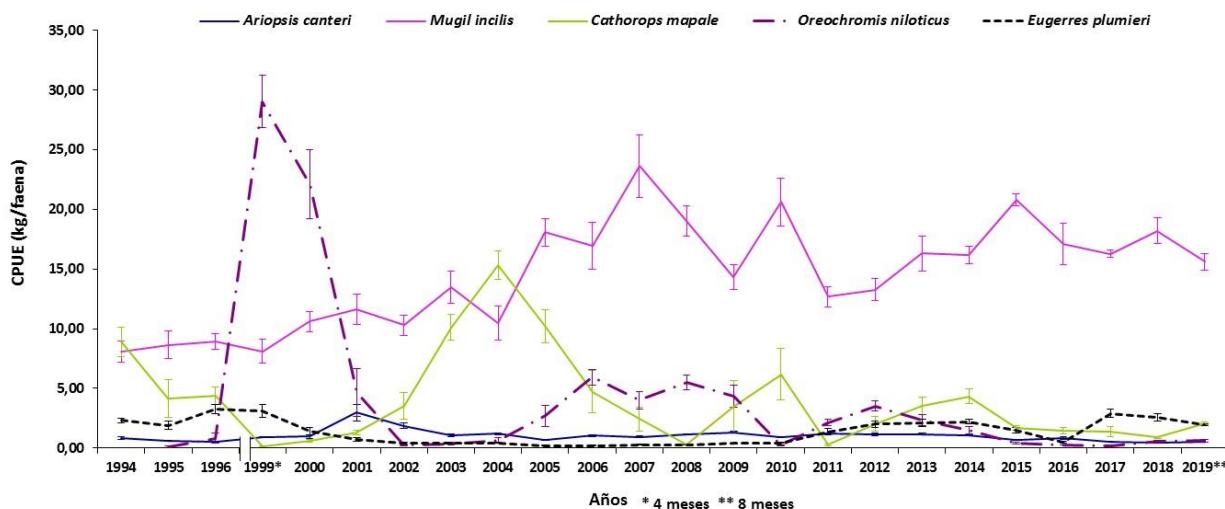
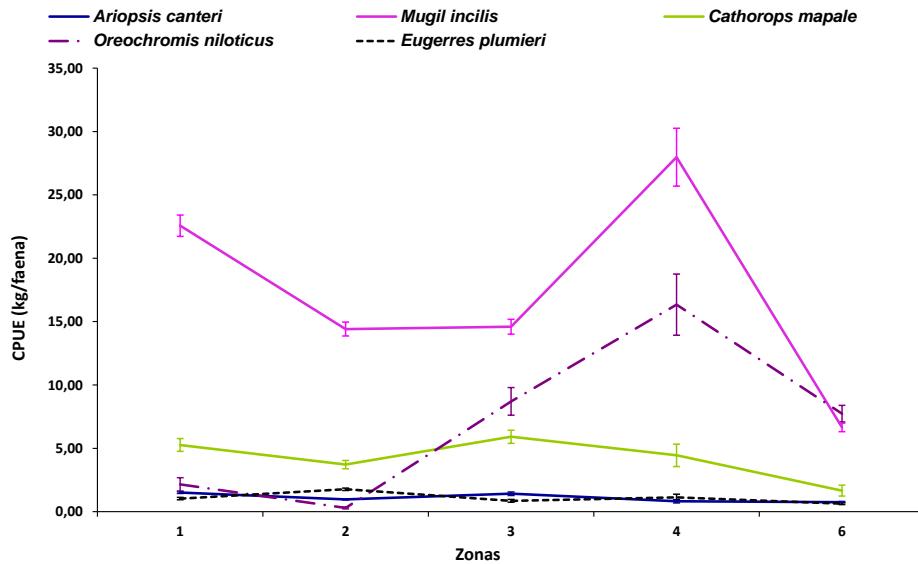


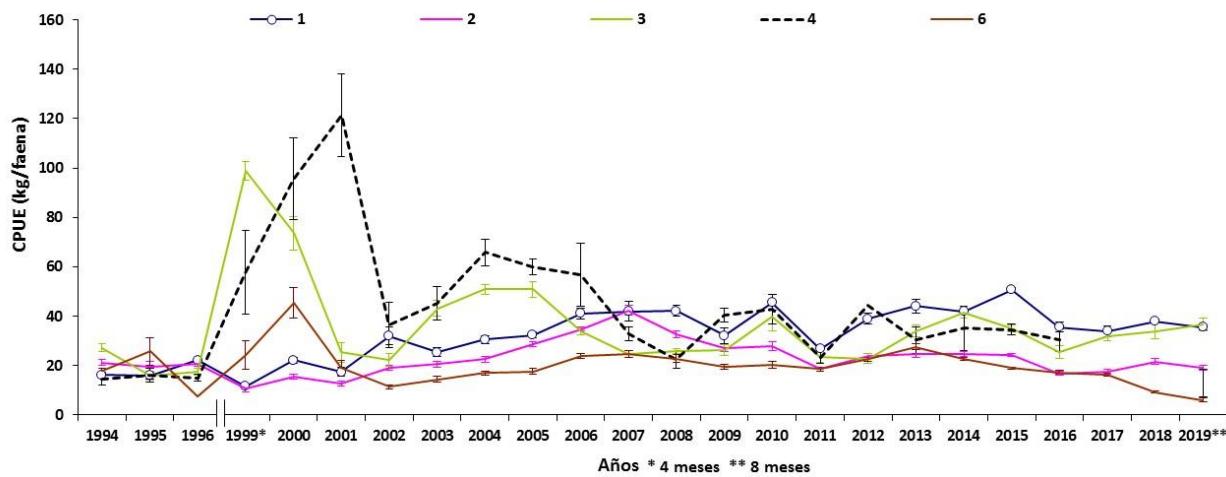
Figura 4.3-10. Comparación anual de la abundancia por especie de peces capturada con atarraya en la pesquería de la CGSM.

La abundancia de peces entre zonas (Figura 4.3-11) mostró diferencias significativas ( $kw=63,79$ ;  $p<0,05$ ;  $gl=4$ ). La interacción significativa entre estos dos factores ( $kw=52,32$ ;  $p<0,05$ ,  $gl=1$ ), es indicador de la disponibilidad diferencial del recurso en el espacio, según les favorezcan las condiciones del medio. La zona 6 fue el único lugar donde no difirieron estadísticamente las abundancias de lisa y mojarra lora. Las zonas 3 y 4 han sido las más productivas para mojarra lora (*O. niloticus*). Para la lisa (*M. incilis*), las zonas de mayor producción han sido la 1 y la 4. Mientras que el mapalé (*C. mapale*) ha mostrado incremento en las zonas 1 y 3. El resto de especies no mostraron tendencia alguna por zona de pesca.



**Figura 4.3-11. Comparación espacial de la abundancia por especie de peces capturada con atarraya en la pesquería de la CGSM**

La abundancia de peces reveló un impacto parcial en tiempo y espacio después de las obras hidráulicas. La abundancia por zona fue oscilante pero se mantienen en los mismos niveles. Las mayores abundancias por zonas se dieron para la zona 3, 4 y 6 para el periodo 1999-2001 (Figura 4.3-12).



**Figura 4.3-12. Comparación anual de la abundancia multiespecífica capturada con atarraya en la pesquería de CGSM.**

El análisis de abundancia multi-específica de las capturas de atarrayas por zonas, reflejó diferencias en la abundancia, siendo menor en las zonas 1, 2 y 6 que en las zonas 3 y 4 ( $kw=63,72$ ;  $p<0,05$ ;  $gl=4$ ; Figura 4.3-13). En estas zonas fue donde se evidenció claramente el impacto en la abundancia de peces, debido a su cercanía inmediata con área de influencia de los caños y por supuesto, reflejando la abundancia de la mojarra lora (*O. niloticus*).

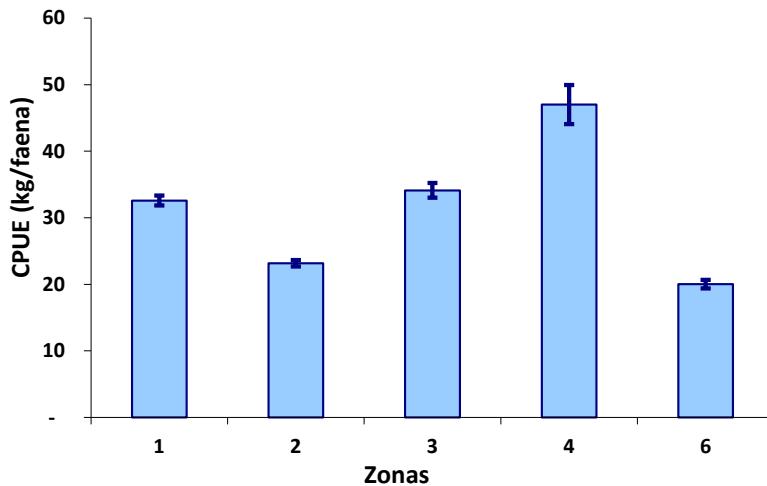
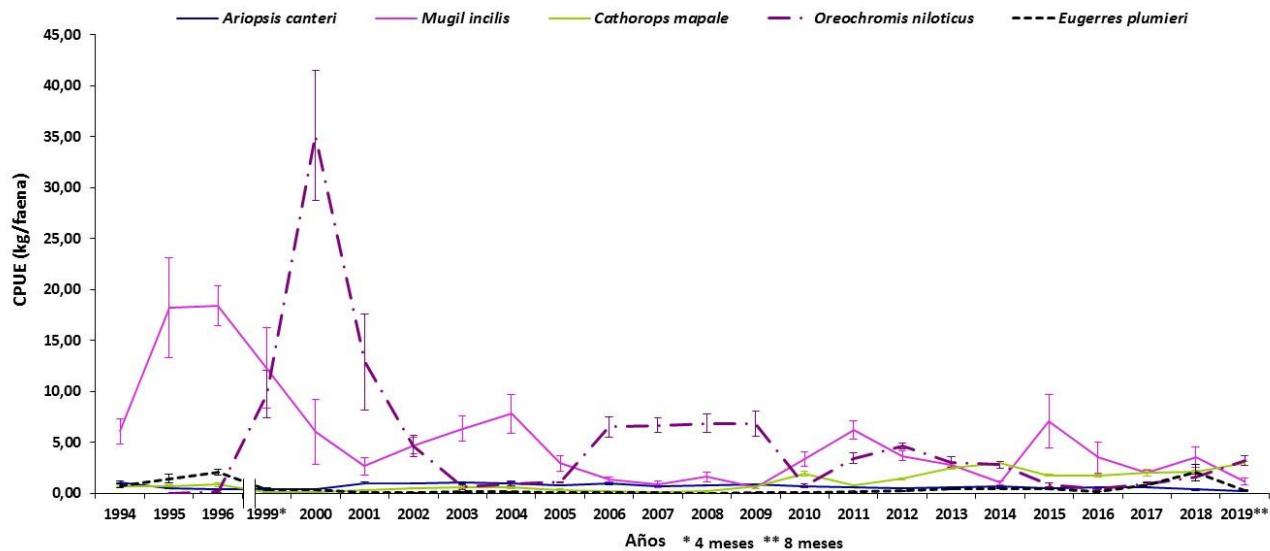


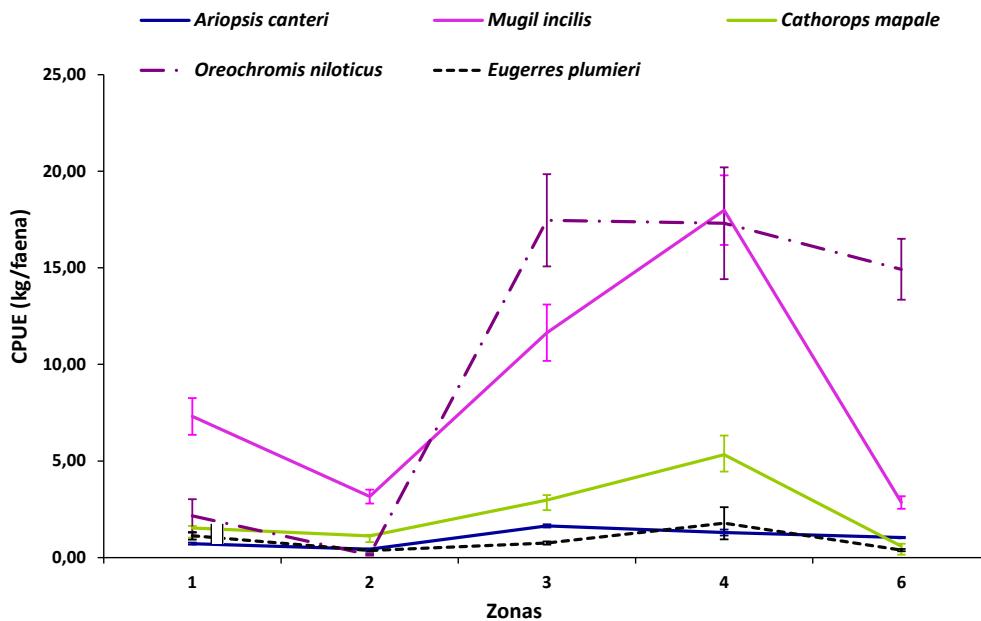
Figura 4.3-13. Comparación espacial de la abundancia multiespecífica capturada con atarraya en la pesquería de CGSM

#### 4.3.1.8.2. Trasmallo

El análisis de abundancia de peces objeto de explotación del trasmallo, mostró resultados consistentes con los de atarraya (Figura 4.3-14). La abundancia de las especies capturadas con trasmallo fue diferente entre años ( $kw = 128,29$ ;  $p < 0,05$ ;  $gl = 23$ ). De las especies tradicionales, la lisa (*M. incilis*) es la más abundante con ambos artes, junto con la mojarra lora que la superó después de las reaperturas de caños, principalmente entre 2000 – 2002 y 2006 – 2009. Las demás especies estuarinas tradicionales, como el mapalé, el chivo cabezón y la mojarra rayada, figuraron en menor escala, evidenciándose incrementos entre 2013, 2017 y lo que va de 2018, en el caso de mapalé y mojarra rayada en lo registrado en 2018. En lo que respecta a las zonas de pesca con datos de trasmallo, las mayores abundancias de las principales especies de peces se obtuvieron en las zonas 3, 4 y 6: Pajarales, Santuario y Salamanca, respectivamente. Este resultado corresponde con lo obtenido para la atarraya y es reflejo de los picos de lisa y mojarra lora (Figura 4.3-15).



**Figura 4.3-14. Comparación anual de la abundancia de peces capturados con trasmallo en la pesquería de la CGSM.**



**Figura 4.3-15. Comparación espacial de la abundancia de peces capturados con trasmallo en la pesquería de la CGSM**

En todas las zonas, la abundancia íctica mostró tendencia a la disminución a partir de 2002 con niveles semejantes en la mayoría de los casos, al escenario anterior a los dragados (Figura 4.3-16). Las comparaciones entre zonas, sin discriminar las especies, indicaron que las más productivas fueron la 3 y 4, seguidas de la 6 ( $kw=704,21$ ;  $p<0,05$ ;  $gl=4$ ; Figura 4.3-17).

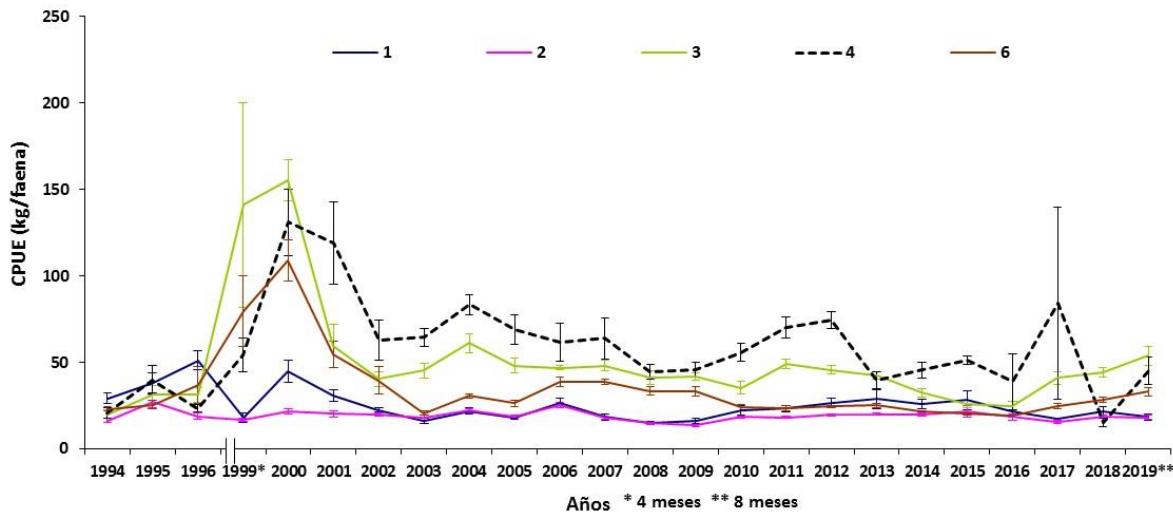


Figura 4.3-16. Comparación de la abundancia anual y espacial multi-específica de peces para trasmallo en la pesquería de CGSM.

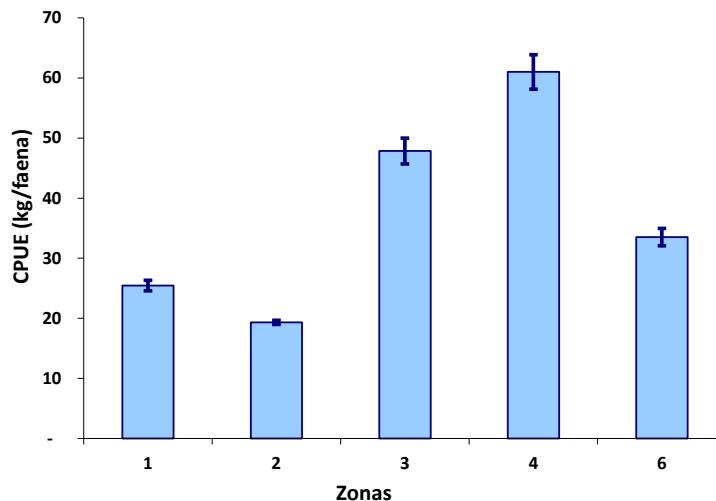
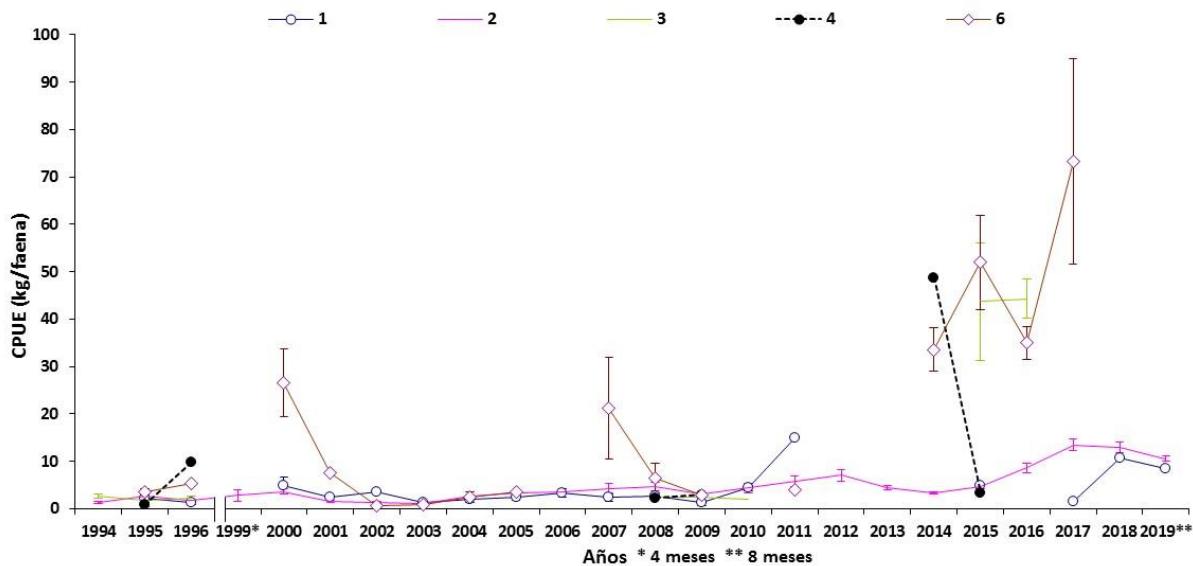


Figura 4.3-17. Comparación espacial de la abundancia multiespecífica capturada con trasmallo en la pesquería de CGSM

#### 4.3.1.8.3. Redes camaroneras, aros y nasas

La comparación anual de la abundancia de camarones por zonas, indicó que la CPUE entre años ( $kw=126,5$ ;  $p<0,05$ ;  $gl=23$ ) y zonas ( $kw=44,86$ ;  $p<0,05$ ;  $gl=4$ ) presentó variación significativa. Mientras que se observaron capturas en todas las zonas antes de las obras hidráulicas, para el escenario después sólo se registraron capturas en las zonas 1, 2 y 6, siendo la zona 6 en el 2000, 2007, 2014, 2015, 2016 y 2017, la más productiva (Figura 4.3-18).



**Figura 4.3-18. Comparación de la abundancia anual de camarones por zonas en la pesquería de CGSM.**

Para las jaibas, las cuales se analizan sus capturas con el arte aros (se aclara que en los últimos años dejaron de utilizarse, siendo reemplazadas por las nasas), sólo se observaron diferencias en la CPUE entre años ( $kw=99,04$ ;  $p<0,05$ ;  $gl=23$ ) y no entre zonas ( $kw=4,30$ ;  $p>0,05$ ;  $gl= 2$ ; Figura 4.3-19). Entre 2003 y 2019, se observó que el recurso se explotó con este arte únicamente en la zona 2, porque es el área más adecuada para su distribución, aunque se da en toda el área, sólo se utiliza este arte por los pescadores que frecuentan esta zona (de Isla del Rosario). En cuanto al arte nasas, se presenta mayor participación de las zonas 2 y 3, apreciándose desde 2001 y 2009 abundancias relativamente constantes en éstas, con disminuciones moderadas en 2010, restableciéndose a los anteriores niveles en 2011, 2012 en la 2, cayendo en 2013-2016, con acrecentamiento en 2017 y lo que va de 2019. La zona 3 aumentó a sus máximos niveles del monitoreo en 2012-2013, decreciendo al menor en 2016, pero remontando claramente en 2017 y lo transcurrido de 2019. La zona 4, registró comportamiento heterogéneo (Figura 4.3-20). Para este recurso no se encontró evidencia alguna de impacto de las obras hidráulicas o de la variación climática.

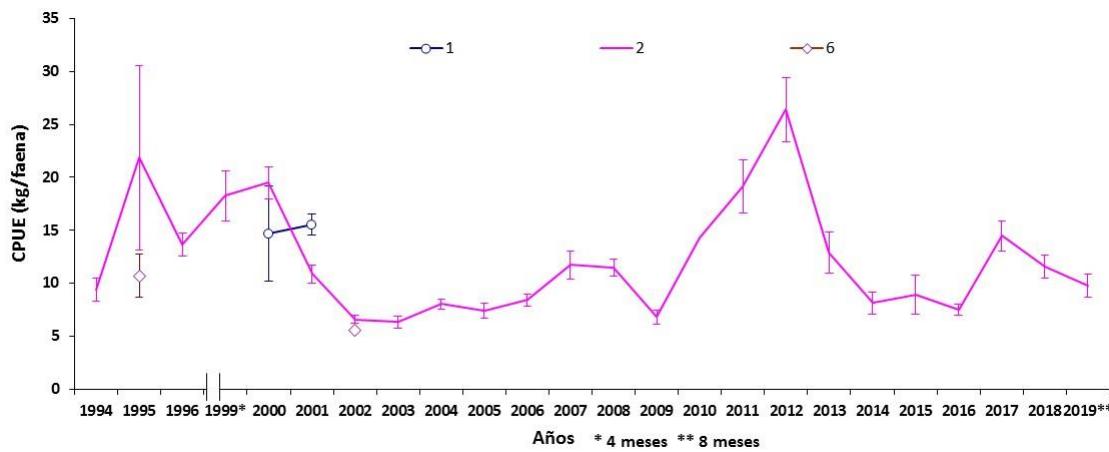


Figura 4.3-19. Comparación de la abundancia anual de jaibas por zonas en la CGSM (con aros).

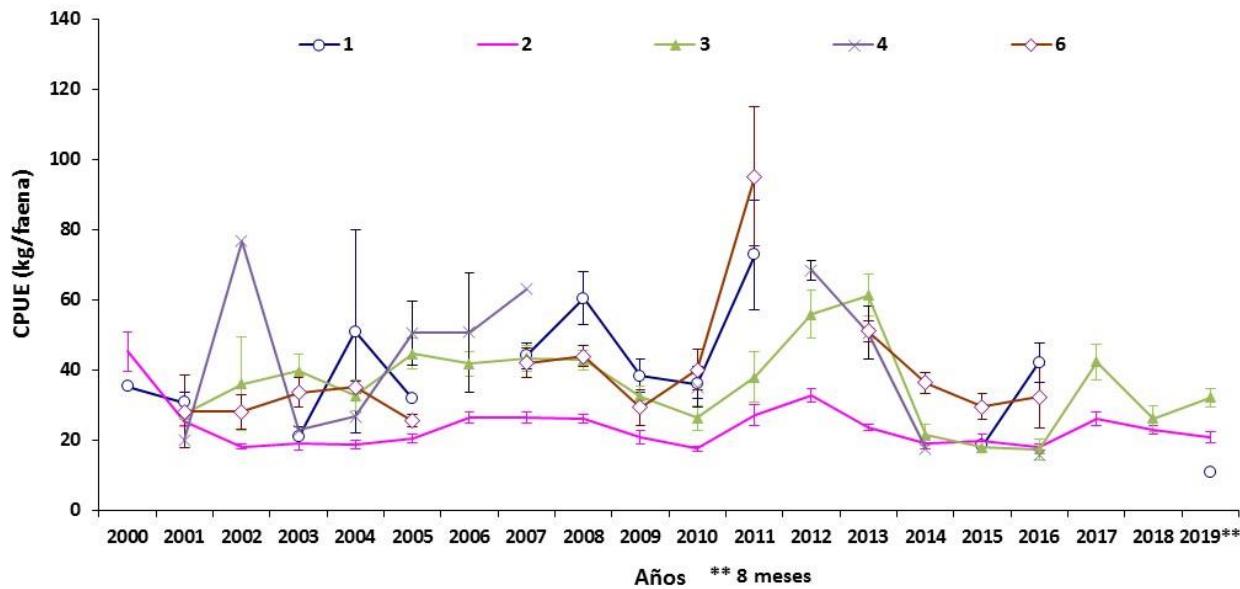


Figura 4.3-20. Comparación de la abundancia anual de jaibas por zonas en la CGSM (con nasas).

#### 4.3.1.8.4. Buceo ostra

En el caso de la ostra (Figura 4.3-21), su ausencia sigue siendo fiel reflejo del impacto de los aportes de agua dulce y sedimentos al complejo lagunar. Consistentemente, las zonas 1 y 2 mostraron un descenso en la abundancia antes de las obras hidráulicas, sin embargo, en 2007, 2010, 2013-2014 y 2016, se aprecia que se registraron evidencias de este recurso; pero sin éxito en su recuperación por inconvenientes en el grado de explotación que se ejerce sobre estos pequeños relictos.

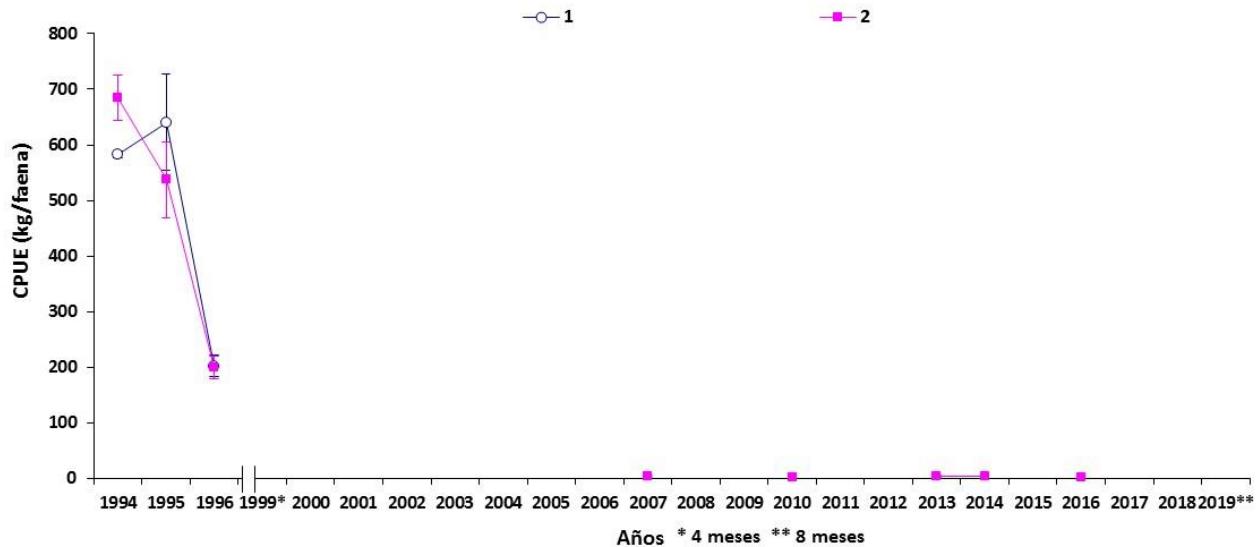


Figura 4.3-21. Comparación de la abundancia anual y espacial de la ostra en la CGSM.

#### 4.3.1.9. Aspectos económicos de la actividad pesquera en la CGSM

##### 4.3.1.9.1. Ingreso (\$/faena) y renta económica (\$/faena) global y por arte y/o método de pesca en la pesquería

Los ingresos y renta económica de atarraya y trasmallo (Figura 4.3-22 y Figura 4.3-23, respectivamente), mostraron que la mayoría de los años el trasmallo generó mayores rendimientos económicos a los pescadores que la atarraya. Solo en dos de los últimos cinco años se evidencia una igualdad en los ingresos de estos dos artes. En esta ocasión se analizan estas variables no sólo a los precios vigentes de cada año (precios corrientes), sino también a precios constantes para evaluar su comportamiento eliminando el efecto inflacionario. Se realizaron además algunos ajustes a los valores estimados en el escenario antes (redondeando en cambios en los datos informados hasta 2011).

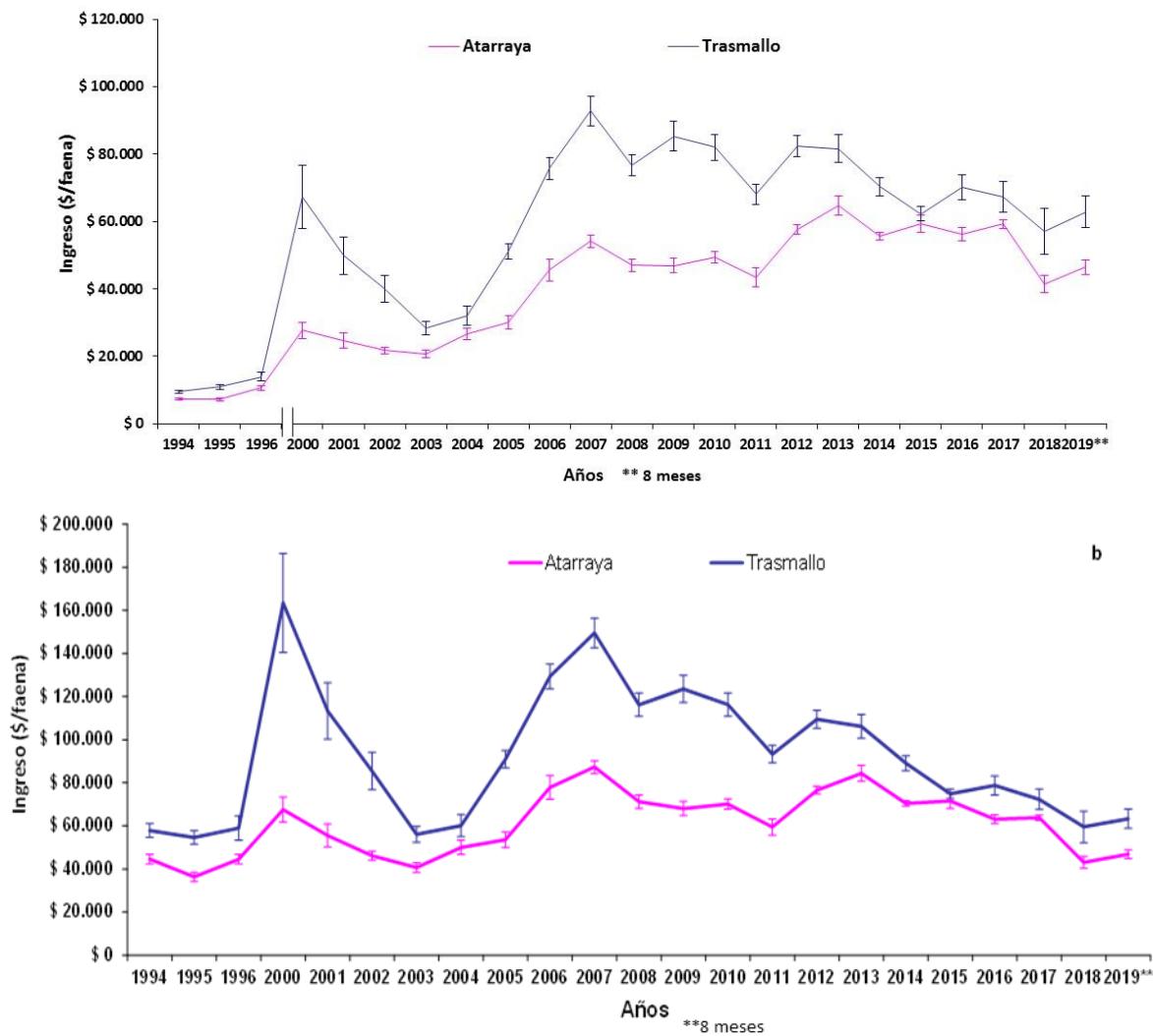
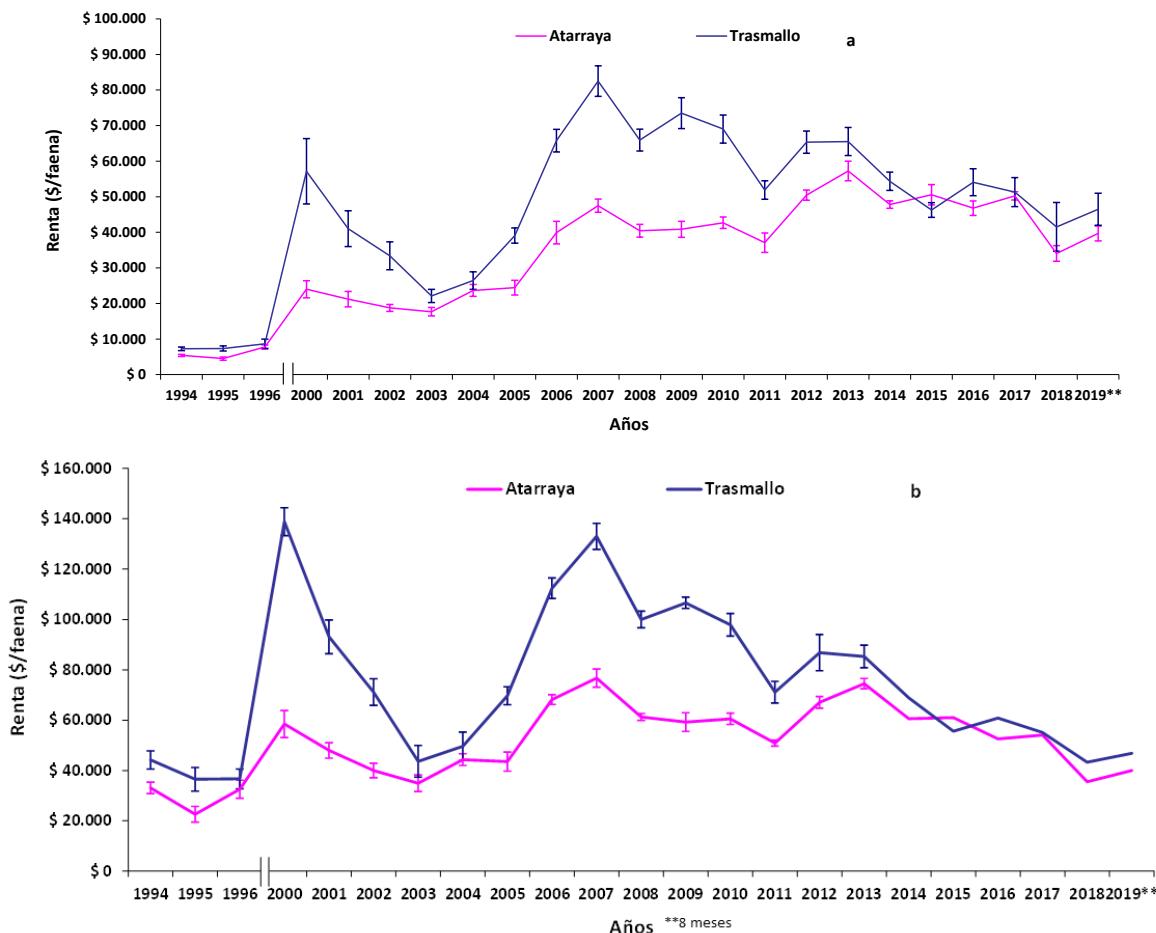


Figura 4.3-22. Ingresos económicos (\$/faena) a.) Precios corrientes y b.) Precios constantes a diciembre de 2018. Comparación anual para la atarraya y el trasmallo en la pesquería de la CGSM.

La comparación anual (precios corrientes) mostró el mismo comportamiento para ambas artes, con un aumento en los ingresos después de las obras hidráulicas (2000 y 2006 – 2007), descendiendo en 2008, mostrando incremento en 2009 y 2010, disminuyendo en 2011, volviendo al nivel de 2010 en 2012, para la atarraya y para el trasmallo, ambos con tendencia al descenso a partir de este año, hasta 2019, ( $kw=648,9$   $p<0,05$ ;  $gl=22$ ), más evidente para el caso del trasmallo ( $kw=570,57$ ;  $p<0,05$ ;  $gl=23$ ). Igual situación ha ocurrido con la renta económica para la atarraya ( $kw=641,9$ ;  $p<0,05$ ;  $gl=22$ ) y el trasmallo ( $kw=542,87$ ;  $p<0,05$ ;  $gl=23$ ). Sin embargo, tanto los ingresos como la renta económica a partir de 2002 disminuyeron, registrándose un leve crecimiento en el año 2004 y a pesar de las reducciones en 2005, 2008 y 2011, se reitera el incremento para ambos artes en 2012 y 2013, a partir de donde se registra tendencia a la disminución hasta lo que va de 2019.



**Figura 4.3-23. Renta económica (\$/faena) a.) Precios corrientes y b.) Precios constantes diciembre de 2018. Comparación anual para la atarraya y el trasmallo en la pesquería de CGSM.**

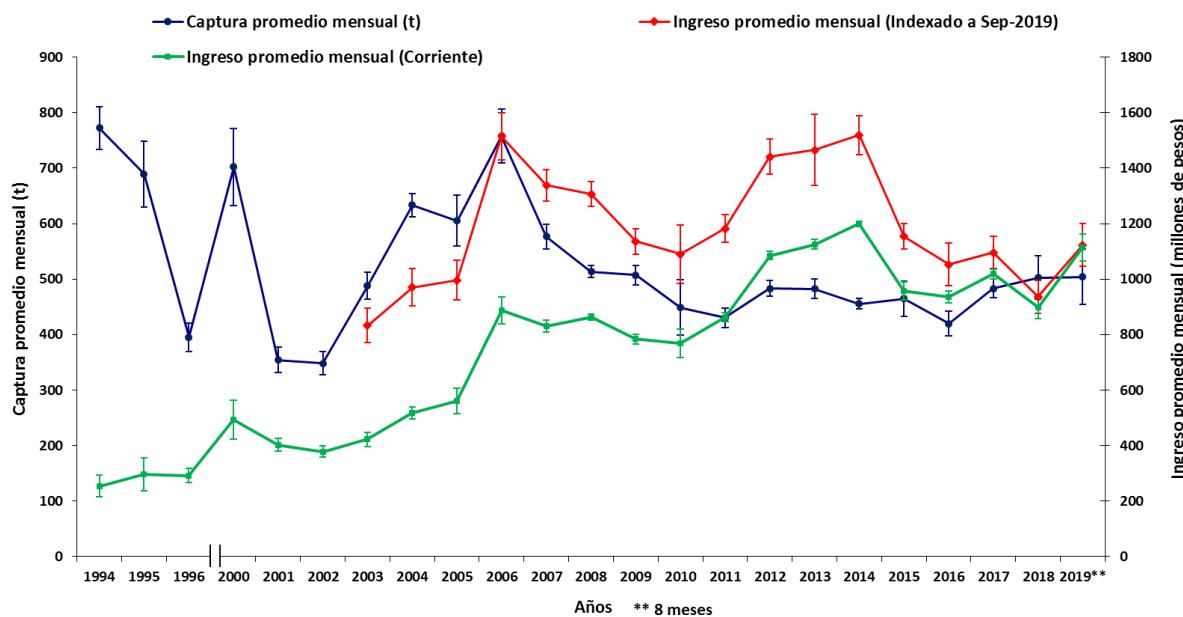
A precios constantes el comportamiento de los ingresos y la renta para ambos artes es similar, sin embargo, la tendencia difiere del análisis a precios corrientes (creciente), porque se muestra a partir del 2002, relativamente constante, destacando en el escenario antes que los ingresos y renta entre los artes analizados es igual.

#### 4.3.1.9.2. Comparación anual de las capturas e ingresos económicos en la pesquería de CGSM.

El impacto bioeconómico del mantenimiento de las obras hidráulicas y de los eventos climáticos globales sobre la pesquería de la ecorregión se evaluó comparando la captura total de todas las especies junto con los ingresos económicos generados durante los años de monitoreo. A precios corrientes, se evidencia de manera general una tendencia creciente, no obstante, se tiene que a partir de 2001, la captura e ingresos disminuyeron; alternándose la tendencia desde 2004, donde se observó un aumento tanto en los ingresos como en las capturas, destacando al 2006 en el que se superaron los valores promedios de las capturas registrados en el 2000, llegando a valores aproximados a los de 1994, comportándose los ingresos posteriormente comparativamente



constantes hasta 2011, incrementándose en lo estimado de 2012 a 2014, cayendo en lo estimado a partir de 2015, aunque con ligero incremento en lo evaluado en 2017 y en lo que va de 2019, tanto en la captura como en los ingresos (Figura 4.3-24). El incremento del ingreso en 2006, se relaciona con el aumento en este año en más del 100% en el precio de la especie dulceacuícola mojarra lora ya introducida en el mercado, la cual ha mostrado mayor participación en las capturas, contrario a la disminución y lenta recuperación que han presentado las especies estuarinas de mayor valor comercial.



**Figura 4.3-24. Comparación anual de las capturas e ingresos económicos a precios corrientes e indexados a precios de diciembre de 2018 para el total de especies capturadas con todos los artes en la pesquería de CGSM.**

En cuanto a 2007, aunque la mojarra lora tuvo una figuración importante, el promedio general de capturas descendió y por ende el ingreso correspondiente a este año. Paradójicamente, aunque continuó la baja de los promedios de captura en lo determinado para 2008, los ingresos se mantuvieron, aún a pesar de que los precios promedios de las especies disminuyeron, atribuyéndose este restablecimiento a los aportes realizados por el arte redes camaroneras releo, que aumentaron considerablemente sus capturas del recurso camarón en lo valorado para este último año, con mayor énfasis en el sitio Tasajera, que amplió sus rendimientos en casi cinco veces con respecto a lo estimado para 2007, seguido de Isla del Rosario que aumentó en un 125%. Esto es indicador de mejores ingresos a los pescadores que utilizan este arte, destacando por supuesto a Tasajera que ascendió en un 331% e Isla del Rosario en un 79,4%. Esta situación contrasta con el resto de artes que descendieron, tanto en sus capturas como en ingresos. En 2009 y en adelante hasta 2019, aunque con ligero aumento en 2017 y lo valorado a septiembre de este último año, continuó la disminución de los promedios mensuales de captura, sin embargo, los niveles de ingreso se mantuvieron, incluso con evidente aumento en lo evaluado entre 2012 y 2014, en donde se notó la recuperación en la producción desde 2011 de la especie de mayor valor comercial en el área, la mojarra rayada. No obstante, lo anterior es evidente el descenso en 2015- 2018 y hasta lo que va



de 2019, producto de la disminución de la producción pesquera, aún con el moderado incremento en 2017 y lo que va de 2019.

En relación a la figuración a precios constantes (Figura 4.3-24), es notoria la falta de correspondencia entre la captura promedio mensual y los ingresos promedios mensuales de la pesquería en el año 2000, debido al cambio en la composición de la captura, manifestado en mayor aporte de especies dulceacuícolas de poca aceptación en el mercado, como la mojarra lora, de bajos precios. Al igual que lo analizado a precios corrientes se evidencia un comportamiento similar, en la cual se reflejó la peor época del monitoreo referente a la producción e ingresos mensuales (2001 – 2002), apreciándose recuperación entre 2004-2006, a partir del cual los precios de venta de algunos recursos, incluida la mojarra lora, mejoraron, destacando también lo registrado en el período 2012-2014, donde se estimó que los ingresos de los pesquería a precios constantes se han mantenido, a pesar de la disminución paulatina del recurso pesquero, no obstante, con tendencia de continuidad del declive de los ingresos de la pesquería. Estos valores promedios mensuales oscilaron entre 803 ( $\pm 61$ ) y 1.559 ( $\pm 141$ ) millones COP \$, en 2002 y 1994 correspondientemente.

#### **4.3.1.9.3. Renta económica por pescador para los principales sitios de desembarco por arte y/o método de pesca en la ecorregión CGSM.**

Correlativamente, con base en relación de las capturas de los artes y métodos de pesca por sitio de desembarco, los ingresos y costos de operación por Unidad Económica de Pesca (UEP), se determinó el indicador renta económica por pescador, correspondiente a los principales artes y su comparación con el salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV) correspondiente a cada año evaluado.

En la relación presentada en la Figura 4.3-25, al igual que el análisis de las capturas, el indicador de renta económica se determinó a nivel de sitio de desembarco, reiterando las diferencias existentes en los usos de los artes y la ubicación geográfica de los mismos, en ese orden de ideas, se presentan las siguientes consideraciones.

En relación al sitio Caño Clarín-Km 15, los pescadores que utilizan los artes de mayor incidencia redes de enmallaje fijas (trasmallos) y atarrayas, en la mayoría de los años superaron el punto de referencia (SMMLV), no obstante, estuvieron por debajo en los últimos seis años analizados (2014-2019). En referencia a los que usan redes camaroneras (garceo y releo), en 2014-2019 estuvieron por encima de este indicador, producto del incremento de la captura del recurso camarón.

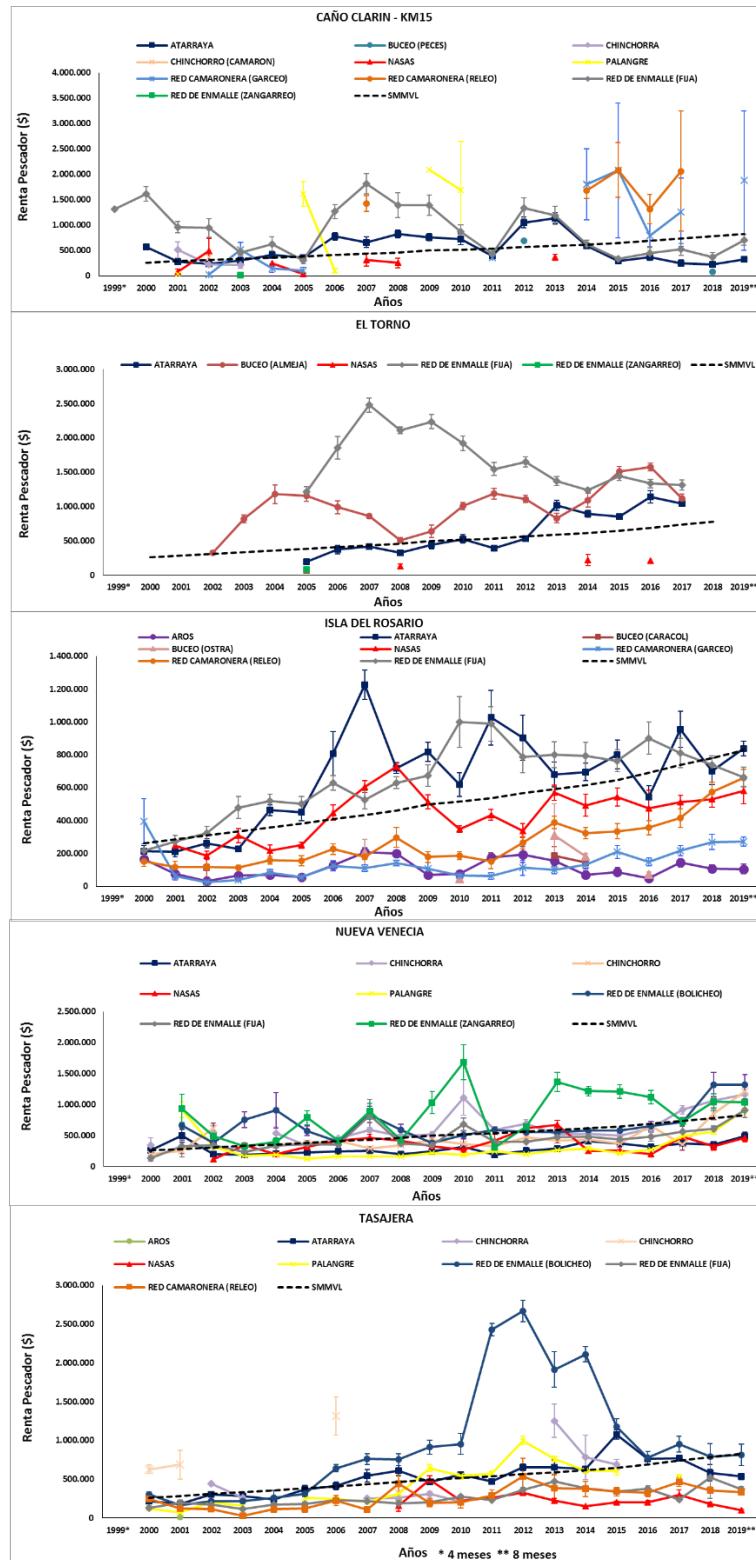
Referente a los pescadores que faenan en el área aledaña a la Ciénaga del Torno (VIPIS), los que emplean el arte de mayor incidencia buceo (almeja) superaron el umbral de referencia del total de la serie anual monitoreada, de igual manera los que utilizan el trasmallo, en cuanto a los de atarrayas solo superaron el SMMLV en el período 2013-2017. Se reitera la falta de datos en 2018-2019.

Los de Isla del Rosario, con mayor uso de nasas (jaibas) y redes camaroneras (camarón), en términos generales no superaron el punto de referencia, a excepción del período 2006-2008 en que los que usan las nasas lo superaron en un bajo margen. En su orden los trasmallos y atarrayas, estuvieron por encima en la mayor parte del período evaluado.



En Nueva Venecia, las utilidades registradas por los pescadores relacionados con los artes de pesca aplicados en el período de monitoreo, mostro una tendencia relativamente constante alrededor del SMMLV, a excepción de los que usan las redes de enmalle que aplican el método zangarreo (ilícito) que superaron el SMMLV en la mayoría de años.

Relativo a Tasajera, presentó igual situación que los pescadores de Nueva Venecia en cuanto a la tendencia de registros de la renta económica alrededor del SMMLV en la mayoría de los artes, excepto los pescadores que aplican el método del boliche, en la que este indicador lo supero desde el 2006 hasta 2017, llegando alrededor del mismo en 2018 y lo que va de 2019. Se destaca el período 2011-2014, donde los valores llegaron a representar entre 3,2 y 4,7 veces este umbral de referencia.



**Figura 4.3-25.** Renta económica por pescador para los principales sitios de desembarco por arte y/o método de pesca en la ecorregión CGSM.



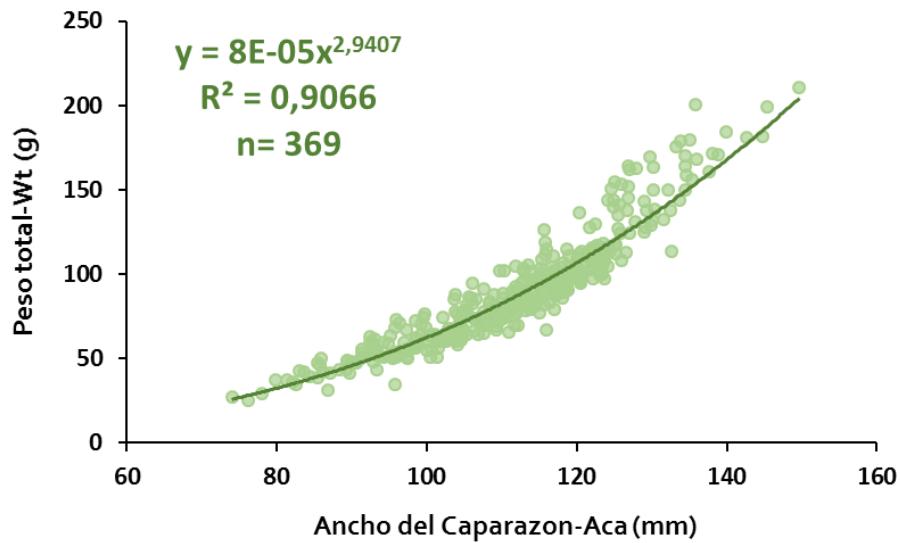
#### 4.3.1.10. Talla de madurez sexual (TM) actualizada para algunas especies de peces e invertebrados de la pesquería de la CGSM

##### 4.3.1.10.1.1. *Callinectes sapidus*

En total se analizaron 397 individuos de jaiba azul en el periodo comprendido entre febrero de 2018 a enero de 2019. De estos, el 76% (n= 305) correspondieron a hembras y el 24% (n= 92) machos, indicando diferencias significativas en estas proporciones ( $X^2 = 114,2$ ; p-valor <0,05). El análisis de la relación ancho del caparazón- peso para la jaiba azul en la CGSM, indica un crecimiento de tipo isométrico, dado que el coeficiente  $b$  es estadísticamente igual al valor teórico tres ( $t: 1,20$ ; p- valor > 0,05) (Figura 4.3-26). En la Tabla 4.3-2 se presenta algunos parámetros estimados de la principales variables morfométricas tomadas.

**Tabla 4.3-2. Parámetros estimados de la principal variable morfométrica y pesaje datados en laboratorio de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) recolectados en la Ciénaga Grande de Santa Marta.**

Sexo	n	Mín. Aca (mm)	Máx. Aca (mm)	$\bar{X} \pm EE$ Aca (mm)	Mín. Pt (g)	Máx. Pt (g)	$\bar{X} \pm EE$ Pt (g)
Hembra	302	76,2	149,7	111,6 ± 0,7	25,1	210,6	84,9 ± 1,7
Macho	95	74,1	145,2	110,4 ± 1,7	27,3	245,0	101,3 ± 4,8



**Figura 4.3-26. Relación ancho del caparazón (mm)- Peso (g) para sexos combinados de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) recolectados en la Ciénaga Grande de Santa Marta.**

La Figura 4.3-27 muestra simultaneidad de individuos inmaduros y maduros durante la mayor parte del tiempo analizado; sin embargo, prevalece en todos los meses la presencia de individuos en estado de madurez avanzado (III y IV, para el caso de las hembras y II en los machos, estos últimos se encuentran agrupados en el estado III de hembras). El IGS no muestra una tendencia clara a lo

largo del año, sin embargo, se destaca la presencia de hembras en estado de desove para los meses de septiembre, octubre y noviembre, lo que podría indicar pico reproductivo.

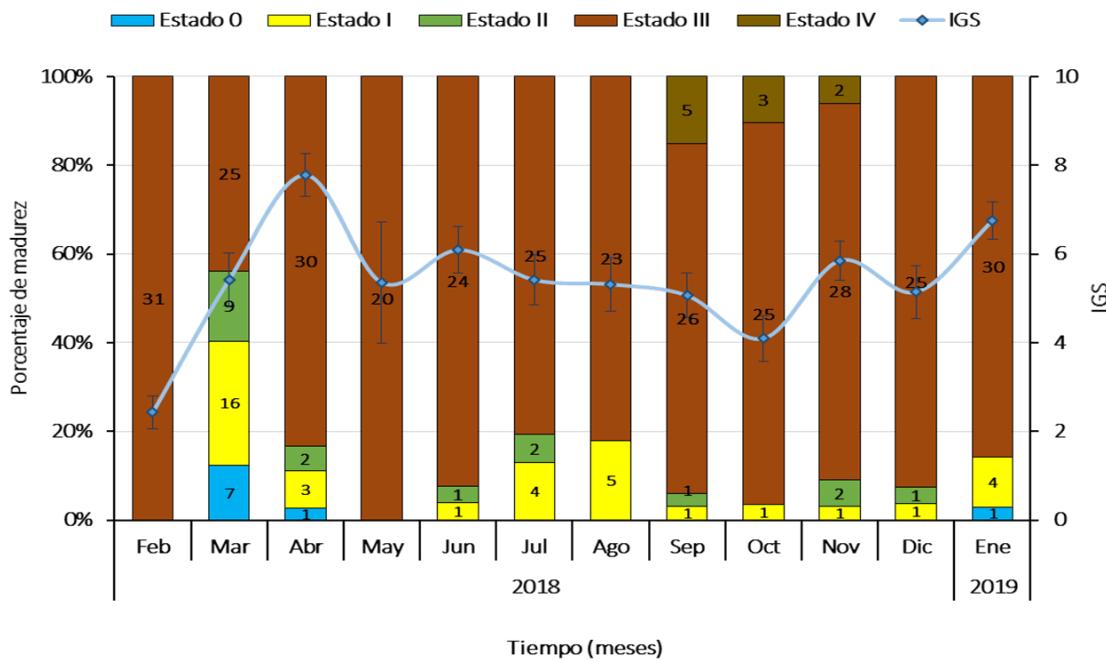
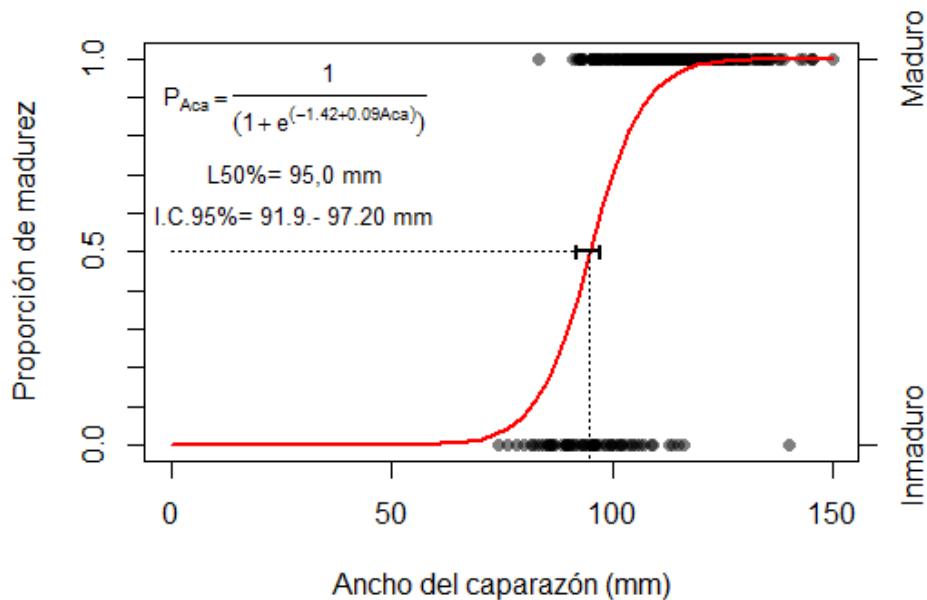


Figura 4.3-27. Estacionalidad reproductiva para la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) recolectados en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

La TM se determinó con base en la integración de los individuos analizados a partir de febrero de 2018 a enero 2019, estimándose este indicador en 95,0 mm de Aca, con intervalos de confianza de 92,0 – 97,2 a partir de 375 individuos (Figura 4.3-28). La TM estimada en el presente estudio presenta una disminución en comparación con talla reportada por [Correa \(2002\)](#) de 103 mm de Aca.



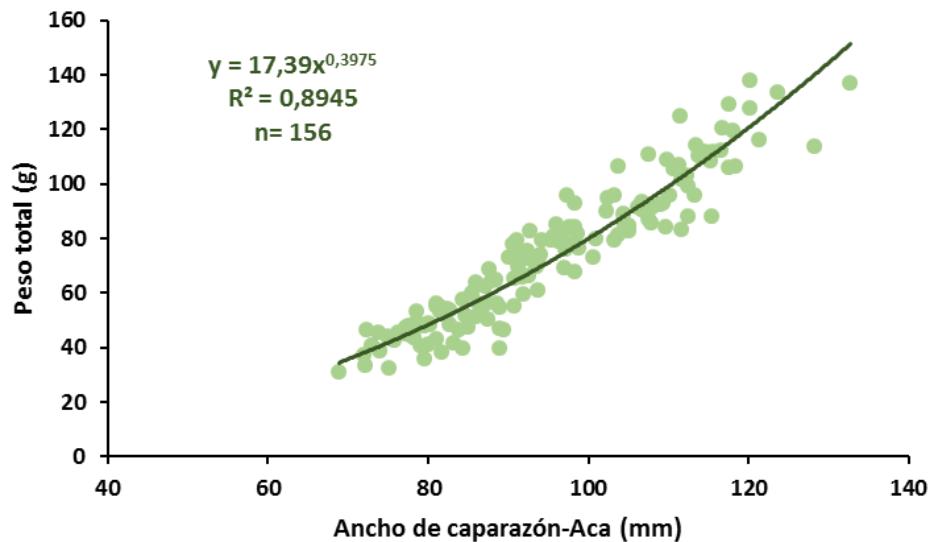
**Figura 4.3-28.** Talla de madurez sexual para sexos combinados de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) recolectados en la Ciénaga Grande de Santa Marta. La línea punteada muestra el corte donde se ubica la TM.

#### 4.3.1.10.1.2. *Callinectes bocourti*

En cuanto a la jaiba roja, se analizaron entre febrero de 2019 a septiembre de 2019 un total 229 ejemplares, de los cuales el 54,2 % (n= 124) eran hembras y 45,2 % (n=105) machos. La proporción de sexo para estos individuos no presento diferencias significativas de la proporción esperada ( $\chi^2 = 1,57$ ; p-valor > 0,05). En la Tabla 4.3-3 se presenta un resumen de las mediciones morfometricas estimada para esta especie. El análisis de la relación talla-peso, indica que la jaiba roja en la Ciénaga Grande de Santa Marta el crecimiento es alométrico ( $t= 12,03$ ; p – valor < 0,05, Figura 4.3-29).

**Tabla 4.3-3.** Parámetros estimados de la principal variable morfométrica y pesaje datados en laboratorio de la jaiba roja (*Callinectes bocourti*) recolectados en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

Sexo	n	Mín. Aca (mm)	Máx. Aca (mm)	$\bar{X} \pm EE$ Aca (mm)	n Pt	Mín. Pt (g)	Máx. Pt (g)	$\bar{X} \pm EE$ Pt (g)
Hembra	114	68,8	133,4	$102,4 \pm 1,4$	124	11,8	166,8	$84,1 \pm 2,5$
Macho	104	71,9	128,2	$88,0 \pm 1,1$	105	34,4	161,3	$67,1 \pm 2,7$



**Figura 4.3-29.** Relación ancho del caparazón (mm)- Peso (g) para sexos combinados de la jaiba rojal (*Callinectes bocourti*) recolectados en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

La progresión gonadal indica que cerca del 53% de los individuos se encontraban en estado avanzado de madurez y hubo predominancia de estos individuos durante todos los meses de muestreo, se destaca la presencia de dos hembras en desove en el mes de mayo. En cuanto al IGS, los mayores valores se presentaron durante los meses de julio y agosto ( $6,3 \pm 1,1$  y  $6,6 \pm 1,4$ , respectivamente), sin embargo, no refleja una tendencia clara (Figura 4.3-30). La TM estimada para esta especie es de 86,3 mm ACa con intervalos de confianza de 83,1 – 89,5 a partir de 212 individuos (Figura 4.3-31).

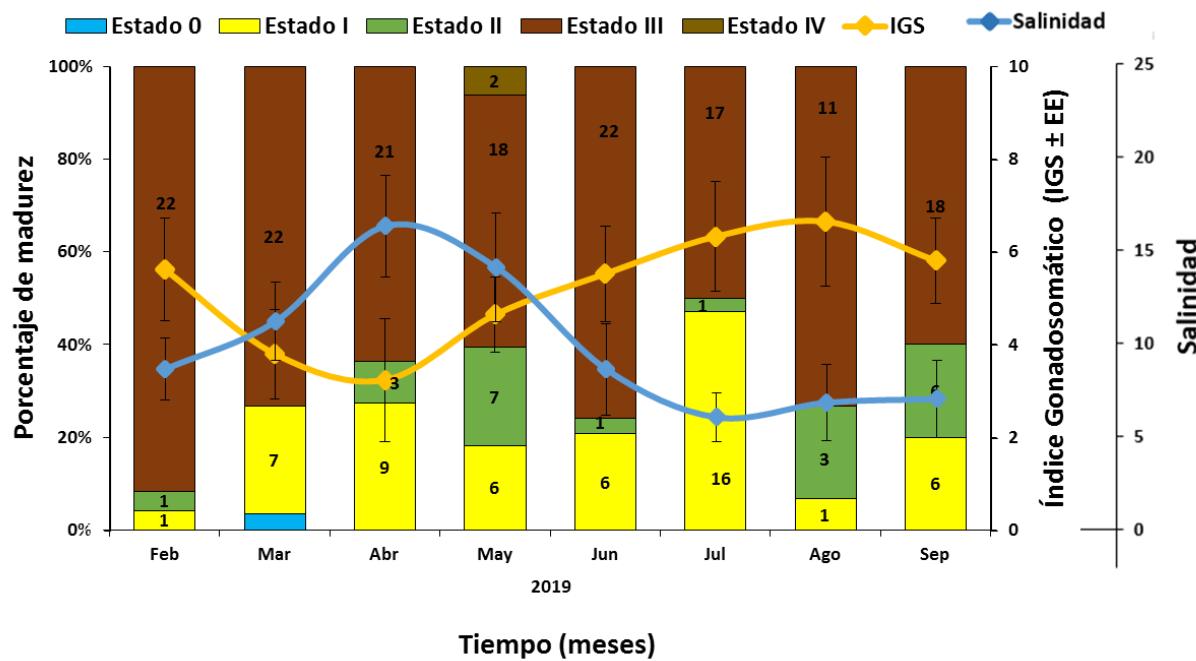


Figura 4.3-30. Estacionalidad reproductiva para la jaiba roja (*Callinectes bocourti*) recolectados en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

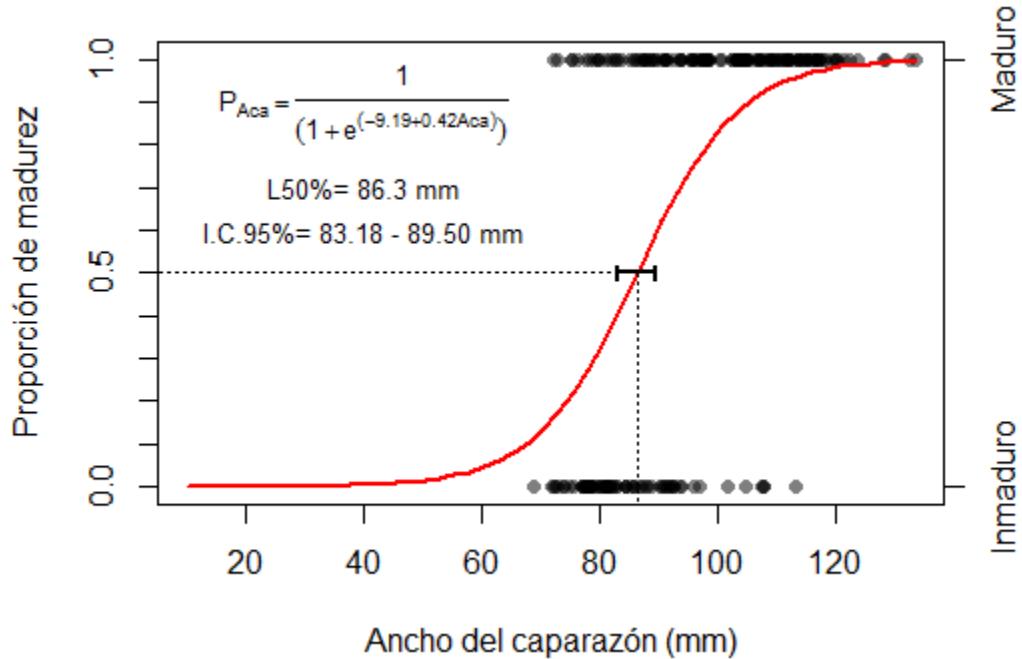


Figura 4.3-31. Talla de madurez sexual para sexos combinados de la jaiba roja (*Callinectes bocourti*) recolectados en la Ciénaga Grande de Santa Marta. La línea punteada muestra el corte donde se ubica la TM.



#### 4.3.1.10.1.3. *Mugil liza*

Se analizaron un total de 197 individuos de lebranche colectados entre febrero de 2019 a septiembre de 2019 en la CGSM, de los cuales el 35,5 % (n = 70) fueron hembras, el 64 % (n=126) machos y solo al 0,5% (n=1) resultaron indeterminados, determinándose una proporción H: M de 1: 1,8, la cual es significativamente diferente de 1:1 ( $X^2= 16$ ; p-valor <0,05). En la Tabla 4.3-4 se presenta los parámetros estimados para la longitud total y peso total de *Mugil liza*.

**Tabla 4.3-4 Parámetros estimados de la principal variable morfométrica y pesaje datados en laboratorio del lebranche (*Mugil liza*) recolectados en la Ciénaga Grande de Santa Marta.**

Sexo	n	Mín. Lt (mm)	Máx. Lt (mm)	$\bar{X} \pm EE$ Lt (mm)	Mín. Pt (g)	Máx. Pt (g)	$\bar{X} \pm EE$ Pt (g)
Hembra	70	270	425	$345,7 \pm 4,9$	160	584,4	$341,5 \pm 13,5$
Macho	126	255	432	$343,6 \pm 3,3$	135,1	135,1	$135,1 \pm 9,2$
Indeterminado	1	260	260	260,0	150,3	623,4	337,8

En cuanto a la relación longitud-peso para sexos combinados, indica que la especie *mugil liza* presenta un crecimiento de tipo alométrico, es decir, el peso del pez no aumenta en la misma proporción que la talla con el tiempo (FAO, 1983), lo anterior se explica dado que el coeficiente *b* difiere estadísticamente del valor teórico tres (*t*= 5,99; p- valor= < 0,05, Figura 4.3-32). La estacionalidad reproductiva y determinación de la TM (L<sub>50%</sub>) del lebranche no fue posible realizar la estimación de estos parámetros, debido a que los individuos analizados se encontraron en su totalidad en estado juvenil (estado gonadal I y II).

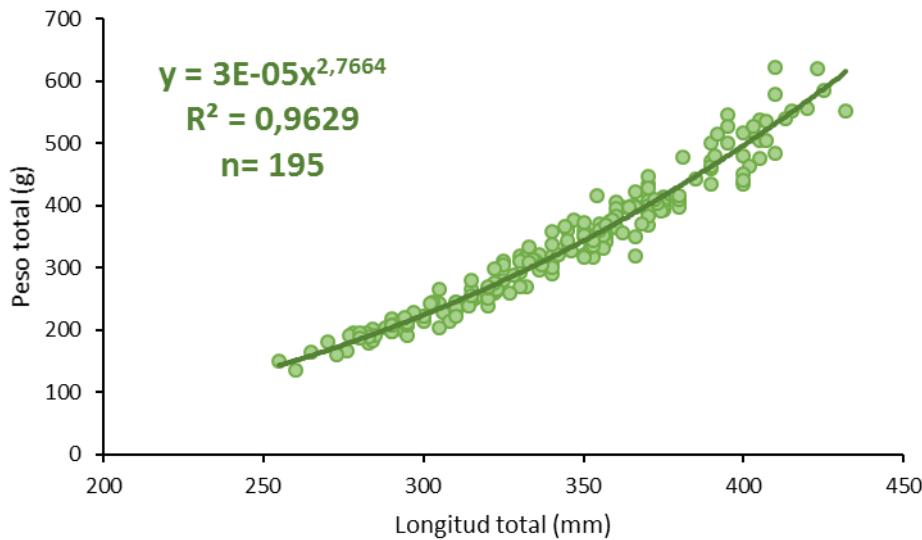


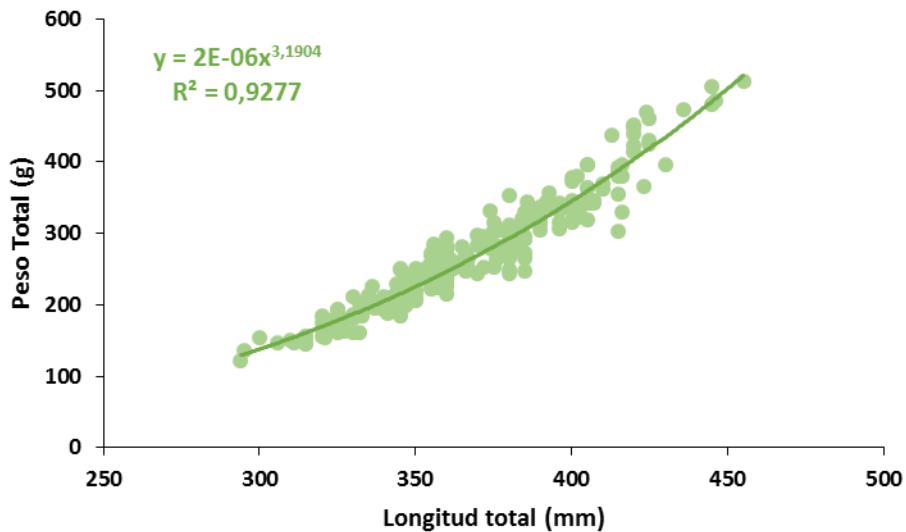
Figura 4.3-32. Relación Longitud (mm)- Peso (g) para sexos combinados del lebranché (*Mugil liza*) recolectados en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

#### 4.3.1.10.1.4. *Elops smithi*

Se analizaron en laboratorio un total de 353 macabi, de los cuales el 31,7 % fueron hembras, el 36,0 % machos y al 30,0% no fue posible determinar el sexo. La proporción sexual para estos individuos no presentaron diferencias significativas de la proporción esperada ( $X^2=0,94$ ;  $p$ -valor > 0,05). A continuación se presentan parámetros morfométricos estimados para *E. smithi* (Tabla 4.3-5). El análisis de la relación talla-peso se presenta para sexos combinados, indicando que el crecimiento para el macabí es de tipo alométrico ( $t= 3,25$ ;  $p$ -valor < 0,05) (Figura 4.3-33).

Tabla 4.3-5. Parámetros estimados de la principal variable morfométrica y pesaje datados en laboratorio del macabi (*Elops smithi*) recolectados en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

Sexo	n	Mín Lt (mm)	Máx Lt (mm)	$\bar{X} \pm EE$ Lt (mm)	Mín Pt (g)	Máx Pt (g)	$\bar{X} \pm EE$ Pt (mm)
H	112	272	470	$373,03 \pm 3,31$	135,4	596,9	$289,41 \pm 8,27$
M	127	294	480	$365,97 \pm 2,90$	122,5	559,3	$265,97 \pm 6,95$
IND	114	284	440	$353,59 \pm 3,03$	115,0	480,9	$242,75 \pm 7,08$



**Figura 4.3-33. Relación Longitud (mm)- Peso (g) para sexos combinados del macabí (*Elops smithi*) recolectados en la Ciénaga Grande de Santa Marta.**

En cuanto a la estacionalidad reproductiva y determinación de TM, no fue posible la estimación de estos parámetros, debido a que los individuos analizados se encontraron en su totalidad en estado juvenil (estado gonadal I y II). Lo anterior confirma lo descrito por el estudio de Santos- Martinez *et al.*, (1993), quienes concluyen que los juveniles de *E. smithi* habitan en la CGSM y los adultos en la zona marino-costera, donde probablemente ocurre el desove.

#### **4.3.1.11. Relación entre las TMC anuales, la composición de captura por tallas y la TM de las principales especies de peces e invertebrados en la pesquería de la CGSM.**

Se evaluaron las TMC de 17 de las principales especies comerciales de la pesquería, 15 de peces y dos de crustáceos. En este caso la TMC es adoptada como un indicador del estado de la pesquería en términos de sobrepesca por crecimiento, la cual es comparada con un punto de referencia límite (PRL, línea roja de trazo en la Figura 4.3-34, representada por la TM de cada especie, para evaluar el posible impacto causado por la pesca. Para tal efecto en la Figura 4.3-34, se presenta la comparación individual de los datos anuales de TMC (2000-2019), así como la relación de la composición de captura por tallas para 2019 contra los respectivos PRL de seis de las 15 especies de peces evaluadas y las dos de crustáceos (jaibas). En este orden de ideas, una vez más en 2019, para la lisa se determinó alto riesgo de sobrepesca, teniendo en cuenta que su TMC continúa por debajo de la TM, a pesar de que este indicador mostró mejoría en los años 2011-2015, no obstante, fue leve, descendiendo en 2016 con mayor declive entre 2017 y lo que va de 2019; determinándose para lo que va de 2019, que el 62% de los individuos, se capturaron por debajo de la TM.

Para las especies como los chivos cabezón y mapalé, que en años anteriores figuraban en alto riesgo de sobrepesca, debido a que sus TMC se ubicaban significativamente por debajo de las TM, se observó un cambio en su valoración, relacionado con la actualización de su TM, confirmadas para el chivo cabezón en 30,1 cm y para el mapalé en 16,3 cm (Figura 4.3-34). En este sentido el riesgo de

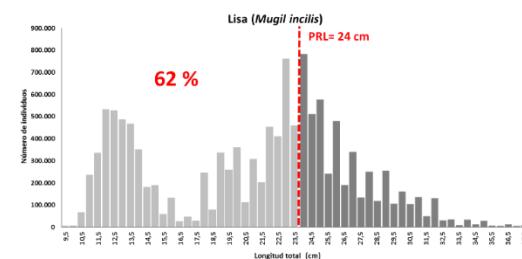
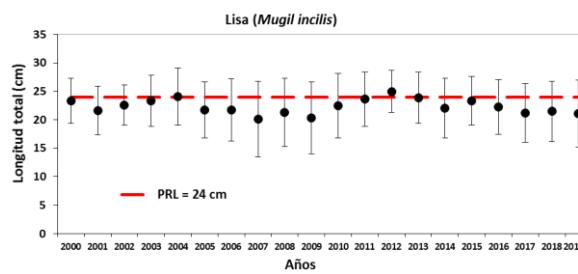


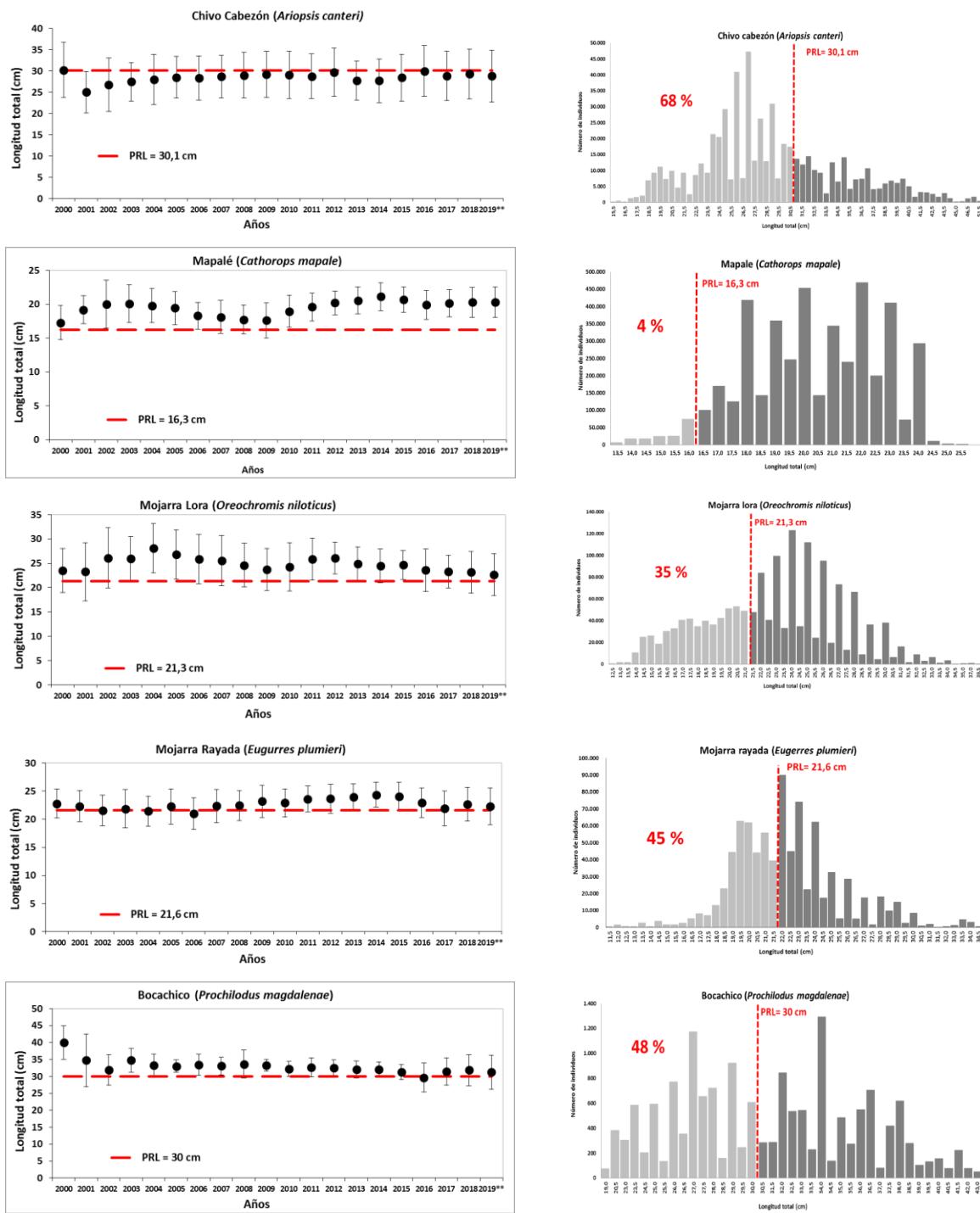
sobrepesca actual para el chivo cabezón paso de alto a moderado y el del mapalé se estableció como bajo. En lo registrado a septiembre de 2019, se estimó para chivo cabezón un registro del 68% de individuos pescados por debajo de la TM, con menor afectación en lo registrado para el mapalé, donde el riesgo pasó de alto a bajo, con solo el 4% de individuos por debajo de este límite.

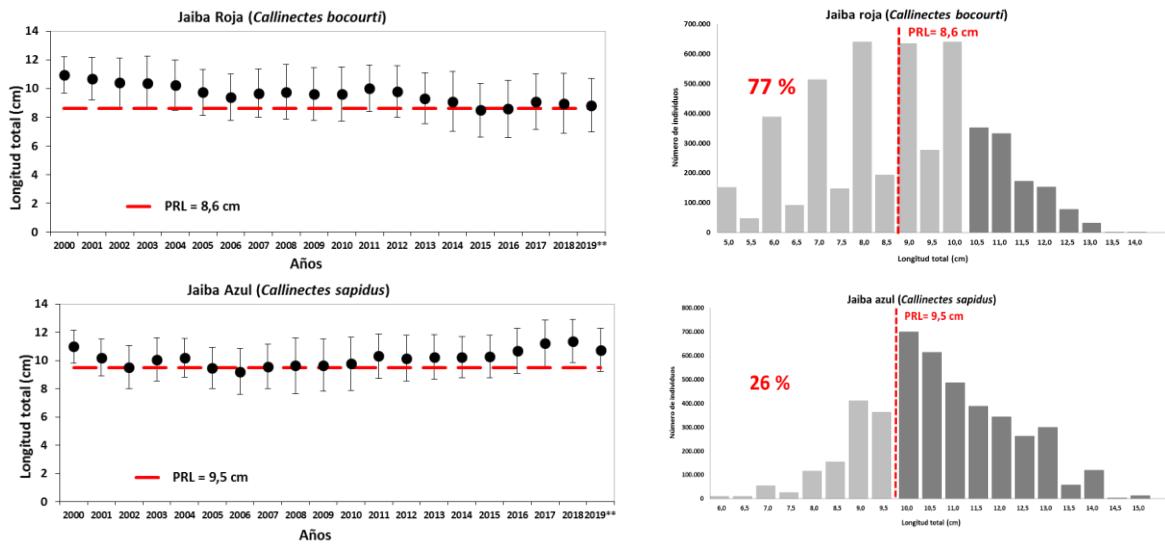
Lo anterior corrobora hasta el corte de este análisis la incertidumbre que se tenía, relacionada con los datos anteriormente determinados, que ilógicamente no se explicaba cómo se mantenían en la CGSM la reproducción de estas especies, caso contrario a las actualmente estimadas que permite teorizar la probabilidad de pesca de individuos por encima de estos nuevos PRL (Figura 4.3-34).

Para el caso de las otras tres especies de peces que muestra la figura, aunque la TMC ha variado entre años, ésta nunca ha estado por debajo de la TM. La situación de la mojarra rayada evidencia indicios de recuperación, registrándose una mejor figuración en el total de la captura de peces, aunque por debajo de los niveles alcanzados antes de las obras hidráulicas. Para esta especie también se actualizó la TM, debido a que la estimación de este parámetro, databa alrededor de dos décadas (Rueda et al., 1999), resultando su determinación ligeramente incrementada en 21,6 cm, contra 20 cm la anteriormente reportada, sin embargo, indicando aún un riesgo moderado en la composición de la captura por tallas, registrado en un 45% de individuos por debajo del PRL (Figura 4.3-34)

Es importante anotar una vez más la preocupación por la lisa, dado que es uno de los principales recursos objetivo y su TMC, todavía permanece en la mayoría de los años por debajo del PRL, como resultado de que aún se mantienen las capturas de individuos juveniles, que sirven como carnadas para pescar jaibas con nasas y para alimentar sábalos (*Megalops atlanticus*) en cultivos y zoocriaderos. Aunque no figuran en esta ilustración otras especies de grandes tallas como el sábalo, el róbalo (*Centropomus undecimalis*), el chivo mozo (*Sciaades proops*), el macabí (*Elops smithi* - ant. *E. saurus*) y el lebranché (*Mugil liza*), son pescadas también en estado juvenil. En cuanto a la situación de las jaibas (*Callinectes spp.*), también se actualizaron las TM, determinándose para *C. sapidus*, el PRL en 9,5 cm de longitud total y preliminarmente para *C. bocourti* en 8,6 cm; por debajo de los anteriores límites (10,6 cm y 10 cm, respectivamente), disminuyendo las señales de sobrepesca, pero indicando aún un riesgo moderado, con mayor afectación para *C. bocourti*, ya que sus TMC anuales se ubican en los últimos cinco años alrededor del PRL; registrándose en lo que va de 2019, un 26% de individuos por debajo de la TM para *C. sapidus* y 77% de individuos capturados por debajo del PRL para *C. bocourti*.



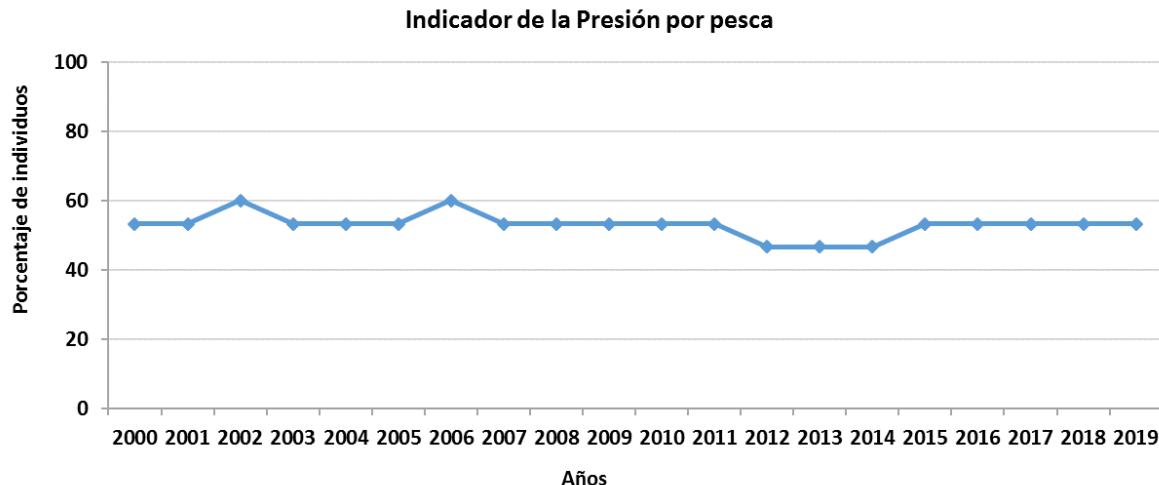




**Figura 4.3-34. Comparación anual de la talla media de captura (2000-2019) y composición de la captura por tallas (2019) contra la talla de madurez sexual para las principales especies de peces y jaibas en la pesquería de la CGSM. \*\* 8 meses**

#### **4.3.1.12. Presión pesquera artesanal sobre la estructura de tallas capturadas de las principales especies de peces en la ecorregión CGSM**

A partir de la relación o combinación del indicador TMC/TM, para las 15 principales especies de peces, capturadas en la ecorregión, que permite inferir el impacto probable de la pesquería sobre los recursos, en términos de sobrepesca por crecimiento o efecto sobre la estructura de tallas, para fortalecer las recomendaciones de medidas de manejo dirigidas a la conservación y el aprovechamiento de los recursos hidrobiológicos. En la Figura 4.3-35, se presenta la determinación de la presión pesquera ejercida por los artes de pesca usados en la CGSM, entre los años 2000 y septiembre de 2019; estimándose en un rango entre 46,7% y 53,3%; resultado que indica una incidencia negativa de los artes de pesca sobre los peces, registrándose una afectación importante sobre sus longitudes de captura, lo cual confirma al área de este importante ecosistema estuarino como área de criadero. Las otras especies de peces incluidas en este análisis, además de las seis relacionadas en la Figura 4.3-34, son róbalo, macabí, lebranche, arenca (*Triportheus magdalenae*), coroncoro (*Micropogonia furnieri*), cuatro ojo (*Leporinus muyscorum*), mojarra peña (*Caquetia kraussi*), moncholo (*Hoplias malabaricus*) y sabalo (*Megalops atlanticus*).



**Figura 4.3-35. Presión pesquera artesanal sobre la estructura de tallas capturadas de las principales especies de peces en la ecorregión CGSM.**

Los resultados del monitoreo fueron insumos para la generación de medidas de manejo dirigidas al Comité Ejecutivo de la Pesca y a la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca- AUNAP (cuotas, esfuerzo óptimo y tallas mínimas de captura de principales recursos en la CGSM), así como para la elaboración del Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia. De igual manera, los resultados del monitoreo, fueron socializados en un taller a la comunidad de pescadores y entidades relacionadas con la administración de los recursos de la CGSM (Anexo 1), además se divulgaron en el XVIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar.

## 5 DIAGNÓSTICO GENERAL Y CONCLUSIONES

El conocimiento de la dinámica hidro-sedimentológica es fundamental para explicar los procesos biogeoquímicos y ecológicos que ocurren en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). Desde el año 2016 y dada la importancia de los estudios físicos, INVEMAR planteó el “Estudio Integral de la Ciénaga Grande de Santa Marta”, el cual se desarrolló por fases y permitió, entre otras actividades, dar inicio al monitoreo hidro-sedimentológico del complejo lagunar ([INVEMAR-MADS, 2016](#); [INVEMAR-MADS-PNN, 2017](#), [INVEMAR-MINAMBIENTE, 2018](#); [INVEMAR-CORPAMAG, 2018](#)). El monitoreo ha permitido identificar que la zona de intercambio ciénaga-mar a través de la boca de La Barra, muestra un comportamiento dinámico y forzado por las variaciones climáticas y la condición de la marea: en la época húmeda domina el flujo de la ciénaga al mar; mientras que, en época seca, domina el flujo del mar a la ciénaga y su valor de caudal está determinado por la condición de marea, siendo mayor el aporte durante mareas vivas. También ha permitido identificar que el mayor aporte del río Magdalena se da a través del caño Aguas Negras que drena sus aguas al complejo de Pajarales y finalmente al espejo de agua principal, a través de caño Grande. El monitoreo ha dado cuenta además, de un elevado proceso de sedimentación en la boca del río



Aracataca en su tramo final de desembocadura en la Ciénaga, así como una fuerte presión hídrica sobre el mismo a través de su paso por la zona agrícola.

Los datos derivados del monitoreo, así como de los otros componentes del estudio integral; han permitido implementar un modelo hidrosedimentológico, con el cual, los volúmenes de agua ( $Mm^3/año$ ) presentados por Deeb (1993), fueron actualizados a las condiciones de conectividad y condición hidroclimática reciente. Para la implementación del modelo hidrodinámico, fue necesario realizar un modelo de balance hídrico, el cual permitió identificar variaciones temporales del volumen de agua de la CGSM (pérdidas/excesos), bajo diferentes escenarios climáticos y condición actual. Particularmente, para el escenario agosto 2017-agosto 2018, la ciénaga estuvo en déficit hídrico con 6 meses de déficit que superaron a los 7 meses de exceso, siendo el mes de diciembre de 2017 el más crítico. Los resultados del modelo hidrodinámico, muestran que los caños Renegado y Aguas Negras tienen mayor capacidad hidráulica de transporte de agua y sedimento que el caño Clarín, dado que, para todas las configuraciones de flujo, tienen un gradiente hidráulico mayor. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el Renegado tiene una compuerta y por tanto sus caudales están regulados, razón por la cual el modelo presenta mayor incertidumbre para resolverlo. Los resultados del modelo hidrodinámico también permitieron identificar las mayores corrientes en la boca de La Barra y reconocer a la marea como uno de los principales forzantes de la circulación al interior del complejo lagunar.

El análisis de imágenes satelitales respecto a la evolución del espejo de agua en la CGSM y el complejo de Pajarales durante los últimos 28 años, ha evidenciado que algunas zonas emergidas en los bordes presentan tendencias de crecimiento como el frente deltaico del río Aracataca y la boca de La Barra. En la dinámica evolutiva del complejo lagunar CGSM es notable un balance del espejo de agua debido al comportamiento de los límites (disminución y aumento del espejo de agua), cuyas tasas de cambio parecen estar estrechamente reguladas por el aporte hídrico al complejo, que a su vez, muestra evidencias de estar modulado por la variación climática relacionada con eventos El Niño y La Niña.

Los valores de salinidad evidenciaron que durante la época seca de 2019 la salinidad presentó un incremento con respecto a 2018, en las zonas de los ríos de la SNSM, el cuerpo de agua principal, el complejo de ciénagas de Pajarales y las ciénagas ubicadas al noroccidente del VIPIS, lo cual manifiesta que es necesario mantener la regulación de los flujos de agua dulce que alimentan el sistema CGSM, para garantizar las condiciones adecuadas para la flora. El pH y las concentraciones de oxígeno disuelto, continúan evidenciando un deterioro en la calidad del agua en algunas estaciones de ríos y ciénagas que pueden ocasionar escenarios de hipoxia o anoxia en horas de la noche, las cuales son críticas para la preservación de flora y fauna.

El incremento en las concentraciones de clorofila a en las estaciones Boca de la Barra, Desembocadura del Río Aracataca, Rinconada, Isla del Rosario, Centro CGSM, Ciénaga Poza Verde y Río Sevilla, evidencian procesos de eutrofización, lo cual se asocia a los aportes de nutrientes y sólidos provenientes del Río Magdalena, los afluentes de la vertiente occidental de la SNSM y de las poblaciones palafíticas, esto representa un riesgo para el ecosistema, ya que estas condiciones se han asociado a eventos de mortandad de peces.

En cuanto a los sólidos suspendidos totales, las estaciones Caño Clarín (boca y km 15) y El Torno, presentaron concentraciones que clasifican el agua superficial como contaminada y fuertemente contaminada, lo cual se asocia a que están alimentadas directamente por el agua del río Magdalena,



considerado uno de los ríos de mayor aporte de sedimentos, el cual transporta partículas en suspensión producto de procesos de erosión asociados a actividades antrópicas como la agricultura desarrollada en poblaciones riveras.

Los resultados de metales pesados biodisponibles y totales en sedimentos y material particulado en agua, revelaron que la entrada de estos elementos al sistema lagunar es principalmente por el sector occidental a través de los Caños Clarín, Aguas negras y Ciénaga Poza Verde los cuales se encuentran influenciados por el Río Magdalena. Debido a esta incidencia se registraron altas concentraciones en dichas estaciones que incluso, algunos valores superan el nivel de efecto umbral TEL lo cual, podrían representar un riesgo para la biota.

El predominio de concentraciones altas de coliformes totales y termotolerantes en las estaciones Desembocadura Río Aracataca (Zona 1), Isla del Rosario (Zona 2), Nueva Venecia, Boca Caño aguas negras, Buenavista (Zona 3) y Boca Caño Clarín (Zona 6), demuestran que a nivel sanitario existen fallas en el tratamiento de residuos domésticos generados en las poblaciones asentadas en zonas aledañas a la CGSM, a sus tributarios y en los palafitos, lo que implica que el ecosistema reciba continuamente residuos fecales, que pueden contener microorganismos patógenos. Lo anterior representa un riesgo sanitario, debido a que la población puede estar expuesta a diferentes microorganismos, como es el caso de las especies de *Aeromonas* y *Vibrio* potencialmente patógenas, encontradas en el agua y peces de la especie comercial *Mugil incilis*(Lisa).

Las tasas de cambio del espejo de agua y los cambios en los afluentes hídricos modulados por eventos El Niño y La Niña, generan impactos ecológicos en los sistemas, asociados a la laguna costera. En particular, para el bosque de manglar la reducción en el nivel hídrico puede conducir a diferentes tipos de estreses en el bosque o cambios en la configuración de la comunidad, tal como ha sido observado en los años 2011 y 2015 a 2017 en donde se redujo drásticamente la producción de plántulas y propágulos; ante el desarrollo de un fenómeno El Niño fuerte.

El cálculo del Indicador de Integridad Biológica para manglares (IBIm), para las 6 estaciones de monitoreo, en los tres primeros trimestres de 2019, mostró que el bosque de la CGSM a nivel general actualmente se encuentra en un estado regular (con valores del indicador entre 2 y 3). Esta condición se ha observado desde el año 2004 y hasta el año 2013, momento donde el indicador se acercó a la calificación “Buen estado”. A partir del 2013, se observa una disminución del indicador que se acentúa en los últimos 4 años, evidenciando la pérdida de las características estructurales y funcionales del manglar en la CGSM. Estos cambios estructurales también podrían asociarse al fuerte fenómeno de “El Niño” presentado en el periodo 2014-2016 y la relación de este con los caudales, tributarios y la disponibilidad de agua en la Ciénaga (Blanco, 2006); considerando que para este periodo las precipitaciones se redujeron para la región Caribe en casi un 37% respecto a los valores promedio (Fernández et al 2006).

Al observar el IBIm específicamente para cada estación y teniendo en cuenta los datos de los últimos años (2015 y hasta el tercer trimestre de 2019); es posible observar localidades en “buen estado” (Rinconada y Aguas Negras), estado “regular” (Caño Grande), estado “pobre” (Kilometro 22 y Sevillano) y finalmente una estación con estado “no deseable” (Luna); este hecho refleja la heterogeneidad de condiciones de los bosques de la CGSM, debidas principalmente a las interacciones del hidroperiodo y la topografía.

Particularmente durante el año 2019, el estado estructural de las estaciones de manglar monitoreadas tuvo un comportamiento similar al encontrado en el 2018, con la pérdida de



características importantes como el área basal de las especies más representativas por estación, y la muerte o tala de individuos que llevó a una disminución de la densidad del arbolado. La regeneración natural de plántulas muestra un aumento de nuevos individuos por metro cuadrado; este comportamiento se observa desde aproximadamente el año 2017, así como el aumento de la densidad de brizales que mostro una leve recuperación que no se daba desde aproximadamente el año 2011-2012. Estos hechos en general, sugieren una recuperación parcial del bosque en algunos sectores de la CGSM desde 2018. En relación a ello, la cobertura de manglar para 2019, tuvo una ganancia neta de 1.014 hectáreas, asociado principalmente al establecimiento y desarrollo de nuevas plantas de *Laguncularia racemosa* en diferentes localidades de la Ciénaga.

La estructura de los bosques de manglar es determinante para la composición de la comunidad avifaunal, ya que de esta depende el uso que los animales le den al ecosistema, de donde se desencadena el éxito reproductivo, de migración y/o residencia para estas especies. Las áreas de manglar que se encuentran en mejor estado (e.g. mayor cobertura vegetal) se ven reflejadas, en parte, por el elevado número de especies insectívoras, mientras que áreas que presentan algún tipo de disturbio (áreas despejadas y con poca cobertura) presentarán mayor número de especies carnívoras, ictiófagas y carroñeras, aunque lo anterior no excluye la presencia de aves insectívoras en espacios abiertos y con gran cantidad de materia orgánica en descomposición. Por lo anterior es de vital importancia contar con un historial de vida completo de las especies de interés y del uso efectivo (temporal o permanente) que estos ejemplares le dan al bosque de manglar. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede inferir que las estaciones Rinconada y Aguas Negras presentan un elevado número de insectívoros con una proporción mucho menor de carroñeros, carnívoros e ictiófagos, lo que estaría directamente vinculado al hecho de que el bosque se encuentra en mejor estado.

Cabe resaltar que el registro de especies de interés para la conservación como el chavarrí *Chauna chavarria*, el colibrí cienaguero *Lepidopyga lilliae* y el tordo de ojos rojos *Molothrus aeneus armenti*, además del elevado número de especies migratorias, dan cuenta de la importancia de este ecosistema para las aves del área y su conservación.

Correlativamente el análisis realizado a partir del monitoreo pesquero, hasta lo registrado a septiembre de 2019, permite concluir que los cambios en la disponibilidad de los recursos y dinámica pesquera ha mostrado un comportamiento conforme a las condiciones ambientales y el esfuerzo de pesca actual, con estacionalidad modulada por la salinidad del agua que a su vez es condicionada por la variabilidad climática. En este sentido, en la composición anual de la captura por especies de peces e invertebrados, se identificaron cambios en la representatividad de las mismas, en la cual entre 2002-2005 y 2014-2018, la pesquería estuvo sustentada en la extracción de especies estuarinas y marino-costeras, con registros similares al escenario anterior a las obras hidráulicas. Sin embargo, entre 2006 y 2009, al igual que los períodos 1999-2001 y 2011-2013, se presentaron aumentos en las capturas de especies dulceacuícolas como la mojarra lora, producto de la disminución de la salinidad en el ecosistema. Se destaca entonces que la condición climática actual ha incidido en la disminución de la salinidad y los resultados del componente pesquero para los ocho meses evaluados en 2019, reflejando, junto con lo estimado en 2017, una ligera recuperación en la pesquería y mostrando una aparente mejoría en la condición ambiental de la CGSM, en la que no se evidenciaron mortandades masivas de peces como en años anteriores.

El análisis bioeconómico de la pesquería, en términos generales (a partir de análisis a precios constantes), oscilaron en sus valores promedios mensuales entre 803 ( $\pm 61$ ) y 1.559 ( $\pm 141$ ) millones



COP \$, en 2002 y 1994, respectivamente. Se evidenció una falta de correspondencia entre la captura promedio mensual y los ingresos promedios mensuales de la pesquería en algunos años, debido a la variación en la composición de las capturas y de los precios de las especies dulceacuícolas en el mercado, comparado con el de las marinas o estuarinas, y a la relación oferta-demanda de estos recursos. En este contexto, se reflejó que la peor época del monitoreo referente a la producción e ingresos mensuales fue en 2001 – 2002, apreciándose recuperación entre 2004-2006, a partir del cual los precios de venta de algunos recursos, incluida la mojarra lora, mejoraron. Otro periodo que se destaca fue 2012-2014, donde se estimó que los ingresos de la pesquería a precios constantes se mantuvieron a pesar de la disminución paulatina del recurso pesquero; pero con evidente tendencia al descenso de los ingresos en 2015-2016 y hasta lo que va de 2019, producto de la disminución de la producción pesquera, aún con el moderado incremento en 2017 y lo que va de 2019. De igual manera, en el análisis del indicador de renta económica se determinaron diferencias a nivel de sitios de desembarco, disponibilidad de recursos, usos de los artes y la ubicación geográfica de los mismos.

En cuanto a la actualización de las TM para las especies, chivo cabezón, chivo mapalé y mojarra rayada, como PRL, el método aplicado permitió determinarlas, analizándolas para sexos combinados, resultando para el chivo cabezón en 301 mm Lt, chivo mapalé en 163 mm Lt, para la mojarra rayada en 216 mm Lt y para la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) (95 mm Aca), datos confirmados con un período anual; considerándose preliminar para el caso de la jaiba roja (*C. bocourti*), (86,3 mm Aca); hasta completar el ciclo anual proyectado. Estas determinaciones fueron confirmadas a partir de observaciones microscópicas, con técnicas histológicas. Esta información se considera clave para fortalecer la toma de decisiones a partir de datos actuales que regulen las tallas mínimas de captura de las especies y la selectividad de artes de pesca.

## 6 RECOMENDACIONES

Desde el punto de vista abiótico, se recomienda continuar con el monitoreo hidrosedimentológico, toda vez que es reflejo de las condiciones actuales que presenta el hidrosistema y cobra gran importancia en las estaciones instaladas por el INVEMAR después de la zona agrícola, para poder contar con valores más precisos de oferta neta. Así mismo, se recomienda iniciar estudios de caudal ambiental en los tributarios de la SNSM para identificar los servicios ecosistémicos que prevén a lo largo de su cauce para contribuir al manejo de las problemáticas asociadas con la presión hídrica que actualmente experimentan en sus tramos finales antes de desembocar al espejo de agua principal.

La implementación de estrategias para el tratamiento de los residuos domésticos generados en los municipios aledaños a la CGSM y sus tributarios, así como en las poblaciones palafíticas, se considera como una medida escencial para mejorar la calidad sanitaria del agua y de los recursos pesqueros, con el fin de disminuir el riesgo de propagación de enfermedades trasmisidas por vía fecal – oral.

Así mismo, se recomienda el mejor manejo por parte de las autoridades ambientales sobre las actividades que realizan las industrias y población general asentadas en las zonas de influencia de la Ciénaga, para controlar los vertimientos que puedan alterar calidad fisicoquímica del agua, además promover actividades que conlleven a la reforestación de las riveras con el fin de atenuar



procesos de erosión que alteren parámetros como la concentración de sólidos suspendidos totales en el agua.

Promover y conservar las actividades de mantenimiento de los caños y canales con el fin de garantizar un adecuado intercambio hídrico del sistema lagunar, para que las variables críticas como metales biodisponibles y totales, incluido el mercurio total permanezcan dentro los valores normales o tolerables y no afecten la flora y la fauna de la CGSM. Esta actividad permitirá favorecer la disponibilidad de agua dulce para los bosques de manglar y con ello la tendencia de recuperación evidenciada durante el 2018 y 2019.

Se sugiere que los procesos de dragado y mantenimiento evalúen las prácticas de disposición de sedimentos derivados, con el fin de no alterar la micro topografía del ecosistema y con ello favorecer su recuperación natural. Experimentos piloto que involucren el uso de sedimentos de dragado para desarrollar isletas que mejoren la topografía en zonas de manglar sobre inundadas, podrían facilitar el desarrollo de criterios técnicos para implementar estrategias alternativas de restauración en zonas particulares. Las aperturas laterales con base en criterios técnicos de diseño, que distribuyan el recurso hídrico al interior de zonas de manglar priorizadas muy afectadas o afectadas, identificadas principalmente en cercanías a ciénaga la redonda y el Caño Clarín y la Ciénaga El Chino, podrían promover estadios iniciales de recuperación en estas zonas.

Se sugiere hacer el mantenimiento y limpieza de macrofitas acuáticas en algunas localidades de la ciénaga, principalmente en sitios cercanos al ingreso de agua dulce, ya que la acumulación de estas puede traer otro tipo de implicaciones ecológicas como lo es la perdida de oxígeno, reducción o taponamiento en el flujo de aguas, competencia con el ecosistema de manglar, etc. Durante el monitoreo de 2019, se observó el taponamiento con macrófitas en cercanías a la estación de monitoreo de manglar de Aguas Negras, dificultando entre otros, la toma de datos del monitoreo.

Teniendo en cuenta la evidente dominancia por parte de las cianobacterias en la CGSM y el poco conocimiento en la zona sobre estas microalgas, se recomienda que la academia y los centros de investigación, generen información sobre este grupo de fitoplancton, a través de la identificación molecular de las especies presentes, además de la determinación de toxinas, los cuales serían insumos importantes para realizar alertas tempranas ante un evento nocivo causado por estas cianobacterias.

El estado de los recursos pesqueros se mantiene con riesgo de sobreexplotación, especialmente para especies de alta demanda en el mercado local, lo cual hace imperativo la intervención de las entidades reguladoras del recurso pesquero (la AUNAP), para aplicar estrategias de manejo con base en los resultados de este estudio y otros estudios realizados por el INVEMAR que detallan medidas de manejo participativo basadas en indicadores pesqueros (INVEMAR, 2006b).

Una vez más se recomienda que las estrategias de manejo basadas en tallas mínimas de captura, cuotas de pesca y esfuerzo óptimo de pesca, deban ir a escenarios de concertación entre las comunidades de pescadores, investigadores y administradores del recurso (AUNAP, CORPAMAG y PNN). Para ello, es necesario que el proceso de Ordenamiento Pesquero deba ser retomado como una herramienta clave para lograr implantar un manejo pesquero con enfoque de ecosistemas.

De igual manera se evidenció en 2010 el incremento del esfuerzo de un método nocivo (el “zangarreo”), cuya operación ocurre en las raíces del manglar y fue utilizado en la comunidad de Nueva Venecia, el cual afectó especies como el sábalo, una de las principales especies en la



pesquería de la CGSM que usa el manglar como área de crianza. Similar atención se requiere, ante la evidencia en las capturas -aunque mínimas- del camarón tigre (*Penaeus monodon*), especie exótica invasora, por los riesgos que generaría al interior de la CGSM, como transmisor de enfermedades virales para las otras especies.

Las observaciones de campo y análisis posterior permitieron corroborar la incertidumbre que se tenía con las estimaciones de las TM de las especies *Ariopsis canteri*, *Cathorops mapale*, *Euguerres plumieri* y *Callinectes sapidus*, las cuales han sido usadas para sugerir tallas mínimas de captura como medida de manejo. Durante los últimos años, estas estimaciones han sido actualizadas ya que son de utilidad como punto de referencia límite para recomendar como medida de manejo, usándolo como criterio principal de talla mínima de captura.

Análogamente, dado los resultados obtenidos, se ha continuado con la actualización de otras especies que son consideradas de alta importancia comercial (e.g. *Micropogonias furnieri*), para contribuir a su uso confiable como PRL y el índice de sostenibilidad relacionado. En esta dirección, el INVEMAR utiliza esta información para emitir conceptos al Comité Ejecutivo de la Pesca del MADS en lo que respecta a medidas de manejo pesquero para la CGSM.

La gran variabilidad observada en la evolución del ecosistema y sus recursos vivos, es indicativa de la necesidad de mantener el monitoreo actual de la calidad de aguas, manglares y recursos pesqueros; así mismo de relevancia la reciente implementación del monitoreo Hidrosedimentológico en los principales afluentes tributarios de la CGSM, lo anterior con el ánimo de tener una visión holística que favorezca el manejo y la gestión del complejo estuarino en el que interactúan el ambientes y los recursos vegetales y pesqueros.



## 7 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, E.P. 2012. Caracterización espacial y temporal de la estructura de la comunidad fitoplanctónica y su correlación con algunas variables ambientales locales en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis de grado. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 134 p.
- Agraz-Hernández, C., Noriega-Trejo, R., López-Portillo, J., Flores-Verdugo, F., & Jiménez-Zacarías, J. 2006. Guía de campo. Identificación de los manglares en México. CENTRO EPOMEX-UA
- Aguayo R. J., y M. J. Muñoz. 2001. Detección de cianobacterias y sus toxinas. Una revisión. Rev. Toxicol. 18:65-71p.
- Aguilera, M. 2011. Habitantes del agua: El complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Documentos de trabajo sobre economía regional. Banco de la República. Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER), Cartagena. 46 p. ISSN 1692-3715.
- Alfaro-Sibaja, L., D. Barquero-Salgado, A. Fonseca, R. Montoya-Solano, V. Morales-Cerdas y D. Ramírez-Arce. 2015. Estructura y composición vegetal del manglar Palo Seco, Quepos, Costa Rica. Cuadernos de investigación UNED, 7(2): 325-332p. ISSN: 1659-4266.
- Alongi, D.M. 2009. Paradigm Shifts in Mangrove Ecology. En: Coastal Wetlands: an Integrated Ecosystem Approach, vol. 22, pp. 615-640.
- Álvarez-León, R., E. Carbonó-De la Hoz, W. A. Troncoso-Olivio, O. Casas-Monroy y P. Reyes-Forero. 2004. La vegetación Terrestre, Eurihalina y dulceacuícola de la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta. 77-96. En: Garay, J., J. Restrepo, O. Casas, O. Solano y F. Newmark (eds.). 2004. Los manglares de la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta: pasado, presente y futuro. INVEMAR –serie de publicaciones especiales No. 11. Santa Marta. 236 p.
- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WEF (Water Environment Federation). 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23 ed. Washington D.C. 1325 p.
- Arcos M., Ávila S., Estupiñan S. y Gómez A. 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. NOVA - publicación científica. 3 (4). 69-79.
- Ayerbe, F. 2018. Guía ilustrada de la Avifauna colombiana. Wildlife Conservation Society. 434 p.
- Bancroft GT, Gawlik DE, Rutcher K. 2002. Distribution of wading birds relative to vegetation and water depths in the Northern Everglades of Florida, USA. *Waterbirds* 25:265-391
- Bautista, P.A., J.M. Betancourt, L.F. Espinosa, A.M. Malagón, D. Mármol, A.M. Orjuela, J.P. Parra, L.V. Perdomo, R.E. Ricardo, M. Rueda, C.A. Villamil y E. Viloria. 2010. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR. Informe Técnico Final. Santa Marta. 123 p + anexos.
- Betancourt, J., Sanchez, J.G., Mejia, L.M., Canterja, J. (2011), Calidad de las aguas superficiales de Bahía Málaga, Pacífico colombiano. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 175-192.
- Blanco, J. A., J. C. Narváez B. y E. A. Viloria. 2007. Enso and the rise and fall of a tilapia fishery in northern Colombia. *Fish. Res.*, 88: 100-108.



Blanco, J., E. Viloria y J. Narváez. 2006. ENSO and salinity changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta coastal lagoon system, Colombian Caribbean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 66: 157-167p.

Buchman, M. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1. Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration. Seattle, 34 p.

Buelow, C., & Sheaves, M. 2014. Mangrove forests: a birdseye view of connectivity in coastal ecosystem mosaics. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 152, 33-43.

Bula-Meyer, G. 1985. Florecimientos nocivos de algas verde-azules en dos lagunas del departamento del Magdalena. *Revista de Ingeniería Pesquera*, 5(1-2): 89-99p.

Cadavid, B.C., P. Bautista, J.M. Betancourt, L.E. Castro, C.A. Villamil, A.M. Orjuela, S. Rifaterra, L.V. Perdomo, E. Viloria, D. Mármol y M. Rueda. 2009. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR. Informe Técnico Final. Santa Marta. 118 p.

Cadavid, B.C., P.A. Bautista, L.F. Espinosa, A.J. Hoyos, A.M. Malagón, D. Mármol, A.M. Orjuela, J.P. Parra, L.V. Perdomo, M. Rueda, C.A. Villamil y E.A. Viloria. 2011. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR. Informe Técnico Final. Santa Marta 127 p.+ anexos.

Canales-Delgadillo JC, Perez-Ceballos R, Zaldivar-Jimenez MA, Merino-Ibarra M, Cardoza G, Cardoso-Mohedano J-G. 2019. The effect of mangrove restoration on avian assemblages of a coastal lagoon in southern Mexico. PeerJ 7:e7493

Carvajalino-Fernández, M. 2015. Hydronumerical Modelling of Nutrients and Oxygen in Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Tesis M.Sc. Franzius Institute for Hydraulic, Estuarine and Coastal Engineering. Kiel. 125 p.

Chacin DH, Giery ST, Yeager LA, Layman CA, Brian-Langerhans R. 2015. Does hydrological fragmentation affect coastal bird communities? A study from Abaco Island, The Bahamas. *Wetlands Ecology and Management* 23:551-557

Chen, S., L. Han, X. Chen, D. Li, L. Sun y L. Yong. 2015. Estimating wide range Total Suspended Solids concentrations from MODIS 250-m imageries: An improved method. 2015. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 99: 58–69p.

Clarke, K.L. y R.M. Warwick. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory. Natural Environment research Council. UK. 131 p.

CONAGUA- Comisión Mexicana del Agua. 2015. Monitoreo de calidad del agua. Disponible en: <http://files.conagua.gob.mx/transparencia/CalidaddelAgua.pdf>. Fecha de consulta: 25/11/2019.

Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.r-project.com/>



Correa, J. 2002. Determinación y análisis de algunos parámetros biológicos de las jaibas (*Callinectes sapidus* y *C. bocourti*), capturados en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe final Contrato #008 de 2001. 43 p

Cotes, G. 2004. Gestión institucional para la rehabilitación de la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta y sus bosques de manglar. 41-58p. En: Garay, J., J. Restrepo, O. Casas, O. Solano y F. Newmark (eds). 2004. Los manglares de la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta: pasado, presente y futuro. INVEMAR-Serie de publicaciones especiales No.11. Santa Marta.236 p.

Cronberg G., y H. Annodotter. 2006. Manual on aquatic cyanobacteria: A photo guide and synopsis of their toxicology. Denmark International Society for the Study of Harmful Algae and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 105p.

Curado, G, Figueroa, E, Sanchez, MI y Castillo, JM. 2013. Avian communities in Spartina maritima restored and non-restored salt marshes. Bird Study 60:185-194.

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2019a. Estimación y proyección de población nacional, departamental y municipal total por área 1985-2020. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>. Consultado el 20/11/2018.

DANE- Departamento administrativo nacional de estadística. 2019b. Índice de precios al consumidor (IPC). Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc>. Última actualización: 5 de noviembre de 2019. Consultado el 25/11/2019

Day J.W., C. Hall, W.M. Kemp y A. Yáñez-Arancibia. 1989. Estuarine ecology. WileyInterscience, John Wiley y Sons, Nueva York. 558 p.

De la Peña A., C. Rojas y M. De la Peña. 2010. Valoración económica de manglar por el almacenamiento de carbono, Ciénaga Grande de Santa Marta. Clío América. Universidad del Magdalena. Año 4 N° 7, 133-150p.

Declerck, S., J. Vandekerkhove y L. Johansson. 2005. Multi-group diversity in shallow lakes along gradients of phosphorus and water plant cover. Ecology, 86: 1905–1915.

Deversa-Rey, R., F. Diaz-Fierros & M.T., Barral. 2011. Assessment of enrichment factors and grain size influence on the metal distribution in riverbed sediment (Anllóns River, NW Spain). Environmental Monitoring and Assessment 179: 371-388.

Dilger, R y Schnetter, M. 1998. The ProCiénaga project-an example for delta ecosystem biodiversity managing and monitoring for the benefit of a local people's better quality of life. 91-100. En: Biodiversity of Colombia. A call for colombian-german cooperation: Proceeding of the bilateral symposium Bonn, 14-15 November 1997. Manfred Kraemar; Wilhelm Barthlott (Eds.). Göttingen: Cuviller verlag.139 p.

Din, N., Priso, R. J., Kenne, M., Ngollo, D. E., & Blasco, F. 2002. Early growth stages and natural regeneration of *Avicennia germinans* (L.) Stearn in the Wouri estuarine mangroves (Douala-Cameroon). Wetlands Ecology and management, 10(6), 461-472



Edler, L. y M. Elbrächter. 2010. The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis 13 – 20. En: Karlson, B., Cusack, C. y Bresnan, E. (Eds.). Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis. Intergovernmental Oceanographic Commission of ©UNESCO. (IOC Manuals and Guides, no. 55.) Paris. 110 p.

Environmental Protection Agency – EPA. 1996a. Method 3540C. Soxhlet extraction. Washington, DC, U.S. 8 p. <http://www.epa.gov.co>

EPA - Environmental Protection Agency. 1996 b. Método 3630C Limpieza con sílica gel. Washington, DC, U.S. 15 p. <http://www.epa.gov.co>

Environmental Protection Agency - EPA. 2007. Método 7473 Mercurio en sólidos y solución por descomposición térmica, amalgamación y espectrometría de absorción atómica. Washington, DC, U.S. 15 p. <http://www.epa.gov.co>

Environmental Protection Agency – EPA. 2014. Method 8270D. Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). Washington, DC, U.S. 62 p. <http://www.epa.gov.co>

Escruplici G., Aguilera M., Giono S., Hernández C., Rodríguez M., Soler L., Aparicio G. y Figueras M. 2002. El género Aeromonas ¿Un patógeno importante en México? Enfermedades infecciosas y microbiología. 22(4): 206-216

Fernández Lopera, C. C., & Castro Rivera, J. A. 2016. Fenómeno El Niño, Análisis comparativo 1997-1998//2014-2016. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, Bogotá 2016. 144p.

Flores-Verdugo, F., Moreno-Casasola, P., Agraz-Hernández, C. M., López-Rosas, H., Benítez-Pardo, D., & Travieso-Bello, A. C. (2007). La topografía y el hidroperíodo: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. Botanical Sciences, (80S), 33-47.

Flores-Verdugo, F.J., C.M. Agraz-Hernández y D. Benítez-Pardo. 2006. Creación y restauración de ecosistemas de manglar: Principios básicos. En Moreno-Casasola, P., R.E. Presbarbosa y A.C. Travieso-Bello. Eds. Estrategia para el Manejo Costero Integral: El Enfoque Municipal. 1093-1110. Instituto de Ecología A.C., Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Xalapa.

Fraile, H., Franco J., Ruiz A., Villate F., Oribe E. 1991. Algunos datos sobre las variables indicadoras del estado trófico del estuario de la reserva de Urbdaibai. KOBIE (Serie Ciencias Naturales), Bilbao. 34-37 p

Franks P.J.S. y B.A. Keafer. 2004. Sampling techniques and strategies for coastal phytoplankton blooms. 51-76. En: Hallegraeff, G.M., D.M. Anderson y A.D. Cembella (Ed.). Manual on harmful marine microalgae. Monographs on Oceanographic Methodology. UNESCO Publishing, Paris. 793 p.

Gaoa, X., Feia, F., Huid, H., Huanga, B., Menge, H., Zhange, T., Liu., B. 2019. Effect of acute exposure to nitrite on physiological parameters, oxidative stress, and apoptosis in Takifugu rubripes. Ecotoxicology and environmental Safety.188; 109-878.

Garay, J., G. Ramírez, J. M. Betancourt, B. Marín, B. Cadavid, L. Panizzo, L. Lesmes, J.E. Sánchez, S.H. Lozano y A. Franco. 2003. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos: Aguas, sedimentos y organismos. INVEMAR, Santa Marta, 148 p.



Garay, J., J. Restrepo, O. Casas, O. Solano y F. Newmark. (Eds.). 2004. Los manglares de la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta: pasado, presente y futuro. INVEMAR. Serie de publicaciones especiales. No. 11. Santa Marta. 236 p.

Gheorgue Stefania, Stoica Catalina, Vasile Geanina Gabriela, Nita-Lazar Mihai, Stanescu Elena, Lucaci Eugenia Irina. 2017. Metals toxic Effects in aquatic ecosystems: Modulators of water quality. <http://dx.doi.org/10.5772/65744>

Gómez F., Aguirre N., Betancur J., Toro M. 2008. Distribución de dos Indicadores bacterianos de calidad de agua en el Golfo de Urabá. Revista Gestión y Ambiente. 2008. 11 (3): 87-96 p.

Gómez, F. 2003. The toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*: an invader in the Mediterranean sea. Acta Bot. Croat. 62(2): 65-72.

Gómez-León, J. 2006. Estudio Epizoótico de Agentes Patógenos en Almeja Fina (*Ruditapes decussatus*) Cultivada en Galicia. Tesis Doctorado Ciencias Biológicas, Universidad de Santiago de Compostela, España. 220p.

González, E. J., M. Ortaz, C. Peñaherrera, E. Montes, M. Matos y J. Mendoza. 2003. Fitoplancton de cinco embalses de Venezuela con diferentes estados tróficos. Limnetica, 22(1-2): 15-35.

Hallegraeff G. M., D. M. Anderson y A. D. Cembella (Ed.). 2004. Manual on harmful marine microalgae. Monographs on Oceanographic Methodology. UNESCO Publishing, Paris. 793 p.

Hernández, C. 1986. Producción primaria y dinámica del fitoplancton en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Tesis M. Sc., Univ. Nacional, Bogotá. 177 p.

Hernández-Orozco M. L., e I. Gárate-Lizágarra. 2006. Síndrome de envenenamiento paralizante por consumo de moluscos. RevBiomed. 17(1): 45-60.

Herrera M., Vargas A., Moya T., Campos M. y Marín J. 2002. Diarreas invasivas por Aeromonas hydrophila Rev. méd. Hosp. Nac. Niños vol.37 (1-2).

Hilty, S.L. y W.L. Brown. 1986. A guide to the birds of Colombia. Princeton New Jersey. 837 p

Holden, M. J. y D. F. Raitt. 1975. Manual of fisheries science. Part 2: Methods of resource investigation and their application. FAO Fish. Tech. I paper, No. 115, Rev. 1. p. 211.

Hoyos, R., Urrego, L. E., & Lema, Á. 2013. Respuesta de la regeneración natural en manglares del Golfo de Urabá (Colombia) a la variabilidad ambiental y climática intra-anual. Revista de Biología Tropical, 61(3).

Hutchings, P y P. Saenger. 1987. Ecology of mangroves. University of Queensland Press, St Lucia, Qld. 388p.

Ibarra, K. P., C. A. Villamil, E. A. Viloria, D. Vega, P. A. Bautista, B. C. Cadavid, J. P. Parra, L. F. Espinosa, M. C. Gómez, C. M. Agudelo, L. V. Perdomo, D. Mármol y M. Rueda. 2013. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR. Informe Técnico Final 2012. Santa Marta 130p.+anexos.

Ibarra, K.P., M.C. Gómez, E.A. Viloria, E. Arteaga, I. Cuadrado, M.F. Martínez, Y. Nieto, J. A. Rodríguez, L.V. Licero, L.V. Perdomo, S. Chávez, J.A. Romero y M. Rueda. 2014b. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los



recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR. Informe Técnico Final 2014. Santa Marta 140 p.+ anexos.

Ibarra, K.P., M.C. Gómez, E.A. Viloria, E. Arteaga, M. Quintero, I. Cuadrado, J.A. Rodríguez, L. Licero, L.V. Perdomo y M. Rueda. 2014a. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR. Informe Técnico Final 2013. Santa Marta 160 p.+ anexos.

IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2016. Atlas climatológico, radiación y vientos. La nueva herramienta de la planificación sectorial ISBN: 978-958-8067-72-8. Disponible en <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/tiempo-clima>.

IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2019. Boletín condiciones hidrometeorológicas. Disponible en: [http://www.pronosticosyalertas.gov.co/boletin-condicioneshidrometeorologicas?p\\_p\\_id=110\\_INSTANCE\\_NjDnSz0uvV4g&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_startate=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1](http://www.pronosticosyalertas.gov.co/boletin-condicioneshidrometeorologicas?p_p_id=110_INSTANCE_NjDnSz0uvV4g&p_p_lifecycle=0&p_p_startate=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1). Fecha de consulta: noviembre de 2019.

International Organization for Standardization – ISO. 2014. Water quality – Determination of dissolved oxygen – Optical sensor method. Suiza. Primera edición, 14 p.

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Andreis de Vives”. 2016a. Concepto técnico sobre la mortandad de peces en la Ciénaga Grande de Santa Marta (sector Boca De La Barra), Magdalena, ocurrida en septiembre de 2016. CPT-CAM-033-16.11p.

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Andreis de Vives”. 2016b. Concepto técnico sobre la mortandad de peces en el la Ciénaga Grande de Santa Marta municipio de Pueblo Viejo, Magdalena. CPT-CAM-015-16.20p.

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Andreis de Vives”. 2016c. Concepto técnico sobre la mortandad de peces en el sector Ciénaga Grande de Santa Marta - Complejo de Pajarales. CPT-CAM-021-16. 13 p.

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Andreis de Vives”. 2016d. Concepto técnico sobre la mortandad de peces en la Ciénaga Grande de Santa Marta CGSM-Complejo Pajarales. CPT-CAM-026-16. 13p.

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Andreis de Vives”. 2016e. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2015, Volumen 14. Santa Marta 181p.+ anexos

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Andréis de Vives”. 2016f. Concepto técnico sobre la mortandad de peces en la Ciénaga Grande de Santa Marta (sector Boca De La Barra), Magdalena, ocurrida en septiembre de 2016. CPT-CAM-033-16.11p.

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andréis”. 2002. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 1999 - 2002. Santa Marta 224p. + anexos.



INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés". 2003. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2003. Santa Marta 66p. + anexos.

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés". 2004. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2004. Santa Marta 100p. + anexos.

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés". 2005. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2005, Volumen 4. Santa Marta 83 p.+ anexos

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés". 2006. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2006. Santa Marta 66p. + anexos.

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés". 2007. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2007. Santa Marta 66p. + anexos.

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés". 2008. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2008. Santa Marta 66p. + anexos.

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés". 2017. Monitoreo las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2016. Santa Marta 30p. + anexos.

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés". 2018. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2017, Volumen 16. Santa Marta 174p.+ anexos.

INVEMAR. 2014. Concepto técnico sobre la mortandad de peces en la Ciénaga Grande de Santa Marta-octubre 2014. CPT-CAM-030-14. Santa Marta, 11p.

INVEMAR. 2015. Dinámica sedimentológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe colombiano). Informe técnico final. Actividad GEO - BPIN INVEMAR. Santa Marta.76 p.

INVEMAR. 2015 a. Concepto técnico sobre la mortandad de peces en la Ciénaga Grande de Santa Marta (sector Tasajera), Magdalena, ocurrida en junio de 2015. CPT-CAM-0-11. Santa Marta, 14 p.

INVEMAR. 2015 b. Concepto técnico sobre la mortandad de peces en el sector Pajaral, Ciénaga Grande de Santa Marta, Magdalena, en julio de 2015. CPT-CAM-015-15. Santa Marta. 11p.



INVEMAR. 2015 c. Concepto técnico sobre mortandad de peces en la Ciénaga Grande de Santa Marta (sector Caño Grande - Pajarales), ocurrida en noviembre de 2015. CPT-CAM-022-15. Santa Marta. 13 p.

INVEMAR. 2018a. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2017, (16). Santa Marta. 174 p.+ anexos.

INVEMAR. 2018b. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2018, Volumen 17. Santa Marta 178 p.+ anexos.

INVEMAR- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Andrés de Vives". 2019a. Ampliación de la red de monitoreo de manglar hacia el sector del Sevillano. Informe Técnico Final. Santa Marta. 23 p.

INVEMAR. 2019b. Concepto técnico sobre la mortandad de peces en la desembocadura del río fundación, reportada el 09 de febrero de 2019.CPT-CAM-002-19.Informe final. 25 p.

INVEMAR-CORPAMAG. 2018. Estudio integral de la Ciénaga Grande de Santa Marta - Fase II (B): modelación hidráulica, hidrosedimentológica y biogeoquímica. Convenio Interadministrativo No. 209 de 2017. Santa Marta. 85 p + 2 Anexos.

INVEMAR-MADS. 2016. Caracterización topo-batimétrica de la Ciénaga Grande de Santa Marta con énfasis en el complejo de Pajarales. Convenio Interadministrativo No. 508 de 2016. Santa Marta. 18 p.

INVEMAR, MADS y PNN. 2017. Caracterización y diagnóstico topobatimétrico, sedimentológico e hidrológico de la CGSM e implementación de modelo hidrológico. Convenio Interadministrativo No. 430 de 2017. Informe técnico final. Santa Marta. 119 p.

INVEMAR-MINAMBIENTE. 2018. Cuarto Informe técnico. Convenio Interadministrativo 659 de 2017. Santa Marta, Colombia. 374 p. + anexos.

Isidro, C., McIntyre N., Lechner, A., Callow, I. 2017 Quantifying suspended solids in small rivers using satellite data, Australia, Malaysia, 1555-1556p.

Jeppesen E., J.P. Jensen, M. Søndergaard, T. Lauridsen, L.J. Pedersen, y L. Jensen. 1997. Topdown control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. Hydrobiologia. 342/343, 151–164.

Jiménez, J.A. 1994. Los mangles del Pacífico Centroamericano. Universidad Nacional. Instituto Nacional de Biodiversidad. UNA. 336 p.

Karbasdehi V., Dobaradaran S., Nabipour I., Ostovar A., Arfaeinia H., Vazirizadeh A., Mirahmadi R., Keshtkar M., Faraji F., y Khalifei F. 2017. Indicator bacteria community in seawater and coastal sediment: the Persian Gulf as a case. Journal of Environmental Health Science & Engineering 15:6. 1-15.

Knox, G.A. 2001. The ecology of seashore. CRC Press. Boca Ratón. 557 p.

Libes, S. 2009. Introduction to Marine Biogeochemistry. Second edition, Elsevier. San Diego, 893 p.



López-Enríquez, J.C., E.F. Rosas-Alquicira, E.J. Ramírez-Chávez y A. Cruz-García. 2014. Datos preliminares de la estructura y la formación de las comunidades de manglar en Zipolite, Oaxaca. Ciencia y Mar, 20 (52):31-35p.

Louis, J., V. Debaecker, B. Pflug, M. Main-Knorn, J. Bieniarz, U. Mueller-Wilm y F. Gascon. 2016. Sentinel-2 SEN2COR: L2A processor for users. European Space Agency, (Special Publication) ESA SP, SP-740(May), 9–13. Retrieved from [http://elib.dlr.de/107381/1/LPS2016\\_sm10\\_3louis.pdf](http://elib.dlr.de/107381/1/LPS2016_sm10_3louis.pdf)

Lowther PE, Celada N, Klein C, Rimner C, Spector DA. 1999. Yellow Warbler (*Dendroica petechia*). En: Poole A, Gill F, eds. The birds of North America, no. 454. Ithaca: The Birds of North America Online.

Macdonald Donald D, Scott Carr R, Fred D. Calder, Long Edward R, Ingersoll Christopher G. 1995. Development and evaluation of sediment quality guidelines for Florida Coastal waters.

Magurran, A. 1991. Ecological diversity and its measurement. London. Chapman and Hall, 179 pp.

Mahoney, P.C. y M.J. Bishop. 2017. Assessing risk of estuarine ecosystem collapse. Ocean and coast management, 140, 46 – 58.

Mancera, J. E., y L. A. Vidal. 1994. Florecimiento de microalgas relacionado con mortandad masiva de peces en el complejo lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín, 23: 103-117p.

Mancera-Pineda, J., Pinto, G., Vilardy S. 2013. PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ESTACIONAL DE MASAS DE AGUA EN LA BAHÍA DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO: IMPORTANCIA RELATIVA DEL UPWELLING Y OUTWELLING. Bol. Invest. Mar. Cost. 42 (2) 329-360.

Martinez Gregorio, Senior William, Marquez Aristide. 2005. Distribución y especiación de metales pesados en el material de suspensión de las aguas superficiales de la pluma del río manzanares, EDO Sucre, Venezuela.

McGinnisS., S., A., Stokdykb J., Borchardtb M., David., McCarthyc T., y Murphya M. 2018. Human *bacteroides* and total coliforms as indicators of recent combined sewer overflows and rain events in urban creeks. Science of The Total Environment. 630. 967-976.

McKee, K.L. 1995. Mangrove species distribution and propagule predation in Belize: An exception to the dominance-predation hypothesis. Biotropica 27 (3): 334-335 págs.

McMullan, M., A. Quevedo, y T. M. Donegan. 2011. Guía de campo de las aves de Colombia. Fundación ProAves de Colombia, Bogotá. 250 p.

Melo Cruz, O. A. y R. Vargas Ríos. 2002. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima, CRQ, CORPOCALDAS y CORTOLIMA, Ibagué. 207 p.

Mercado, J.E. 1971. Inventario preliminar de la fauna y flora de la Ciénaga a Grande de Santa Marta. Proy. Desar.Pesca Marít. Colombia (INDERENA-PNUD-FAO), CIP. Cartagena. 8 p.

MinAmbiente - Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. Decreto Nº 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Decreto Nº 1594 de 1984, artículos 2.2.3.3.9.7, 2.2.3.3.9.8 y 2.2.3.3.9.10, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Bogotá, 2015. Disponible en:



<http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/81-normativa/2093-plantilla-areas-planeacion-y-seguimiento-30#normas-fuente>.

MinSalud - Ministerio de Salud y Protección Social. 2012. Resolucion N°122 de 2015. Por medio de la cual se modifica parcialmente la Resolucion N° 776 de 2008.  
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0122-de-2012.pdf>

Mirande, V. y B.C. Tracanna. 2004. Fitoplancton del río Gastona (Tucumán, Argentina): Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta y Rhodophyta. IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre, 59, p. 35-58.

Mogollón, M. 1996. Estructura de la comunidad fitoplanctónica del Complejo de Pajarales y Salamanca Occidental, Costa Caribe Colombiana. Tesis (Biólogo Marino). Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias del Mar. Bogotá, Colombia. 67 p.

Mohd-Azlan, J., Noske, R.A., Lawes, M.J., 2012. Avian species-assemblage structure and indicator bird species of mangroves in the Australian monsoon tropics. Emu 112, 287e297.

Muñoz-García, L. 2015. Evaluación del estado fitosanitario del bosque de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Trabajo de grado. Facultad Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Universidad del Magdalena. 61 p.

Murillo, O. y P. Camacho. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. Agronomía Costarricense 21(2): 198-206p.

Navarrete-Ramírez, S. M., A. M. Rodríguez-Rincón. 2014. Protocolo Indicador Condición Tendencia Bosques de Manglar (ICTBM). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). Invemar, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Invemar No. 67, Santa Marta. 40 p.

Noske, R.A., 1996. Abundance, zonation and foraging ecology of birds in mangroves of Darwin Arbour, Northern Territory. Wildlife Research 23, 443e474.

O'Connor L., Inês M., Almeida S., Swearer S., Kolev S., McKelvie I. 2014. Analytical challenges and advantages of using flow-based methodologies for ammonia determination in estuarine and marine waters. Trends in Analytical Chemistry 59; 83-92p.

Ogden, J. C., Baldwin, J. D., Bass, O. L., Browder, J. A., Cook, M. I., Frederick, P. C., y Oberhofer, L. D. 2014. Waterbirds as indicators of ecosystem health in the coastal marine habitats of southern Florida: 1. Selection and justification for a suite of indicator species. Ecological indicators, 44, 148-163.

Ogle, D. 2013. FishR Vignette- Maturity Schedules. Northland College. 7 p.

Ortiz-Ruiz, Jhon Jairo. 2003. Reforestación de Manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. XII Congreso Forestal Mundial, Quebec City, Canadá

Osunla C. A. 2017. *Vibrio* Pathogens: A Public Health Concern in Rural Water Resources in Sub-Saharan Africa [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5664689](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5664689) 14(10): 1188.

Pinto-Nolla, F., Naranjo-González, G., & Hernández-Camacho, J. 1995. Influencia del hábitat en la morfometría y morfología del "mangle salado" *Avicennia germinans* L. en el litoral caribe



colombiano. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 19, 481-498p

Plaza, N., Castillo D., Pérez D., Higuerac G., García K. y Bastías R. 2018. Bacteriophages in the control of pathogenic vibrios. Electronic Journal of Biotechnology. Vol. 31 24-33p.

Pomeroy AC. 2006. Tradeoffs between food abundance and predation danger in spatial usage of a stopover site by western sandpipers, *Calidris mauri*. *Oikos* 112:629-637.

PRO-CIENAGA. 1995. Plan de manejo ambiental de la subregión Ciénaga Grande de Santa Marta. Proyecto de rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta, PRO-CIENAGA (CORPAMAG - INVEMAR - CORPES - GTZ), Santa Marta, sp.

Ralph, C.J., G.R. Geupel, P. Pyle, T.E. Martin, D.F. DeSante y B. Milá. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR- 159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 46 p

Ramírez-Restrepo R., Johnson J. y Vahos R. 2018. Clasificación trófica y cinética temporal de las relaciones entre producción y consumo en la capa fótica de la presa de un embalse ecuatorial colombiano. *Oecologia Australis* 22(3), 258–278.

Reguera, B. R. Alonso, A. Moreira, S. Méndez & M.-Y. Dechraoui-Bottein (Eds). 2016. Guide for designing and implementing a plan to monitor toxin-producing microalgae. 2nd Ed. Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of UNESCO and International Atomic Energy Agency (IAEA), Paris and Vienna. IOC Manuals and Guides (59). 66 p.

Restrepo J. y Escobar H. 2018. Sediment load trends in the Magdalena River basin (1980–2010): Anthropogenic and climate-induced causes. *Geomorphology* 302. 76–91.

Reynolds, C.S. 2006. The ecology of phytoplankton. Cambridge University Press, New York. 550 p.

Rieuwerts, J.S., Thornton I., Farago M.E., Ashmore M.R. 1998. Factor influencing metal bioavailability in soil: preliminary investigations for the development of a critical loads approach for metals.

Rivera-Monroy, V., J. Mancera-Pineda, R. Twilley, O. Casas-Monroy, E. Castañeda-Moya, J. Restrepo, F. Daza-Monroy, L. Perdomo, S. Reyes-Forero, E. Campos, M. Villamil y F. Pinto-Nolla. 2001. Estructura y función de un ecosistema de manglar a lo largo de una trayectoria de restauración: el caso de la región Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe final. Contrato 429-97 Minambiente/INVEMAR/COLCIENCIAS/University of Louisiana at Lafayette/Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés". Santa Marta. 244 p.

Rodríguez-Rodríguez, J.A. 2015. Trayectorias de rehabilitación del bosque de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, luego de su reconexión con el Río Magdalena. Trabajo de Tesis como requisito parcial para obtener el título de Magister en Ciencias, Biología, Línea Biología Marina. Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe. Santa Marta, 94p.

Rodriguez-Rodriguez, J.A., J. E. Mancera-Pineda, L.P. Perdomo-Trujillo, M. Rueda, K.P. Ibarra-Gutierrez. 2016. Ciénaga Grande de Santa Marta: The largest lagoon-delta ecosystem in the Colombian Caribbean En: The Wetland Book: Distribution, Description and Conservation. Springer (en prensa).

Rodríguez-Rodríguez, J.A., J. E. Mancera-Pineda, L.P. Perdomo-Trujillo, M. Rueda, K.P. Ibarra-Gutiérrez. 2016. Ciénaga Grande de Santa Marta: The largest lagoon-delta ecosystem in the



Colombian Caribbean En: The Wetland Book: Distribution, Description and Conservation. Springer (en prensa).

Rondeaux, G., Steven, M., & Baret, F. (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 55(2), 95-107.

Rose, J., Hutcheson, M. S., West, C. R., Pancorbo, O., Hulme, K., Cooperman, A., & Scrpeditis, A. 1999. Fish mercury distribution in Massachusetts, USA lakes. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18(7), 1370-1379.

Round F.E., R.M. Crawford y D.G. Mann. 1990. The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera. Cambridge UniversityPress. Cambridge. 747 p.

Saborido-Rey, F. 2004. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Universidad de Vigo, España. 69p.

Salgado, L. (2014) Variabilidad de la clorofila a en las aguas costeras de la Península Ibérica entre 1998 y 2007 usando datos de SeaWifs, CONAMA Congreso Nacional Del Medio Ambiente. 1-2 p

Salgado-Ortiz J, Marra PP, Robertson RJ. 2009. Breeding seasonality of the mangrove warbler (*Dendroica petechia bryanti*) from southern Mexico. *Ornitología Neotropical* 20:255-263.

Sánchez-Páez, H., R. Álvarez-León, F. Pinto-Nolla, A. Sánchez-Alferez, J. Pinto-Renjifo, I. García-Hansen y T. Acosta- Peñaloza. 1997. Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia. MINAMBIENTE/OIMT. Bogotá. 511p.

Sánchez-Páez, H., Ulloa-Delgado, G. A., & Álvarez-León, R. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe colombiano. Ministerio del Medio Ambiente/Asociación colombiana de reforestadotes-ACOFORE/Organización internacional de Maderas Tropicales OIMT, Colombia.

Sar, E. A., M. E. Ferrario y B. Reguera. 2002. Floraciones algales nocivas en el cono sur americano. Instituto Español de Oceanografía. 311 p.

Savenije, H. 2012. Salinity and tides in alluvial estuaries. Delf University of Technology. Water resources section. 153 p.

Scheaffer-Novelli, Y. y G. Cintrón-Molero. 1986. Guía para estudios de área de manguezal: estructura, función e flora. Caribbean Ecological Research, Instituto Oceanográfico, Sao Paulo, Brasil. 150 p.

Stankovic Slavka, Kalaba Predrag, Stankovic Ana R. 2013. Biota as Toxic metal indicators. Doi: 10.1007/s10311-013-0430-6.

Steven, M. D. 1998. The sensitivity of the OSAVI vegetation index to observational parameters. *Remote Sensing of Environment*, 63(1), 49-60

Streit, N., Mérida, L., Guillermo Ram, Zepka, L. Q., Jacob-Lopes, E., & Queiroz, M. (2015). Producción de pigmentos naturales (clorofila-a) en biorrefinerías agroindustriales/Producing natural pigments (chlorophyll-a) in agroindustrial bio-refineries. *Ciencia y Tecnología*, 8(2), 27-34.

Strickland, J. D.H. y T.R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, Bulletin 167 (2a. edition), 293 pp.



Sunesen I., A. Bárcenay E. A. Sar. 2009. Diatomeas potencialmente nocivas del Golfo de San Matías (Argentina). Revista de Biología Marina y Oceanografía 44(1): 67-88.

Tang Y. Z., and C. J. Gobler. 2011. Lethal effects on Northwest Atlantic Ocean isolates of the dinoflagellate *Scrippsiella trochoideaon* Eastern oyster (*Crassostrea virginica*) and Northern quahog (*Mercenaria mercenaria*) larvae. Mar Biol. 12 p.

Tomas, C. R. 1997. Identifying marine phytoplankton. Academic Press. San Diego. 858 p.

Torres, A., Acosta, J. M. A., Acosta, M. G., Luna, A. V., & Lara-Borrero, J. (2013). Metodología para estimar concentraciones de sst en tiempo real en hidrosistemas urbanos a partir de mediciones de turbiedad/turbidity-based methodology for real-time tss concentrations estimates in urban water systems: science and engineering neogranadina science and engineering neogranadina. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 23(1), 23-35.

UNESCO. 1996. Design and Implementation of some Harmful Algal Monitoring Systems. IOC Technical Series No. 44. 110 p.

UNESCO. 2009. Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión. Silvia Bonilla (editora). Documento técnico PHI-LAC, N°16. 97 p.

Vargas-Castillo, Y., Rodríguez-Rodríguez, J., Licero, Espinosa, L. 2016. Lineamientos generales de restauración para las lagunas costeras en Colombia. Resolución MADS No 478 de 2016. Santa Marta, 27 p + anexos.

Vidal, L. A. 1995. Estudio del fitoplancton en el sistema lagunar estuarino tropical Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia, durante el año 1987. Tesis (M.Sc.) Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 207 p.

Vidal, L.A. 2010. Manual del fitoplancton hallado en la Ciénaga Grande de Santa Marta y cuerpos aledaños. Bogotá: Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. 384 p.

Viera D., Rodríguez C. y Zhurbenko R. 2016. Recuperación y diferenciación de Aeromonas con CromoCen AE y CromoCen AGN. Revista Cubana de Investigaciones Biomédica. 35(1):36-47.

Vilardy-Quiroga, S., y J.A. González-Novoa (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.

Viloria, E., A. Acero y J. Blanco. 2012. El colapso de la pesquería de la mojarra rayada Eugerres plumieri (pisces: Gerreidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta: ¿causas pesqueras, ambientales o biológicas? Bol. Invest. Mar.Cost., 41 (2): 399-428 p.

Vipindas P.V., Abdulaziz A., Jayalakshmy K., Lallu K., Benny P., Shanta N. 2018. Impact of seasonal changes in nutrient loading on distribution and activity of nitrifiers in a tropical estuary. Continental Shelf Research 154; 37-45.

Vivas-Aguas L., Espinosa, L. y Parra, L. 2013. Identificación de fuentes terrestres de contaminación y cálculo de las cargas de contaminantes en el área de influencia de la ciénaga grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 42 (1) 7-30.



Wang, W., Yu, Z., Wu, Z., Song, S and X., Yuan, Y., Cao, X. 2017. Rates of nitrification and nitrate assimilation in the Changjiang River estuary and adjacent waters based on the nitrogen isotope dilution method, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, China, 35-43p.

Wolcan, S., G. Lori, L. Ronco, A. Mitidieri y R. Fernández. 2001. Enanismo y podredumbre basal de *Eustoma grandiflorum* y su relación con la densidad de *Fusarium solani* en el suelo. Fitopatología brasilera 6(4). 5p.

World Health Organization. (2004). The World health report: 2004: changing history.



## 8 ANEXOS

### Anexo 1 Memoria taller de socialización de resultados de la evaluación ambiental de la Ciénaga Grande de Santa marta: avanzando hacia la gestión integral del complejo lagunar

Hora	8:30 am	Próxima reunión	Día	Mes	Año
Lugar	Inst. Educativa Deptal Rural – Tasajera – Munic. Pueblo Viejo – Magdalena.				

Asistentes			
Nº	Nombre	Cargo	Entidad
1	Erwin Carbonó Palacio	Técnico de apoyo	VIPIS-PNN-DTCA
2	Yessy García Luna	Profesional de apoyo	VIPIS-PNN-DTCA
3	Oscar Contreras N.	Ed. Ambiental	SFF-CGSM-PNN-DTCA
4	Jairo Ayala G.	Técnico Administrativo	SFF-CGSM-PNN-DTCA
5	Demin Pinto Brito	Profesional Especializado G. 16	CORPAMAG
6	Eddien De La Rans M.	Profesional Univ. G. 10	AUNAP
7	Luis M. Guerra	Director Regional	AUNAP
8	William Retamozo Ch.	P. U. Vice R. Ext.	UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA (Santa Marta)
9	Mercedes Avendaño J.	Directora Operaciones	MARES DE COLOMBIA S.A.
10	Alejandra Tapia S.	Área de Investigación y desarrollo	MARES DE COLOMBIA S.A.
11	Andrés Velez G.	Profesional Univ. Of. Medio Ambiente	GOBERNACIÓN DEL MAGDALENA
12	Lina M. Escobar W.	Profesional Especializado	CORPAMAG
13	Tatiana Pantoja	Profesional Especializado	CORPAMAG
14	Lina Herrera	Profesional Universitario	CORPAMAG
15	Rosa Pertuz	Contratista	CORPAMAG
16	José Ramón Fontalvo Z.	Representante Legal	ASOCOCIÉNAGA (TASAJERA PV MAGDALENA)
17	Oscar Zarate Montero	Rev. Fiscal	PESQUERA MAR ADENTRO LTDA
18	Jarliz Ariza Pérez	Pescador	TASAJERA PUEBLO VIEJO (MAGDALENA)
19	Luis Balcinilla	Pescador	CRIAPEZ-ASOCOCIÉNAGA (ISLA DEL ROSARIO)
20	Álvaro E. Serrano S.	Pescador – Guía Turístico	COPEISLA-ASOCOCIÉNAGA (ISLA ROSARIO)
21	Santiago Cervantes	Pescador	COPEISLA-ASOCOCIÉNAGA (ISLA ROSARIO)
22	Valerio Ariza Gutierrez	Pescador	TASAJERA PUEBLO VIEJO (MAGDALENA)
23	Manuel López Borja	Vicepresidente CRIAPEZ	CRIAPEZ-ASOCOCIÉNAGA (ISLA DEL ROSARIO)
24	Jesus Serrano Mariaga	Tesorero CRIAPEZ	CRIAPEZ-ASOCOCIÉNAGA (ISLA DEL ROSARIO)



<b>Asistentes</b>			
<b>Nº</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cargo</b>	<b>Entidad</b>
25	José Luis Manjarrez P.	Técn. Admon. Of. Gestión Ambiental	ALCALDÍA PUEBLO VIEJO (MAGDALENA)
26	José Castro R.	Profesional	SFF-CGSM-PNN-DTCA
27	Vladimir Carbonó H.	Auxiliar de Investigación	INVEMAR
28	Héctor Rodriguez A.	Auxiliar de Investigación	INVEMAR
29	Carlos Carbonó G.	Auxiliar de Investigación (Lanchero)	INVEMAR
30	José L. Garrido N.	Fiscal CRIAPEZ	CRIAPEZ-ASOCOCIÉNAGA (ISLA DEL ROSARIO)
31	Waldir Pabón O.	Pescador	ASOCOCIÉNAGA (ISLA DEL ROSARIO)
32	Arnaldo Barceló	Pescador	TASAJERA PUEBLO VIEJO (MAGDALENA)
33	Jan De La Rosa	Técn. Laboratorio	AUNAP
34	Roberto Rodríguez U.	Pescador	TASAJERA PUEBLO VIEJO (MAGDALENA)
35	Cristóbal Navarro	Presidente	GRANPES (PUEBLO VIEJO - MAGDALENA)
36	Germán Lozano B.	Docente Investigador	UNIVERSIDAD SIMÓN BOLIVAR (Barranquilla)
37	Luis Orozco G.	Representante Legal	APOPESCA (CGSM)
38	José A. Gutierrez A.	Pescador	TASAJERA PUEBLO VIEJO (MAGDALENA)
39	Yoel Rivas	Pescador	APESCAR TASAJERA PV (MAGDALENA)
40	Eugenio Meléndrez	Pescador	APESCAR TASAJERA PV (MAGDALENA)
41	Aurelio Carbonó		TASAJERA PUEBLO VIEJO (MAGDALENA)
42	Pedro Luis Hernández	Pescador	TASAJERA PUEBLO VIEJO (MAGDALENA)
43	Ismael Ariza H.	Pescador	TASAJERA PUEBLO VIEJO (MAGDALENA)
44	Esmel Bustamante	Pescador	TASAJERA PUEBLO VIEJO (MAGDALENA)
45	José Meléndrez	Pescador	TASAJERA PUEBLO VIEJO (MAGDALENA)
46	Enrique Maldonado Lara	Representante Legal	COPEMAR TASAJERA PV (MAGDALENA)
47	Aramis Jimenez	Operario calificado	SFF-CGSM-PNN-DTCA
48	Aquilino Montaño		TASAJERA PUEBLO VIEJO (MAGDALENA)
49	Lucía Licero Villanueva	Investigador científico	INVEMAR
50	Martha Bastidas S.	Jefe L. Invest. Oceanografía y Clima	INVEMAR
51	Karen Ibarra Gutierrez	Investigador Científico	INVEMAR
52	Efraín Viloria Maestre	Investigador Científico	INVEMAR
53	Stephannie Chavez Z.	Auxiliar de Investigación	INVEMAR

**Orden del día**

<b>No.</b>	<b>Temática</b>	<b>Responsable</b>
1	Bienvenida y contextualización	Efrain Viloria M.- INVEMAR
2	Presentación de los asistentes	Todos
3	Socialización de resultados Componente Monitoreo Calidad de Aguas y Sedimentos	Karen Ibarra G. - INVEMAR



Asistentes			
Nº	Nombre	Cargo	Entidad
4	Socialización de resultados Componente Monitoreo Hidro-sedimentológico		Martha Bastidas S. - INVEMAR
5	Socialización de resultados Componente Monitoreo Vegetación "Manglares"		Lucia Licero V.- INVEMAR
6	Socialización de resultados Componente Monitoreo Recursos Pesqueros		Efrain Viloria M.- INVEMAR
7	Varios – Participación de la comunidad y entidades participantes		Todos
8	Consideraciones finales y cierre		Todos

Nº	Conclusiones
1	<b>Bienvenida, contextualización</b> - El Investigador Efraín Viloria, realizó la apertura del evento, dando la bienvenida y agradecimientos en nombre del director General del INVEMAR, especificando el alcance y contexto de la actividad, el cual tuvo como objetivo presentar e intercambiar con la comunidad del área de la CGSM y entidades relacionadas, los resultados de los proyectos " <i>Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta</i> " y del " <i>Estudio Integral de la CGSM - Modelo Hidro-sedimentológico</i> ", investigaciones ejecutadas con el apoyo financiero del MADS y CORPAMAG.  - A continuación se presentó el programa, en el cual se planteó el orden del día, enfatizando en el contenido de las presentaciones correspondientes a cuatro componentes de los proyectos mencionados, a exponer por investigadores de los programas Calidad Ambiental Marina (CAM), Geociencias Marinas y Costeras (GEO) y Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos y Costeros (VAR).
2	<b>Presentación de los asistentes</b> - De manera ordenada se presentaron los participantes en el taller de socialización de resultados del monitoreo de la CGSM, realizado en Tasajera, el cual contó con una asistencia de 53 personas, entre comunidades de pescadores (representadas principalmente por APOPESCA, ASOCOCIÓNAGA y GRANPES e independientes), entidades relacionadas, como CORPAMAG, AUNAP, PNN (VIPIS y SFF-CGSM), Alcaldía de Pueblo Viejo, Universidades del Magdalena y Simón Bolívar y delegados del sector productivo como las empresas Mares de Colombia y Mar Adentro, procesadoras y exportadoras de jaibas e investigadores del INVEMAR. (Anexo 1).
3	<b>Presentación "Socialización de resultados - Componente Monitoreo Calidad de Aguas y Sedimentos"</b> - La investigadora del Programa CAM, Karen Ibarra, realizó la presentación relativa al componente Calidad de Aguas y Sedimentos, en la que contextualizó a los participantes sobre el área de estudio, la frecuencia de monitoreo, las variables analizadas y cómo el fortalecimiento del monitoreo ha permitido aportar un mayor conocimiento del sistema lagunar. Los principales resultados del monitoreo de calidad de aguas y sedimentos fueron socializados con corte a diciembre de 2018, relacionando las tendencias de las variables desde 1999. Además, se presentaron los resultados de las actuaciones del INVEMAR frente a las mortandades de peces ocurridas en la desembocadura del río Fundación y Caño Clarín viejo en febrero de 2019.
4	<b>Presentación "Socialización de resultados Componente Monitoreo Hidro-sedimentológico"</b> - La investigadora Martha Bastidas (GEO), realizó la presentación del componente hidro-sedimentológico, cuyo origen se dio en el marco del Estudio Integral de la CGSM, haciendo énfasis en los principales logros,



Nº	Conclusiones
	entre ellos el establecimiento del monitoreo Hidro-sedimentológico, la implementación de los modelos de balance hídrico e hidrosedimentológico (con escenarios climáticos y de nuevas aperturas) y su importancia como aporte a la toma de decisiones, la socialización con la comunidad y la articulación con diferentes entidades.
5	<p><b>Presentación “Socialización de resultados Componente Monitoreo Vegetación “Manglares”</b></p> <p>- La investigadora Lucia Licero (CAM), presentó lo relacionado con el Componente Vegetación-“Manglares” en la que divulgó los resultados obtenidos con corte a 2018, así como las dinámicas históricas que ha tenido el ecosistema de manglar de la CGSM; explicando la metodología implementada, área monitoreada, mostrando la tendencia de recuperación del bosque y variables relacionadas, así como los avances que se han tenido en el seguimiento de la avifauna asociada al ecosistema. Adicionalmente, compartió con todos los asistentes los otros proyectos que viene desarrollando el Instituto para avanzar hacia la gestión integral del ecosistema de manglar en la CGSM.</p>
6	<p><b>Presentación “Socialización de resultados Componente Monitoreo Recursos Pesqueros”</b></p> <p>- En relación con el componente recursos pesqueros, el Investigador Efraín Viloria (VAR), presentó los resultados del monitoreo en el período entre 1994 y 2018; destacando el área de la CGSM como uno de los más importantes ecosistemas costeros de Colombia, describiendo que sustenta aproximadamente 3.000 pescadores que aprovechan más de 50 especies (entre peces, crustáceos y moluscos), usando diversos artes y métodos de pesca. Se expuso también la importancia de aplicación de un monitoreo pesquero en el periodo referenciado, aplicando la metodología del Sistema de Información Pesquera de INVEMAR-SIPEIN, producto de esta investigación, el cual se ha aplicado en ecosistemas diversos del territorio nacional en alianza con otras instituciones.</p> <p>- Se explicó como el seguimiento a la pesquería ha permitido identificar impactos en los ensamblajes de peces e invertebrados, determinando que las condiciones ambientales en las aguas del sistema, ligadas a la variabilidad climática global, han influido en la abundancia y composición por especies de las poblaciones objeto de pesca, precisando que especialmente, estas variaciones han estado asociadas a cambios en la salinidad como el principal factor que influye en el funcionamiento del sistema lagunar.</p> <p>- Se divulgaron los cambios en la producción pesquera, la composición por especies, su relación con el esfuerzo de pesca invertido, indicadores como la abundancia relativa, las tallas medias de capturas de las principales especies de recursos explotados, inclusive las variaciones en los ingresos y renta económica de los pescadores.</p> <p>- Se reiteró que, a pesar del deterioro ambiental del ecosistema, esta pesquería se mantiene como una de las más productivas del Caribe de Colombia. No obstante, se mostraron las evidencias del declive en la producción pesquera, en las tallas de las especies y que, sumado a eventos de mortandades masivas de peces, son señales del detrimento en que se encuentran los recursos pesqueros del sistema en términos de una productividad variable que repercute en la economía de los pescadores.</p> <p>- Se aprovechó esta oportunidad, de la presencia de las autoridades ambientales y pesqueras, así como de la comunidad de pescadores, para plantear lo imperativo de la implementación de un manejo pesquero basado en la mejor evidencia científica y aplicando enfoques participativos y de ecosistemas.</p> <p>- Finalmente se mostraron las diferentes formas de divulgación de la información donde se muestran los resultados del monitoreo, con sus respectivas recomendaciones de manejo.</p>
7	<b>Varios – Participación de la comunidad y entidades participantes</b>



Nº	Conclusiones
	<p>Se facilitó un espacio para preguntas por parte de los invitados con el fin de conocer sus inquietudes y sugerencias con respecto a la información presentada, entre las que se resaltan:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Consultaron una vez más evaluar viabilidad de incluir dentro del monitoreo de calidad de aguas y manglar al sector de la Ciénaga de Sevillano y áreas aledañas. Se respondió que desde el año pasado se realizan algunas acciones de monitoreo de la calidad de las aguas y sedimentos en este sector las cuales están siendo canalizadas mediante la REDCAM; adicionalmente, se mencionó durante la exposición de resultados del componente de manglares los resultados encontrados en la adición al convenio No 40 mediante la cual se expandió la red de monitoreo de manglar hacia el sector de Sevillano; lo anteriormente mencionado contó con el apoyo financiero de CORPAMAG.</li><li>- Solicitaron y sugirieron optimizar la terminología y la forma de presentación de algunos componentes, para facilitar su interpretación a los diferentes niveles de la comunidad.</li><li>- También recomendaron gestionar la activación del Comité de Coordinación de Gestión Integral de la CGSM e instituciones de competencia, en sus diferentes mesas temáticas, especialmente el componente de "seguridad alimentaria", que relaciona el ordenamiento pesquero del área, sustentado en la información del monitoreo ambiental y pesquero.</li><li>- Se debe retomar el comité de jaiba, con participación de los actores involucrados, AUNAP, CORPAMAG, Alcaldías, empresas, pescadores e investigadores, entre otros, teniendo en cuenta que es un recurso clave y se requiere implementar medidas de manejo, a partir de un plan concertado, incluyendo el fortalecimiento del monitoreo pesquero. La AUNAP, se comprometió en realizar de acuerdo a competencia la gestión necesaria, para retomar este tema, con el cual también estuvieron de acuerdo las empresas procesadoras, la Universidad Simón Bolívar, quien adelanta investigación en el área y pescadores.</li><li>- Se consultó la viabilidad de plantear alertas de probabilidad de mortandades, de acuerdo a la experiencia adquirida, en relación con las condiciones ambientales observadas mediante el monitoreo, relacionando además las acciones del grupo de emergencias (GAMA) que evalúa las causas, con un plan de contingencia para atender los eventos que se presenten. Se respondió aclarando el modo de operación del GAMA, la complejidad de lo planteado, indicando además que lo del plan de contingencia, requiere de la iniciativa de las instituciones de competencia.</li></ul> <p>Finalmente tanto la comunidad, como las instituciones, destacaron la importancia de la información, así como la actividad de socialización.</p>
8	<p><b>Consideraciones finales y Cierre</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Se presentaron resultados en lo relativo a los cuatro componentes que se evalúan periódicamente en la CGSM, en algunos casos, desde hace más de dos décadas hasta 2018. Se presentó el análisis comparativo de las diferentes variables que describen el comportamiento del ecosistema, resolviendo inquietudes y sugerencias sobre las condiciones ambientales del complejo lagunar: calidad de aguas y sedimentos, sus recursos vegetales, dinámica pesquera, dinámica hidro-sedimentológica, aspectos generales de las mortandades de peces, entre otras. La comunidad e instituciones fueron receptivas y participativas en el desarrollo del evento.</li><li>- Finalmente se realizó el cierre del taller agradeciendo la asistencia de los participantes, los cuales manifestaron la aceptación e importancia del evento.</li></ul>



Anexos	
1. LISTADO DE ASISTENCIA	
2. REGISTRO FOTOGRÁFICO	

Compromisos y tareas	Responsable de ejecutar	Fecha	Control (Ejecutada/Pendiente)	Observaciones
Gestión para retomar el proceso de ordenamiento pesquero en el área de la CGSM, priorizando inicialmente el recurso jaiba.	AUNAP	Por definir	Pendiente	En este tema, están de acuerdo las empresas procesadoras y las organizaciones de pescadores participantes en el evento. El INVEMAR como entidad de apoyo, manifiesta disposición para continuar acompañando a partir de los resultados de las investigaciones y las recomendaciones, tal como las que se emiten para el Comité Ejecutivo para la Pesca.
Se plantea concertación e intercambio de experiencia, para fortalecer el monitoreo del recurso jaiba, dirigido a optimizar las medidas de manejo actuales.	Universidad Simón Bolívar, INVEMAR y AUNAP.	Por definir	Pendiente	



## Apéndice 1: Listado de asistencia.

Registro de asistencia a eventos con invitados externos / Attendance record						FT - COM-15 Version: 2		
No.	Nombre completo / Full name	Lugar y fecha / Place and date	Actividad / Activity	Documento de Identidad / ID	Cargo / Position	Entidad / Organization	Correo electrónico / E-MAIL	Firma / Signature *
1	Eugen Corsoni Patiño	Tajajera, 27 de marzo de 2019	Taller de socialización de Resultados Monitoreo en la CIGOM	1082404722	Técnico Apoyo	VIPIS	Eugen.corsoni@gmail.com	
2	Yessy GARCIA LUNA	1-063-078-407	PROF DE APoyo	1082404722	PROF DE APoyo	VIPIS	garcialuna02@gmail.com	
3	Cesar Contreras N	222043580	Ed. Ambiental	520043580	S.F.C.G.S.M	S.F.C.G.S.M	cesarcontrerasn008@gmail.com	
4	Jairo Ayala G	19.611.630	Tec. Polimotriz	19.611.630	Tec. Polimotriz	S.F.C.G.S.M	jairayala009@gmail.com	
5	Dewin Pinto Brutto	854693828	Prof. Especialista	854693828	Corporación	Corporación	dewinpinto@corpamag.gov.co	
6	Esteban De La Pava V	92229989	POGIO	80304	SONAMP	SONAMP	esteban.delapava@sonamp.co	
7	Juan M. Gómez	5163044	Director Regional	AUJAP	AUJAP	AUJAP	juanmiguel.gomez@aujap.co	
8	William Bedoya Zulueta Ch.	205467261	P.U. VEX	205467261	Centro de Vex	Centro de Vex	wbedoya.zulueta@gmail.com	
9	Mercedes Avendaño J.	1083460087	Dir. operaciones	1083460087	Mares de Colombia	Mares de Colombia	direccionsoperaciones@maredesdecolombia.com	
10	Alejandro Topete S.	1102849442	Dr. Investigador	1102849442	Mares de Colombia	Mares de Colombia	investigador.maresdecolombia.com	
11	Andrés A Ureña G.	716011258	Asf. Univ OMA	716011258	Gobernación Magd.	Gobernación Magd.	medioambiente@gobernacionmagdalena.gov.co	
12	Lina M Escobar W.	206571631	prof. Especialista	206571631	CORPAMAG	CORPAMAG	linaescobar@corpamag.gov.co	
13	Karen Ospina Ospina	26.630.916	Prof. Especialista	26.630.916	Corpamag	Corpamag	karen.ospina@corpamag.gov.co	
14	José Ramón Fontolvo Z	12609577	Rep Legal	12609577	Asociación	Asociación	leondorafachio05@gmail.com	
15	Oscar, Zandate Montoya	9281906	D. fiscal	9281906	PERG. Adm Adm	PERG. Adm Adm	oscar.zandate.montoya@gmail.com	

(i)Normatividad: Ley 1581 de 2012 respecto a la protección, tratamiento y manejo de datos personales y sus Decretos Reglamentarios. / Regulations: Law 1581 of 2012 regarding the protection, treatment and handling of personal data and its regulatory decrees.



INFORME TÉCNICO FINAL 2019:  
"MONITOREO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y LOS CAMBIOS ESTRUCTURALES  
FUNCIONALES DE LAS COMUNIDADES VEGETALES Y DE LOS RECURSOS PESQUEROS DURANTE  
LA REHABILITACIÓN DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA"



Registro de asistencia a eventos con invitados externos / Attendance record						FT - COM-15 Version: 2
No.	Nombre completo / Full name	Documento de Identidad / ID	Cargo / Position	Entidad / Organization	Correo electrónico / E-MAIL	Firma / Signature *
1	Juan de la Rosa	1129-521747	Tec Laboratorio	ANUPE	andreluissoler@anupe.org.co	
2	Roberto Rodriguez H.	85 490746	pescador		roberto.Rodriguez@...	
3	Cristobal Navarro	5078888	Presidente	Corpapes		
4	Cesar de Leonar B	14228103	Exceute Investigador	USI Bogotá	gloriamon30@unisimon.edu.co	
5	Luis Oropesa G	7-492142	Rept Legal	Apropesca	luchobrigote@gmail.com	
6	José Giluz A	85082684	Pescador			
7	Kael Arellano	12625686	APPECAR			
8	Eduardo M.	126265212	Pescar			
9	Ricardos Gómez	5.027363				
10	Pedro Luis H <sup>2</sup>	1082402416	Pescador	Tamaya		
11	ISMAEL Ariza H	12612444	pescador			
12	Brunel Bustamante	19555254	Pescador			
13	José Melendrez	85.490192	Pescador			
14	Eduardo M. Lora	8726402	R/Legal	COPEMAR	- -	
15	A(Comisión) Jimenez Z	12625268107	OP. cal. f. ecol. 577-CGSM	P.N.L.	acomis.jimenez16@invmar.gov.co	

(iii)Normatividad: Ley 1581 de 2012 respecto a la protección, tratamiento y manejo de datos personales y sus Decretos Reglamentarios. / Regulations: Law 1581 of 2012 regarding the protection, treatment and handling of personal data and its regulatory decrees.



Registro de asistencia a eventos con invitados externos / Attendance record						FT - COM-15 Version: 2
<small>* <b>Note:</b> Marcar con X la columna final, Si <b>NO Autoriza</b> el uso de sus datos y la publicación de fotografías o medios, donde aparezca, en documentos o medios audiovisuales, que desarrollen el objetivo de esta actividad. El INVEMAR pone a su consideración la presente información con el fin de solicitar su autorización. (1) /Note: mark the final column with an X if you <b>NO Authorize</b> the use of data, photographs or media publications, in documents or audiovisual media created for the purpose of this activity. INVEMAR shows the information above for authorization purposes.(1)</small>						
Lugar y fecha / Place and date	Tajzayera, 27 de marzo de 2019					
Actividad / Activity	Taller de Socialización de Resultados Monitoreo en la CGM					
No.	Nombre completo / Full name	Documento de Identidad / ID	Cargo / Position	Entidad / Organization	Correo electrónico / E-MAIL	Firma / Signature *
1	Jairlis Arias Perez	85490626	PESCADOR			
2	Luis Balciñalde	5.07619	Saleo	CRIA-PEZ		
3	Alvaro E. Serrano	5076717	Guiztor	COPE ISLA		
4	Constanza Corvera	5-0-96910	PECODOR			
5	Adelmo Ariza Gutiérrez	12637484	PEGOR			
6	Manuel López Bayja	5044456	Vicepresidente	CRIA-PEZ	manuellopez20@hotmail.com	
7	José Serrano Yerriego	5.024.012	Tesorero	CRIA-PEZ		
8	José Luis Montañez P.	19535713	Tec. Administrativo	ALCALDIA		
9	José Peñate A.	19.378.617	P. Prof. Msc.	Alcaldia	olman.palacio@ganizco.com	
10	Vladimir Gómez	12626671	INVESTIGADOR	INVERMAR		
11	Dra. Doctor Rodríguez Alcalá	5076943	Asistente de Investigación	INVERMAR	rectoradidadiyacalda@ganizco.com	
12	José A. Garrido N.	5076845	Fiscal	CRIA-PEZ	jose.garridonachic@ganizco.com	
13	Carlos Carboni	5.073776	Investigador	INVEMAR		
14	Wally Polvoro.	5.074497	Pescador			
15	Arnoldo Borralo	4.012406128	Pescador			

(1)Normatividad: Ley 1581 de 2012 respecto a la protección, tratamiento y manejo de datos personales y sus Decretos Reglamentarios. / Regulations: Law 1581 of 2012 regarding the protection, treatment and handling of personal data and its regulatory decrees.

Registro de asistencia a eventos con invitados externos / Attendance record						FT - COM-15 Version: 2
<small>* <b>Note:</b> Marcar con X la columna final, Si <b>NO Autoriza</b> el uso de sus datos y la publicación de fotografías o medios, donde aparezca, en documentos o medios audiovisuales, que desarrollen el objetivo de esta actividad. El INVEMAR pone a su consideración la presente información con el fin de solicitar su autorización. (1) /Note: mark the final column with an X if you <b>NO Authorize</b> the use of data, photographs or media publications, in documents or audiovisual media created for the purpose of this activity. INVEMAR shows the information above for authorization purposes.(1)</small>						
Lugar y fecha / Place and date	Tajzayera, 27 de marzo de 2019					
Actividad / Activity	Taller de Socialización de Resultados Monitoreo en la CGM					
No.	Nombre completo / Full name	Documento de Identidad / ID	Cargo / Position	Entidad / Organization	Correo electrónico / E-MAIL	Firma / Signature *
1	Jairlis Arias	11.733.755	Investigadora	INVEMAR	ainairis.ubatubero@invemar.org.co	
2	Lidia V. Llerena Vilanova	1032439285	INVESTIGADORA	INVEMAR	lidia.llerena@invemar.org.co	
3	Martha Bauchés	3432383	Jefe Linea	INVEMAR	martha.bauches@invemar.org.co	
4	Karen Thamra Gutiérrez	1098601926	Investigador	INVEMAR	karenthamra@invemar.org.co	
5	Efraín A. Viloria M	7017505	Investigador	INVEMAR	e.fran.viloria@invemar.org.co	
6	Stephanie Chang	11049.021284	As. de Investigación	INVEMAR	stephanie.chang@invemar.org.co	
7	Lina Herrera		Prof. Universitaria	CORPAMAG		
8	Rosa Pertuz		Contratista	CORPAMAG		
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

(1)Normatividad: Ley 1581 de 2012 respecto a la protección, tratamiento y manejo de datos personales y sus Decretos Reglamentarios. / Regulations: Law 1581 of 2012 regarding the protection, treatment and handling of personal data and its regulatory decrees.



## Apéndice 2. Registro fotográfico



Presentación componente Calidad de Aguas y Sedimentos. Investigadora Karen Ibarra - CAM



Presentación componente Hidro-sedimentológico. Investigadora Martha Bastidas - GEO



Presentación componente Vegetación – “Manglares”. Investigadora Lucía Licero - CAM



Presentación componente Recursos Pesqueros. Investigador Efraín Viloria – VAR.



Asistentes al Taller de socialización de resultados del Monitoreo Ambiental en la CGSM



Intervención de Lina Escobar - CORPAMAG, refiriéndose a la importancia del monitoreo y su aplicación en el manejo ambiental de la ecorregión CGSM.



**Anexo 2. Descripción de fitopatologías identificadas en los manglares de la CGSM**

<b>Nombre:</b>	Cáncer o Chancros (Can)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	Síntomas característicos de un grupo amplio de enfermedades que ocasionan la desintegración de los tejidos (Sarasola y Rocca, 1975). Se producen heridas necróticas y hundidas, que se localizan con frecuencia en la superficie del tallo de una planta leñosa, y es producida por hongos o bacterias (Duran et al., 1998). Su forma y tamaño es variable. Generalmente está acompañado por sustancias gomosas. Cerca del tejido necrótico se encuentran callos o grietas que separan la parte muerta del tejido vivo (Argueda, 2008), o el tejido necrótico está rodeado por tejido cicatrizado de la corteza (González, 1985).
<b>Zona de afectación:</b>	Área maderable
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Avicennia germinans</i> <i>Rhizophora mangle</i>
<b>Agente causal:</b>	Agentes biológicos: Hongos ( <i>Cytorpora rhizophorae</i> y <i>Cylindrocarpon didymum</i> (Teas y McEwan, 1982; Wier et al., 2000)
<b>Identificación en campo:</b>	Agrietamientos y heridas profundas en el tronco, con o sin bordes de cicatrización. Presencia de exudaciones de color marrón oscuro y desmoronamiento del tejido al tacto





<b>Nombre:</b>	Galerias (Ga)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	Agujeros profundos en el área maderable de los árboles, generalmente dentro de las raíces de árboles del género <i>Rhizophora</i> . Estas galerías reducen la capacidad de soporte del árbol y daño en los tejidos. Desmoronamiento y oscurecimiento del tejido aledaño, en algunas ocasiones producción de exudados
<b>Zona de afectación:</b>	Área maderable
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Rhizophira mangle</i>
<b>Agente causal:</b>	Agentes biológicos: hormigas, larvas de cucarrón ( <i>Poecilips rhizophorae</i> , <i>Coccotrypes rhizophorae</i> ), moluscos tereidos ( <i>Neoteredo reynei</i> ) (Sánchez-Páez et al., 1998; Sánchez-Alférrez et al., 2009)
<b>Identificación en campo:</b>	Perforaciones o huecos de diferentes tamaños y formas. Perdida de consistencia del tejido (desmoronamiento). Bordes cicatriciales gruesos



<b>Nombre:</b>	Descortezamiento (Desc)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	Desprendimiento en láminas de la corteza del árbol. Generalmente se asocia con un blanqueamiento de la madera y pérdida del follaje
<b>Zona de afectación:</b>	Área maderable
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Avicennia germinans</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Rhizophora mangle</i>
<b>Agente causal:</b>	Agentes ambientales
<b>Identificación en campo:</b>	Pérdida de la corteza del árbol a manera de láminas o escamas





<b>Nombre:</b>	Exudaciones gomosas (Exu)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	Vertimiento al exterior de sustancias que normalmente están en el interior del árbol como látex, gomas y resinas. El engomado se produce en respuesta a una variedad de condiciones, incluyendo insectos, enfermedades y heridas. También puede ser una respuesta a malas condiciones ambientales (e.g. suelos compactos). Si la goma exudada es de color claro el problema es de origen abiótico; por el contrario si es lechosa o de color oscuro es causada por un insecto o enfermedad (Murray y Alston, 2013). Los exudados pueden estar asociados con la enfermedad del chancre
<b>Zona de afectación:</b>	Área maderable
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Avicennia germinans</i>
<b>Agente causal:</b>	Agentes ambientales: Desconocido Agentes biológicos: insectos, hongos, bacterias Daños mecánicos: heridas
<b>Identificación en campo:</b>	Sustancias gomosas pegajosas de coloración variable emanadas en diferentes cantidades desde un punto focal del tronco



<b>Nombre:</b>	Exudaciones filamentosas (Ef)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	Formación filamentosa o hilos entorchados de color naranja intenso de consistencia pegajosa, que crece en áreas maderables. Se presume que el agente causal es un hongo, pero se precisa de investigaciones para su identificación
<b>Zona de afectación:</b>	Área maderable
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Laguncularia racemosa</i>
<b>Agente causal:</b>	Agente biológico: Hongo
<b>Identificación en campo:</b>	Hilos de color naranja intenso que cuelgan de troncos y ramas en descomposición





<b>Nombre:</b>	Fracturas y tala (Ft)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	Ruptura violenta de la continuidad del tronco o una rama, por acción de vientos fuertes, rayos o derribamiento por tala
<b>Zona de afectación:</b>	Área maderable
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Rhizophora mangle, Rhizophora spp, Avicennia germinans, Laguncularia racemosa,</i>
<b>Identificación en campo:</b>	Troncos y ramas astilladas y derribadas. Los tocones pueden rebotar o no.



<b>Nombre:</b>	Volcamiento (Vo)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	Caída del árbol por desprendimiento de la bola de raíces del suelo. Puede ser ocasionado por vientos fuertes, movimientos de tierra o debilitamiento del tronco y las raíces por enfermedades ocasionadas por insecto u hongos. Al caer árboles grandes puede ocasionar el volcamiento de otros individuos
<b>Zona de afectación:</b>	Área maderable
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Rhizophora mangle, Rhizophora spp, Avicennia germinans, Laguncularia racemosa,</i>
<b>Identificación en campo:</b>	Árboles caídos con la bola de raíz expuesta





<b>Nombre:</b>	Clorosis (Clo)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	Pérdida en la intensidad del color verde del limbo de la hoja o en una parte de ella (Duran <i>et al.</i> , 1998), debido a la producción deficiente o insuficiente de clorofila. Según la especie, el amarillamiento puede darse en toda la hoja y si persiste pueden aparecer zonas necróticas, especialmente en los bordes (Fernández <i>et al.</i> , 1994). Según su localización se denomina clorosis internerval, nerval, marginal o de mosaico (Arauz-Cavallini, 1998).
<b>Zona de afectación:</b>	Área foliar
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Avicennia germinans</i> , <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Laguncularia racemosa</i>
<b>Agente causal:</b>	Agentes ambientales: Deficiencias nutricionales (magnesio, hierro) (Cifuentes, 2006) y Falta de luz (Fernández <i>et al.</i> , 1994) Agentes biológicos: Hongos ( <i>Cercospora rhizophorae</i> , <i>Nigrospora sphaeric</i> , <i>Phytophthora</i> sp) (Creager, 1962; Osorio <i>et al.</i> , 2014) Agentes químicos: Contaminación con pesticidas
<b>Identificación en campo:</b>	Follaje con coloración verde pálido o amarillo. La despigmentación puede cubrir total o parcialmente la hoja. Pueden encontrarse manchas blanquecinas que preceden la necrosis del tejido



<b>Nombre:</b>	Defoliación (Def)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	Desprendimiento prematuro y masivo del follaje. Situación precedida por otros síntomas y que puede ocurrir en una etapa avanzada de una enfermedad (González, 1985) o por situaciones ambientales adversas. Este síntoma puede derivar en otro síntoma que se denomina "muerte ascendente", en el cual la defoliación inicia en las zonas adultas o parte baja del individuo y va avanzando hacia las zonas más jóvenes o copo
<b>Zona de afectación:</b>	Área foliar
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Avicennia germinans</i> , <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Laguncularia racemosa</i>
<b>Agente causal:</b>	Agentes ambientales: vientos fuertes, hipersalinización de aguas y suelos Agentes biológicos: hongos ( <i>Cercospora rhizophorae</i> , <i>Phytophthora</i> sp) e insectos ( <i>Cleora injectaria</i> , <i>Nephpteryx syntaractis</i> ) (Creager, 1962; Piyakarnchana, 1981; Osorio <i>et al.</i> , 2014). Agentes químicos: contaminación con hidrocarburos y pesticidas
<b>Identificación en campo:</b>	Ramas sin follaje, árbol con apariencia raquíctica





<b>Nombre:</b>	Herbivoria (Herb)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	<p>Consumo de una planta entera o de una porción (hojas, flores, frutos, raíces) por parte de un animal.</p> <p>La herbivoría necesariamente no conlleva a la muerte de la planta (Valverde <i>et al.</i>, 2005), pero si representa la pérdida de estructuras, generando efectos negativos, como la disminución de la actividad fotosintética, haciendo que la planta sea más vulnerable a enfermedades y por ende menos competitiva</p>
<b>Zona de afectación:</b>	Área foliar: hojas, flores y frutos
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Avicennia germinans</i> , <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Laguncularia racemosa</i>
<b>Agente causal:</b>	Agentes biológicos: Larvas de lepidópteros, coleópteros y homópteros ( <i>Junonia evarete</i> , <i>Petrusa marginata</i> , <i>Diphthera festiva</i> , <i>Dalceridae ingenita</i> , <i>Phyllocnistis spp</i> - minadores de hoja, <i>Cleora injectaria</i> , <i>Cenoloba oblitalis</i> , <i>Hyblaea puera</i> , <i>Destructor aspidotus</i> ) y crustáceos ( <i>Gecarcinus quadrata</i> , <i>Cardisoma crassum</i> y <i>Aratus sp</i> ) (Piyakarnchana, 1981; Tovilla-Hernández y Oriuela-Belmonte, 1999; Minchinton y Dalby-Ball, 2001; Kathiresan, 2003).
<b>Identificación en campo:</b>	Pérdida de los bordes o del interior de la hoja (forma de mordida) y minería o raspado de la hoja o la madera por acción de barrenadores



<b>Nombre:</b>	Manchas necróticas (Mn)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	Tejido muerto o necrótico que adquiere coloración parda oscura. Pueden aparecer en cualquier parte de la planta pero son más frecuentes en las hojas. Tiene forma circular, oval, anular o irregular, dependiendo de la planta, el patógeno y el lugar de afectación (Gonzalez, 1985). Estas lesiones tienen un alcance y tamaño auto-limitado, es decir que progresan hasta un grado determinado, aún en tejidos susceptibles y bajo condiciones favorables del ambiente.
<b>Zona de afectación:</b>	Área foliar
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Avicennia germinans</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Rhizophora mangle</i>
<b>Agente causal:</b>	Agentes biológicos: hongos ( <i>Cercospora rhizophorae</i> y <i>Phyllosticta hibiscina</i> ) (Creager, 1962; Osorio, 2014), bacterias y virus (Stakman y Harrar, 1968)
<b>Identificación en campo:</b>	Parches irregulares de color café, apariencia porosa, débiles al tacto y dispuestos de manera irregular en el limbo de la hoja





<b>Nombre:</b>	Hojas perforadas (Hp)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	Perforaciones o huecos sobre el limbo de las hojas, resultado de la desintegración del tejido y pérdida de la cutícula por herbivoría o necrosis. Estas lesiones poseen bordes carnosos bien definidos sin necrosis. Esta forma de reacción de la planta se conoce como hipersensibilidad (Argueda, 2008)
<b>Zona de afectación:</b>	Área foliar
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Avicennia germinans</i>
<b>Agente causal:</b>	Agentes biológicos: hongos
<b>Identificación en campo:</b>	Perforaciones con forma circular o irregular, con pérdida total o parcial de la cutícula. No debe confundirse con herbivoría tipo minería



<b>Nombre:</b>	Quistes (Qu)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	Este síntoma denota aquellas enfermedades en las que el patógeno, especialmente hongos y larvas de insectos, conllevan al crecimiento local descontrolado de células de la hoja e induce a la formación de nódulos de diferentes dimensiones. Estas masas o quistes son de forma oval, su color es más claro respecto a la hoja y son duros al tacto
<b>Zona de afectación:</b>	Área foliar
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Avicennia germinans</i>
<b>Agente causal:</b>	Agentes biológicos: hongos y larvas de insecto
<b>Identificación en campo:</b>	Pequeños bultos dispuestos de manera irregular sobre el haz de las hojas





<b>Nombre:</b>	Muerte Ascendete (MUAS)
<b>Tipo:</b>	Síntoma
<b>Generalidades:</b>	En el árbol se puede observar una muerte que empieza desde las zonas adultas y avanza hacia las zonas más jóvenes (UNALM, Sf). Una de las enfermedades con la cual está relacionado es con las pudriciones vasculares (Durán et al., 1998)
<b>Zona de afectación:</b>	Área maderable y foliar
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Rhizophora mangle</i>
<b>Identificación en campo:</b>	Las ramas o follaje presentan una apariencia seca que inicia desde las zonas adultas y va avanzando hacia las zonas más jóvenes
	



<b>Nombre:</b>	Hormigueros (Ho)
<b>Tipo:</b>	Signo
<b>Generalidades:</b>	Grupo de artrópodos (orden Hymenoptera) dominante y abundante en los ecosistemas de manglar, particularmente en bosque de <i>R. mangle</i> (Castaño-Meneses, 2012). Estos animales viven en grandes y complejas colonias, generan daños en la corteza y hojas de los árboles para construir sus nidos en los troncos o el suelo. Se alimentan de las secreciones azucaradas que produce la planta. A la fecha no se ha descrito un rol vectorial o patógeno específico, pero pueden transmitir diversas enfermedades al arrastrar microorganismos en su cuerpo o a través de las heridas que generan en la planta.
<b>Zona de afectación:</b>	Área maderable y foliar
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Rhizophora mangle</i> , <i>Rhizophora spp</i> , <i>Avicennia germinans</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> ,
<b>Identificación en campo:</b>	Nidos (hormigueros) e individuos deambulando sobre el árbol.



<b>Nombre:</b>	Termiteros (Ter)
<b>Tipo:</b>	Signo
<b>Generalidades:</b>	Grupo de artrópodos (orden Isoptera) abundantes en los manglares ( <i>Amitermes spp.</i> y <i>Heterotermes sp</i> ). Las termitas se alimentan de la celulosa que contiene la madera, gracias a un protozo simbionte. La madera que consumen la dejan sin consistencia y con apariencia de fibras secas (Chavez, 2006). El consumo de la madera y la construcción de los nidos genera un peso adicional y perdida de la estabilidad del árbol, con su consecuente derriboamiento
<b>Zona de afectación:</b>	Área maderable
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Rhizophora mangle</i> , <i>Rhizophora spp</i> , <i>Avicennia germinans</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> ,
<b>Identificación en campo:</b>	Nidos (termiteros) y galerías a lo largo del tronco y las ramas, que generalmente están comunicados con el suelo. Al tacto la madera se desmorona





<b>Nombre:</b>	Bejucos (Be)
<b>Tipo:</b>	Signo
<b>Generalidades:</b>	<p>En el trópico, los bejucos y las lianas determinan la estructura y composición de los bosques, aunque en bajo ciertas condiciones se pueden considerar malezas que perjudican el desarrollo y crecimiento de los árboles (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Los bejucos crecen a expensas de un árbol hospedero y se desarrollan sobre su tronco y follaje, limitando la captación de luz solar y ocasionando asfixia o estrangulamiento. Algunas especies de bejucos reportadas en bosques de manglar son <i>Rhabdadenia biflora</i> y <i>Dalbergia brownei</i> (Costa-Acosta et al., 2014)</p>
<b>Zona de afectación:</b>	Área maderable y foliar
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Rhizophora mangle</i> , <i>Rhizophora spp</i> , <i>Avicennia germinans</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> ,
<b>Identificación en campo:</b>	Bejucos entorchados sobre el árbol de manglar



<b>Nombre:</b>	Insecto escama (Ie)
<b>Tipo:</b>	Signo
<b>Generalidades:</b>	<p>Individuos con tamaño &lt;1 mm, su tórax está recubierto con una capa blanca, posee 6 patas y 3 antenas y su aparato bucal se asemeja a un punzón. Estos insectos se alimentan del envés de la hoja aunque también se pueden encontrar sobre ramas y frutos. Forma congregaciones con poblaciones muy altas y genera secreciones con apariencia de polvillo blanco, lo que puede generar confusión con enfermedades fúngicas (Kondo et al., 2012)</p>
<b>Zona de afectación:</b>	Área maderable y foliar
<b>Especies afectadas:</b>	<i>Rhizophora mangle</i>
<b>Identificación en campo:</b>	Polvillo blanco sobre la zona afectada. Los individuos sólo es posible observarlos con estereoscopio





Anexo 3 Ayuda de memoria. Taller “Validación de las especies de aves que pueden considerarse indicadoras del estado de salud del ecosistema de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta”

		AYUDA DE MEMORIA			Nº 1		
					Fecha		
					Día	Mes	Año
Hora		9:00 AM – 5:00 PM			31	10	2019
Lugar		Aula 2		Próxima reunión	-	-	-
ASISTENTES							

Nº	Cargo	Nombre	Institución
1	Jefe Línea RAE	Jenny Alexandra Rodríguez	INVEMAR
2	Jefe Línea ODI	Diana Isabel Gomez	INVEMAR
3	Investigador Científico	Luisa Francisca Cardona	INVEMAR
4	Investigador Científico	Maria Mutis	INVEMAR
5	Investigador Científico	Ana Maria Sierra	INVEMAR
6	Investigador Científico	Julián Beltrán	INVEMAR
7	Investigador Científico	Margarita Dussan	INVEMAR
8	Investigador Científico	Richard Johnston	INVEMAR, Laboratorio de Ornitología de Cornell y Calidris
9	Investigador Científico	Carlos Ruiz	Calidris
10	Investigador Científico	Yessi García Luna	PNN VIPIS
11	Investigador Científico	Omar Gutiérrez Palacio	PNN VIPIS
12	Investigador Científico	Rebeca Franke	PNN Dirección Territorial

ORDEN DEL DIA

Nº	Temática	Responsable
1	<b>PRESENTACIÓN DEL TALLER Y DE LOS CONVENIOS DE ASOCIACIÓN NO 40 DE 2014 Y NO 16 DE 2016.</b>	Julián Beltran
2	Presentación sobre los muestreos de aves y las metodologías de muestreo que ha realizado el INVEMAR	Maria Mutis



Nº	Cargo	Nombre	Institución
3	Presentación sobre las estaciones usadas para buscar que aves se pueden usar como indicador de salud en la CGSM. Se mostraron los resultados sobre la estructura de manglar y sobre la composición de aves en cada estación.	Luisa Cardona	
4	Explicación de la actividad a realizar y selección de las posibles especies a usar como indicadoras de la salud del manglar en la CGSM.	Investigadoras INVEMAR y expertos invitados.	

Nº

**Desarrollo de las temáticas**

Un representante del programa CAM, Julián Beltrán, da inicio a la reunión haciendo una presentación sobre los monitoreos que ha realizado el INVEMAR en la CGSM y los parámetros del ecosistema de manglar que se han evaluado dentro de estos: estructura, fisicoquímicos, regeneración natural, fitopatologías, avifauna y coberturas. También 1 explica los convenios existentes con CORPAMAG dentro de los cuales hacen parte las actividades de monitoreo del manglar y las aves: Convenio 40 de 2014 y 16 de 2016. Se proyecta un mapa para mostrar las estaciones de monitoreo históricas: Rinconada, Caño Grande, Kilometro 22, Aguas Negras, Luna y Sevillano y se habla de las metodologías llevadas a cabo durante los monitoreos. Se mostró una gráfica con los cambios históricos en la salinidad y la cobertura, en la cual se evidenció el aumento en la cobertura del manglar cuando la salinidad disminuye, lo que generalmente se asocia a la apertura de caños que permiten un intercambio adecuado entre los tributarios, el agua de mar y el complejo cenagoso. Finalmente se habló del Indicador de integridad biológica del manglar (IBIm) para la CGSM, el cual muestra el estado del manglar de acuerdo a sus atributos estructurales, funcionales y de salud. De manera general se mostraron los resultados de este indicador para las estaciones de monitoreo de manglar en el área para la escala temporal 2004-2019.

Por parte del programa BEM, María Mutis, hace un recuento de los monitoreos de aves en la CGSM realizados por el INVEMAR desde el 2016. Se explican las metodologías que se han usado para dichos monitoreos. Siendo para el 2016 radio fijo, para 2017 censos visuales, y para 2018 y 2019 radio fijo y búsqueda intensiva. Se habló acerca de las estaciones en las que se ha realizado el monitoreo de aves, las cuales incluyen estaciones en el ecosistema de manglar (Rinconada, Aguas Negras, Caño Grande y Luna) y estaciones ubicadas en la carretera (Km 19, Km 23, Km 39 y Km 49). Para 2016 y 2017 la mayoría de las estaciones correspondían a las de la carretera, mientras que para el 2018 se incorporó la mayoría de las estaciones correspondientes al ecosistema de mangla, las cuales se mantuvieron para el 2019. Para finalizar se habló acerca de los datos que se toman a partir del monitoreo del 2019.

Por otra parte, Luisa Cardona, del programa BEM, habló acerca del uso de las aves como indicadores biológicos gracias a que ocupan altos niveles en las redes tróficas, a su capacidad para movilizarse de acuerdo a las condiciones y a que son conspicuas y relativamente fáciles de cuantificar, entre otros. También expuso las precauciones que



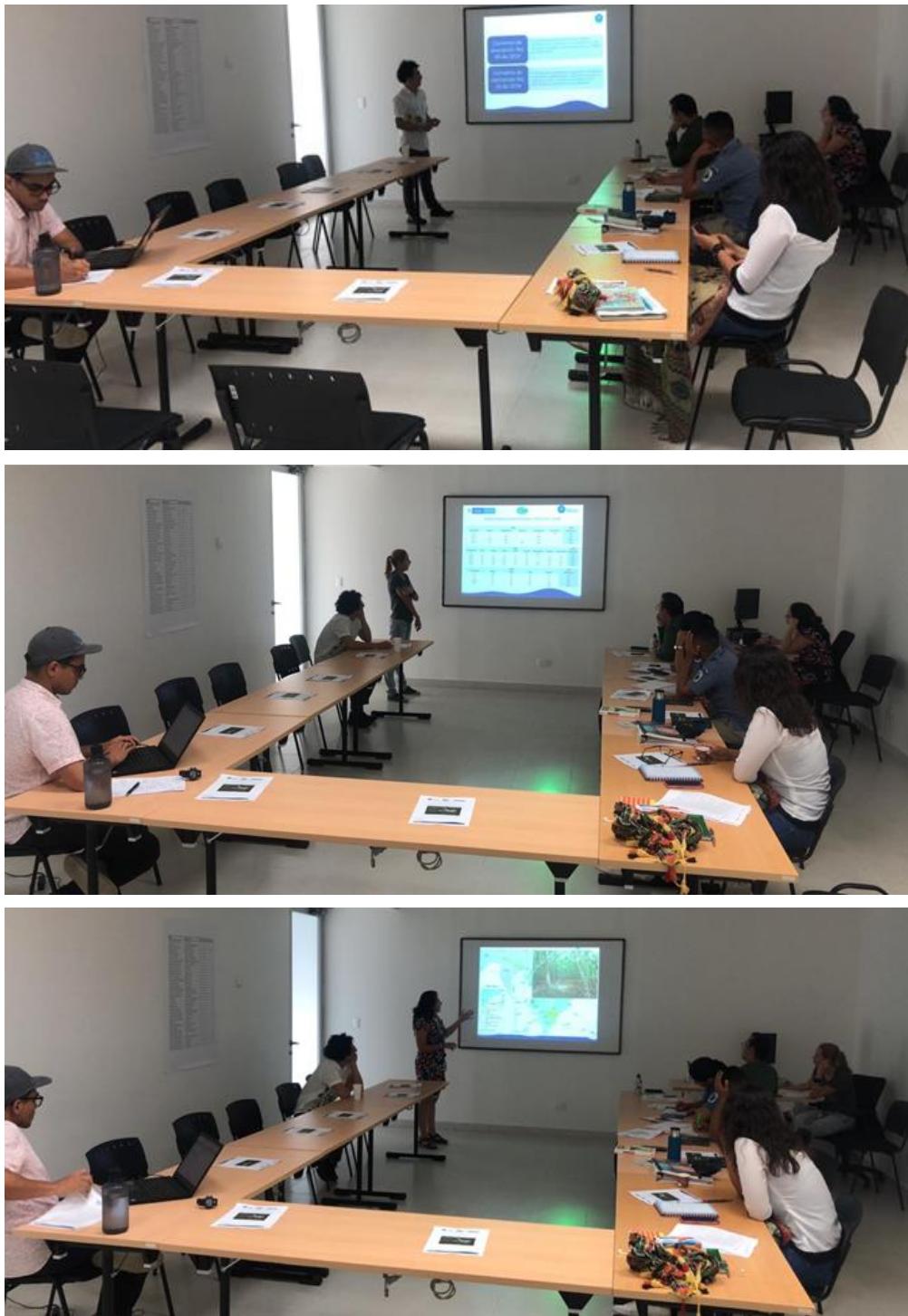
- deben tenerse al usarlas. Se mostraron fragmentos de dos artículos científicos que se usaron como guía para la selección de las especies: Waterbirds as indicators of ecosystem health in the coastal marine habitats of Southern Florida: 2. Conceptual ecological models de Ogden *et al.* (2014) y The effect of mangrove restoration on avian assemblages of a coastal lagoon in southern Mexico de [Canales Delgadillo et al 2019](#). Posteriormente se habló acerca de las estaciones que se eligieron para la selección de las especies de aves, para lo cual se descartaron aquellas estaciones ubicadas en la carretera, ya que en estas se observa una gran cantidad de aves playeras que no son características del ecosistema de manglar. De acuerdo a esto las estaciones seleccionadas fueron: Rinconada, Aguas Negras, Caño Grande y Luna. Finalmente se mostraron los resultados de la estructura del manglar y la composición de aves para las estaciones.
- Se da inicio a la actividad del taller, para ello se imprimió en tamaño poster una lista de especies de aves del 2018, con la idea de que cada uno de los invitados seleccionara las 10 especies que podrían considerarse como indicadoras de salud del manglar. Cuando los invitados empiezan a analizar la lista, llegan a la conclusión de que aún es un poco prematuro definir las especies indicadoras, de acuerdo a la información disponible. A partir de lo cual se hizo una aproximación teniendo en cuenta los gremios tróficos y la preferencia a buenas coberturas de bosque. Se propusieron como Ictiófagos: *Tigrisoma mexicanum* (que a su vez tiene preferencia por buenas coberturas boscosas), *Ardea cocoi* (que requiere arboles altos para anidar), y *Mycteria americana*. Como insectívoros: *Setophaga petechia* (que anida en el manglar), *Conirostrum bicolor* (residente, exclusiva del manglar) y *Piaya cayena* (larvas). Como invertebradívoros: *Buteogallus antracinus* y *Eudocimus albus*. Finalmente, a *Amazona amazónica* ya que hace uso del manglar para descansar. Paralelo al ejercicio se proyectaron las listas de aves de años anteriores y las registradas para julio del 2019, dentro de lo cual se habla de *Tigrisoma fasciatum* como un posible error de identificación. Los investigadores Carlos Ruiz y Richard Johnston realizan una serie de recomendaciones y modificaciones sobre la metodología aplicada, con el fin de que la misma sea replicable en el tiempo y de que las estaciones sean comparables entre sí. Dentro de las recomendaciones se sugiere tener en cuenta el establecimiento de uno o varios transectos para cada estación sobre el cual se mantendrán puntos fijos de observación. También se sugirió que el transecto tenga una longitud determinada y que sea la misma para todas las estaciones; que los puntos fijos estén georreferenciados y ubicados a la misma distancia entre sí; y que el tiempo de observación en cada punto sea el mismo (entre 5 y 10 minutos, tiempo por determinar). Se mencionó que la hora de observación para cada estación deberá ser la misma, a este respecto el horario de muestreo se mantendrá, siendo ejecutado en las primeras 4 horas del día desde el amanecer. También se concluyó que lo ideal es que las observaciones de la avifauna se realicen mínimo dos veces al año, en cada una de las épocas climáticas. Asimismo, se propuso que la identificación este apoyada, además de la observación visual y fotográfica, por la identificación auditiva. A lo largo del taller se discutieron posibles alianzas, con el fin de unir esfuerzos, entre Calidris, Parques Nacionales e INVEMAR, en lo posible que las metodologías de las distintas instituciones sean similares para que los resultados obtenidos por las distintas instituciones sean comparables. Calidris tiene planeados unos talleres con parques en los que se consideró oportuna la asistencia y participación del INVEMAR. Durante el taller, Rebeca Franke, funcionaria de Parques, hace



una intervención en relación al significado de la palabra *monitoreo*, ya que en Parques tiene otras implicaciones en las que más allá de un conteo de especies a lo largo del tiempo, “busca verificar el éxito de las acciones de manejo y conservación”. También, Richard Johnston, de Cornell/Calidris/INVEMAR mencionó la oportunidad de complementar la búsqueda de grupos indicadores de aves de manglar usando bases de datos e información secundaria que tienen amplia cobertura histórica y geográfica en la ecorregión CGSM, como por ejemplo: Ebird y GBIF.



## Apéndice 1: Fotografías del taller.





**Apéndice 2:** Lista de asistentes al taller taller “Validación de las especies de aves  
que pueden considerarse indicadoras del estado de salud del ecosistema de manglar  
de la Ciénaga Grande de Santa Marta”

Registro de asistencia a eventos con invitados externos / Attendance record							FT - COM-15 Versión: 4
No.	Nombre completo / Full name	Documento de Identidad / ID	Cargo / Position	Entidad / Organization	Teléfono / Phone	Correo electrónico / E-MAIL.	Firma / Signature *
1	Carlos Ruiz	8005299	Floricultor Coordinador Proyectos	PNM - VIPES	3155342496	Grijalba Caldas, 5050	
2	Jesús Gómez Luna	1063018481	Progresivo	PNN - VIPES	3126411736	García y 1907@minambiente.gov.co	
3	Omar Gómez Palacio	81568602	Operario	PNN Vipís	3224070096	Omarjosegomez@minambiente.gov.co	
4	Laura Núñez	1026267250	Inv. MUSEO	INVEMAR	31932614881	mariela.nunez@invemar.org.co	
5	Narciso Díaz San	1082099331	Investigador CN	INVEMAR	3106603183	narciso.diaz@invemar.org.co	
6	Ann María Soria	1032653391	Investigadora CN	INVEMAR	3136366117	ana.soria@invemar.org.co	
7	Richard Johnston	4437250	Invitado	Connell/Invemar	31065101306	richard.johnston@connell.edu	
8	Diego J. Correa L.	52023895	Inv. ODII	INVEMAR	3006177229	dianacorrea@invemar.org.co	
9	Kebae Frank A.	31840089	Prof. E.I.P.	INVEMAR	3012018160	gimena.diaz@invemar.org.co	
10	Luisa Francisca Cardona	1032438199	Investigador	INVEMAR	30026559429	luisa.cardona@invemar.org.co	
11	Alejandra Pachón	30180891667	Jefe IAC	INVEMAR	31651800028	alejandra.pachon@invemar.org.co	
12	Julian Beltran	10223291055	Sus. Coordinador	Invemar	3013159400	julian.beltran@invemar.org.co	
13							
14							
15							

(i)Normatividad: Ley 1581 de 2012 respecto a la protección, tratamiento y manejo de datos personales y sus Decretos Reglamentarios. / Regulations: Law 1581 of 2012 regarding the protection, treatment and handling of personal data and its regulatory decrees.