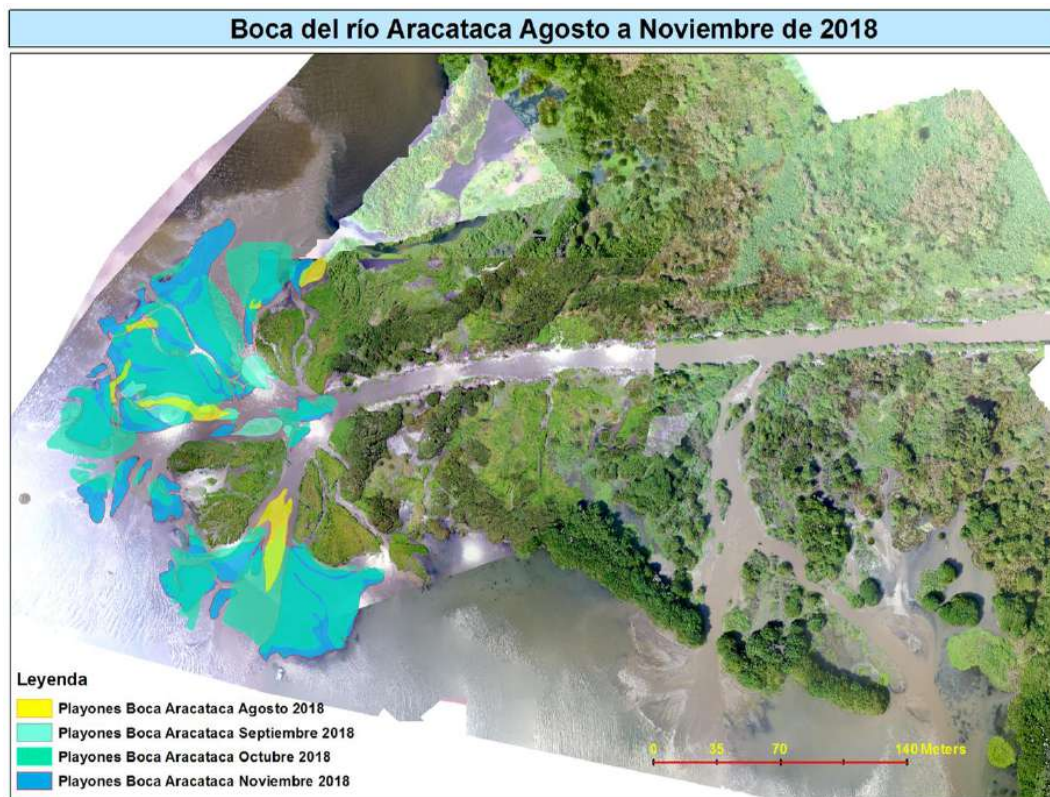




CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 209 DE 2017 PRY-GEO-018-17

Estudio integral de la Ciénaga Grande de Santa Marta - Fase II (B): modelaciones hidráulica, hidrosedimentológica y biogeoquímica



Informe técnico final (ITF)

Santa Marta, Diciembre 7 de 2018

Convenio CORPAMAG-INVEMAR 209

CUERPO DIRECTIVO

Director

Francisco Armando Arias Isaza

Subdirector Coordinación de Investigaciones (SCI)

Jesús Antonio Garay Tinoco

Subdirectora de Recursos y Apoyo a la Investigación (SRA)

Sandra Rincón Cabal

Coordinadora

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

Paula Cristina Sierra Correa

Coordinador

Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

David Alonso Carvajal

Coordinador

Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos Vivos (VAR)

Mario Rueda Hernández

Coordinadora

Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

Luisa Fernanda Espinosa Díaz

Coordinadora

Programa de Geociencias Marinas (GEO)

Constanza Ricaurte Villota

Coordinador Servicios Científicos (CSC)

Julián Mauricio Betancourt

Programa Geociencias Marinas y Costeras (GEO)

Constanza Ricaurte Villota

Martha Bastidas Salamanca

Francisco Javier Briceño Zuluaga

Fabián Mauricio Caicedo Carrascal

Julián Dario Arbeláez Salazar

César García Llano

Claudia Correa Rojas

Andrés Ordóñez Zúñiga

Juan Sebastián Ponce

Magnolia Murcia Riaño

Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

César Augusto Bernal

Yoselin Nieto Gil

Imagen portada: Mosaicos de imágenes tomadas a 80 m de altura en diferentes meses del año 2018 en la boca del río Aracataca.



El INVEMAR, realiza investigación básica y aplicada de los recursos naturales renovables y del medio ambiente en los litorales y ecosistemas marinos y oceánicos de interés nacional con el fin de proporcionar el conocimiento científico necesario para la formulación de políticas, la toma de decisiones y la elaboración de planes y proyectos que conduzcan al desarrollo de éstas, dirigidos al manejo sostenible de los recursos, a la recuperación del medio ambiente marino y costero y al mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos, mediante el empleo racional de la capacidad científica del instituto y su articulación con otras entidades públicas y privadas.

Calle 25 No. 2 -55 Playa Salguero – Rodadero, Santa Marta, Colombia. PBX: (57) (5) 4328600

Fax: (57) (5) 4380801, <http://www.invemar.org.co>

CLÁUSULA DERECHOS DE AUTOR

"De acuerdo con la Decisión Andina 351 de 1993, Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993 y demás normas modificatorias, complementarias y concordantes la presente propuesta de carácter científico goza de protección legal, siendo el INVEMAR el único titular de los derechos patrimoniales de autor, por lo que tiene el control sobre cualquier forma de utilización y ostenta la facultad exclusiva para autorizar o prohibir cualquier explotación que sobre la obra se realice, incluyendo la reproducción, comunicación, distribución pública, traducción, adaptación, arreglo o cualquiera otra forma de la obra. Por todo lo anterior para su utilización se requerirá autorización previa y expresa, no requerirá autorización para el ejercicio del derecho de cita en las reproducciones parciales para lo cual se deberá indicar expresamente la fuente y la autoría de INVEMAR"

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS	10
GENERAL	10
ESPECÍFICOS	10
3. FLUJOS DE AGUA: CONDICIÓN ACTUAL Y ESCENARIOS (CLIMÁTICOS Y NUEVAS APERTURAS)	11
ANEXO 3.1. MODELO DE BALANCE HÍDRICO Y MODELO HIDRO-SEDIMENTOLÓGICO DEL COMPLEJO CENAGOSO DE LA CGSM PARA CONDICIÓN ACTUAL Y ESCENARIOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA.	11
ANEXO 3.2. MODELO HIDRODINÁMICO PARA LA CONDICIÓN ACTUAL Y ESCENARIOS (CLIMÁTICOS Y NUEVAS APERTURAS).....	12
4. MONITOREO HIDRO-SEDIMENTOLÓGICO	14
4.1. INTRODUCCIÓN.....	14
4.2. METODOLOGÍA	15
4.2.1 Monitoreo hidrológico.....	15
4.2.2. Variabilidad temporal y espacial del Flujo de Masa Total (FMT).....	17
4.2.1.1. UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO.	17
4.2.1.2. FASE PRE-CAMPO.....	18
4.2.1.3. FASE DE CAMPO.	19
4.2.1.4. FASE DE LABORATORIO:.....	20
4.2.1.5. CALCULO DEL FLUJO DE MASA TOTAL (FMT).....	21
4.3. RESULTADOS.....	21
4.4 CONCLUSIONES	50
4.5 RECOMENDACIONES.....	51
5 EVALUACIÓN DE NUTRIENTES Y BALANCES BIOGEOQUÍMICOS	52
5.1 INTRODUCCIÓN.....	52

	4
5.2 METODOLOGÍA	52
5.3 RESULTADOS.....	56
5.4 CONCLUSIONES.....	64
6 TALLERES DE SOCIALIZACIÓN.....	66
TALLER 1: FEBRERO 28 DE 2018	66
TALLER 2: ABRIL 23 DE 2018	67
TALLER 3: JUNIO 15 DE 2018.....	69
TALLER 4: AGOSTO 30 DE 2018.....	72
TALLER 5: NOVIEMBRE 01 DE 2018	75
TALLER FINAL: NOVIEMBRE 27 DE 2018.....	77
7 REFERENCIAS.....	82

Índice de Figuras

Figura 4-1. Área de estudio: ubicación de los transectos para la medición de caudales, miras de nivel y estaciones puntuales para la toma de muestras de agua para la determinación de sólidos suspendidos totales en el complejo lagunar CGSM.	16
Figura 4-2. Diagrama de la metodología seguida durante el muestreo de sedimentos a partir del uso de trampas de sedimento en la CGSM.	17
Figura 4-3. Mapa de localización de las trampas de sedimento. Se puede observar que los puntos de muestreo se ubicaron en zonas donde la batimetría ofrecía las mejores condiciones, procurando tener una malla homogénea que cubriera gran parte de la CGSM.	18
Figura 4-4. Diseño de trampa. Se observa el cilindro de PVC dentro del cual se coloca el recipiente y el embudo que recolectará el material sedimentario.....	19
Figura 4-5. Instalación de trampas a) Lanzamiento de disco Secchi para medir profundidad de zona afótica. b) Preparación de recipientes con solución preservante y c) Ubicación de trampa en zona de anclaje.....	19
Figura 4-6. Procedimiento de laboratorio para obtener la masa del sedimento que se depositó en el recipiente.	20
Figura 4-7. Proceso de centrifugado de la muestra para concentrar los sedimentos y realizar la medición del flujo de masa total (FMT). a) Tubos falcon con 25 ml de muestra de sedimento, b) Proceso de centrifugado y c) Producto del proceso.....	21
Figura 4-8. Caudales instantáneos (m ³ /s) en la boca de La Barra durante marzo 2017-agosto 2018. Los valores negativos indican flujo del mar a la ciénaga y los positivos de la ciénaga al mar.	22
Figura 4-9 Nivel de la marea durante octubre-noviembre de 2017 (a) y febrero de 2018 (b) cuando fueron realizadas las mediciones de caudales en la boca de La Barra.....	23
Figura 4-10. Caudales instantáneos (m ³ /s) sobre el río Sevilla en la cuenca baja y la desembocadura durante el periodo marzo 2017 - agosto 2018.	23
Figura 4-11. Imágenes (a y b) panorámicas tomadas desde 80 m de altura, (a) Boca del río Sevilla y (b) recorrido final del río Sevilla hacia la Ciénaga totalmente obstruido por dos especies de vegetales c) <i>Eichornnia crassipes</i> y d) <i>Pistia Striatotes</i>	24
Figura 4-12. Mosaicos de imágenes tomadas a 80 m de altura en diferentes meses del año 2018, en la conexión entre la boca del río Aracataca y la CGSM. Se observa el crecimiento de los playones de sedimentos (polígonos de colores) que impide el ingreso de lanchas y canoas a la boca del río.	25
Figura 4-13. Caudales del río Aracataca en la estación "Aracataca abajo" donde se observan valores de crecientes súbitas mayo y septiembre del año 2018.....	26

- Figura 4-14. Caudales instantáneos (m³/s) sobre el río Fundación en la cuenca media, baja y la desembocadura durante el periodo marzo 2017- agosto 2018.27
- Figura 4-15. Detalle del estado de la conexión entre el río Fundación y la ciénaga; se resalta con flechas de color amarillo la ubicación de la vegetación jacinto de agua, flor de bora (*Eichornnia crassipes*) en las costados de la boca del río.27
- Figura 4-16. Caudales instantáneos (m³/s) en el río Ají en el periodo marzo 2017- noviembre 2018.....28
- Figura 4-17. Fotografías del estado de la conexión entre el río Ají y la ciénaga en los meses de julio (a) y agosto (b). Se observa vegetación jacinto de agua, flor de bora (*Eichornnia crassipes*).29
- Figura 4-18. Caudales instantáneos (m³/s) sobre el caño Clarín en los sectores de Los Cocos, Box Culvert (Km 14) y su desembocadura durante el periodo marzo 2017- noviembre 2018.....30
- Figura 4-19. Vista aérea de la ubicación de la estación de compuertas del caño Aguas Negras Arriba, donde se logra apreciar el desvío del canal (línea café punteada), con el cual se mantiene un flujo continuo de aguas del río Magdalena hacia el canal que lleva las aguas hacia Boca Aguas Negras.....31
- Figura 4-20. Caudales instantáneos (m³/s) sobre el caño Aguas Negras durante el periodo marzo 2017- noviembre 2018.32
- Figura 4-21. Imágenes de la máquinas y zona donde se estuvo realizando el dragado en el Caño Aguas Negras, en el Sector de Pajarales – Nueva Venecia (a, b y c), la imagen (d) detalla los lugares donde se ubicaron sedimentos del dragado y que podrán reincorporarse si ocurre crecientes súbitas en Caño Aguas Negras.....32
- Figura 4-22. Caudales instantáneos (m³/s) sobre el caño Grande durante el periodo marzo 2017- mayo 2018.33
- Figura 4-23. Caudales instantáneos (m³/s) sobre el caño Renegado durante el periodo marzo 2017- agosto 2018.....34
- Figura 4-24. Ubicación de la estación Renegado sobre un costado del río Magdalena, se observa el canal de acceso de las aguas y como se encuentran obstruido por restos vegetales, residuos sólidos que son arrastrados hasta la bocas del sistema de compuertas de paso de estación Renegado.....34
- Figura 4-25. Detalle de restos vegetales, residuos sólidos en la zona de compuertas de la estación Renegado.35
- Figura 4-26 Detalle del paso del agua por estación Renegado hacia la ciénaga, en octubre de 2018.....35
- Figura 4-27. Histograma con los resultados de flujo de masa total (FMT en g/m²*día) de cada trampa de sedimento instalada entre el mes de febrero y septiembre de 2018.36

Figura 4-28. Representación espacial y temporal de los FMTs de febrero a septiembre (A - H).	38
Figura 4-29. a) Mapa de interpolación del promedio de FMT para la serie de tiempo desde febrero a septiembre. b.)Gráfico de caja y bigotes con los valores de media, cuartiles 25 y 75, desviación estándar y valores extremos fuera de los cuartiles (puntos negros).	39
Figura 4-30.Comparación entre a.) FMT promedio para el periodo comprendido entre febrero – septiembre de 2018 b.) Media de la precipitación mensual acumulada entre 1981 - 2010; en detalle (puntos) se muestra la precipitación acumulada por mes para el presente año (datos IDEAM) y c.) Promedio de la velocidad y dirección del viento superficial en la CGSM (promedios semanales del producto intercalibrado de vientos sobre el mar CCMP L3.0 entre 1987 y 2015 (Cross-Calibrated, Multi-Platform Ocean Surface Wind Velocity).	41
Figura 4-31. Serie de tiempo de los sólidos suspendidos totales (SST) en el sector norte del complejo lagunar CGSM.	43
Figura 4-32. Serie de tiempo de los sólidos suspendidos totales (SST) en el sector sur del complejo lagunar CGSM.	44
Figura 4-33. Serie de tiempo de los sólidos suspendidos totales (SST) en el sector de Pajarales del complejo lagunar CGSM.	45
Figura 4-34. Serie de tiempo de los sólidos suspendidos totales (SST) en el sector de Pajarales, estación S20, S21 y caño Aguas Negras del complejo lagunar CGSM.	46
Figura 4-35. Sólidos Suspendidos Totales ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) para los meses de enero-julio de 2018 en la Ciénaga Grande de Santa Marta.....	48
Figura 4-36. Transparencia (cm) para los meses de enero-julio de 2018 en la Ciénaga Grande de Santa Marta.....	50
Figura 5-1. Contraste de las estaciones Monitoreo CGSM (Pajarales y Salamanca) - CORPAMAG 209.....	iError! Marcador no definido.
Figura 5-2. Estaciones propuestas a incluir en el monitoreo al menos 3 veces del año.	iError! Marcador no definido.

1. Introducción

Desde el año 2015, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR, en conjunto con otras entidades, ha aunado esfuerzos técnicos y financieros para adelantar estudios físicos que permitan tener información ambiental actualizada para la toma de decisiones frente a las problemáticas y el desequilibrio en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). En el 2015 se realizó el levantamiento batimétrico del espejo de agua principal de la CGSM (INVEMAR-Colciencias, 2015) y se realizaron las primeras mediciones de caudales y turbidez (INVEMAR-GEO, 2015). En ese mismo año fueron adquiridos núcleos de sedimento en sectores representativos de la ciénaga y fueron descritos algunos en cuanto a su estratigrafía y composición.

Posteriormente en el año 2016 y dada la importancia de los estudios físicos, se planteó el “Estudio Integral de la Ciénaga Grande de Santa Marta” y se aunaron esfuerzos con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) para desarrollar la Fase I del estudio, titulada “*Caracterización topo-batimétrica de la Ciénaga Grande de Santa Marta con énfasis en el complejo de Pajarales*” (INVEMAR-MADS, 2016), el cual permitió adquirir un modelo topográfico de alta resolución espacial de toda la ecorregión CGSM e iniciar el levantamiento batimétrico en el complejo de ciénagas de Pajarales. Ese mismo año se dio continuidad a las mediciones de caudales y turbidez en épocas climáticas contrastantes, fueron descritos los núcleos restantes adquiridos en el 2015 y se realizó el primer ejercicio de balance de aguas y sales para la CGSM (INVEMAR-GEO, 2016).

En el año 2017 se sumaron esfuerzos entre INVEMAR, MADS y Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN) para realizar la Fase II (parte A) del Estudio Integral, titulada “*Caracterización y diagnóstico topobatimétrico, sedimentológico e hidrológico de la CGSM e implementación de modelo hidrológico*”, cuyos principales productos fueron la elaboración del modelo topobatimétrico para la ecorregión, la primera aproximación al modelo hidrológico y la datación de los núcleos adquiridos en 2015. Durante este proyecto se dio continuidad a las mediciones de caudales iniciadas por INVEMAR-GEO (2015, 2016) y se establecieron como monitoreo mensual desde el mes de julio de 2017. Así mismo, fueron instaladas miras de nivel (reglas) para el registro manual del nivel del agua en los principales tributarios y caños que desembocan al espejo de agua principal de la CGSM, actividad que a la fecha es realizada con el apoyo de “observadores” de la zona. En ese mismo año se continuó con el ejercicio de balance de agua y sales y se incluyó el complejo de Pajarales para caracterizar su conexión hidro-sedimentológica con el espejo de agua principal (INVEMAR-GEO, 2017).

Teniendo en cuenta toda la información adquirida y procesada durante los estudios anteriores, a finales del 2017 se identificó junto con la Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG), que la mayor incertidumbre acerca de la dinámica actual de la CGSM corresponde a la falta de conocimiento sobre los flujos de agua actuales debido al intrincado y complicado sistema de lagunas, ciénagas y caños que comprende el complejo lagunar. Esto llevó al inicio de la Fase II (parte B) del Estudio Integral, la cual comprende la implementación de modelos para el complejo lagunar, entre los que se incluyen modelos numéricos (hidráulico e hidrosedimentológico) y de balances (biogeoquímico). Para la

implementación de los mismos, ha sido necesario dar continuidad al monitoreo mensual de caudales, niveles y turbidez en la zona.

Los resultados obtenidos hasta la fecha han permitido identificar que existe una heterogeneidad en cuanto a la dispersión de sedimentos vinculada con procesos hidrológicos y sedimentológicos. Indagar en el conocimiento de estos procesos permite disminuir la incertidumbre y mejorar los insumos a la hora de tomar decisiones sobre el manejo de este importante complejo lagunar. Así mismo y apuntando a obtener información sobre la dinámica sedimentaria en la columna de agua, se han realizado experimentos de monitoreo con trampas de sedimento. De la misma manera y en concordancia con la importancia ambiental de la zona, se está desarrollando un componente de nutrientes (modelo biogeoquímico) ha sido incluido como aporte a la caracterización integral de este importante ecosistema lagunar.

La modelación de la condición actual de la CGSM está contemplada para el periodo agosto 2017 / agosto 2018, tiempo en el que se han obtenido mediciones diarias de niveles en los diversos caños y ríos que confluyen al sistema cenagoso y en el cuerpo de agua mismo, siguiendo el protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua propuesto por IDEAM bajo recomendaciones y estandarizaciones de la OMM, realizando dos lecturas de niveles, una a las 6 a.m. y otra a las 6 p.m. Adicionalmente, se han realizado campañas de medición de caudales que han permitido obtener las curvas de gastos de cada sección o estación hidrométrica. En este informe se presenta una primera aproximación de las curvas de gastos para los ríos Fundación, Aracataca y Sevilla en su parte baja; es decir, después de la zona agrícola.

De otro lado, los escenarios de variabilidad climática se han caracterizado mediante el análisis de anomalías y determinación de fases de humedad en las estaciones estudiadas, las cuales se han identificado mediante el desarrollo de curva de diferencias integrales (CDI), tal que se han podido identificar los periodos extremos en el que el ecosistema ha estado amenazado. Posteriormente se ha realizado la asociación de la anomalía con los diversos índices océano-atmosféricos con el objetivo de determinar correspondencia entre eventos extremos, tipo ENSO.

2. Objetivos

General

Aunar esfuerzos técnicos y financieros entre el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR y la Corporación Autónoma Regional del Magdalena – CORPAMAG, para desarrollar temas de investigación de especial interés en la Ciénaga Grande de Santa Marta, relacionados con el modelo hidráulico, hidrodinámico y sedimentológico.

Específicos

1. Describir los flujos de agua actuales de los caños conectores entre el río Magdalena y el complejo de ciénagas de la ecorregión CGSM para épocas climáticas contrastantes y bajo el escenario de apertura de nuevos canales.
2. Analizar la hidrodinámica y la dispersión de sedimentos en la ecorregión bajo diferentes escenarios climáticos, de aportes de tributarios y condiciones de marea.
3. Realizar los balances biogeoquímicos a partir de información primaria y secundaria, para la ecorregión CGSM.
4. Realización de talleres de trabajo con el avance del proyecto.

3. Flujos de agua: condición actual y escenarios (climáticos y nuevas aperturas)

Anexo 3.1. Modelo de balance hídrico y modelo hidro-sedimentológico del complejo cenagoso de la CGSM para condición actual y escenarios de variabilidad climática.

La modelación de la condición actual de la CGSM fue contemplada para el periodo agosto 2017 / agosto 2018, tiempo en el que se obtuvieron mediciones diarias de niveles en los diversos caños y ríos que confluyen al sistema cenagoso y en el cuerpo de agua mismo (monitoreo hidrológico de caudales y niveles), siguiendo el protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua propuesto por IDEAM bajo recomendaciones y estandarizaciones de la Organización Meteorológica Mundial y realizando dos lecturas de niveles: una a las 6 a.m. y otra a las 6 p.m. Adicionalmente y empleando los datos del monitoreo, se obtuvieron las curvas de gastos de cada sección y se presenta una primera aproximación de las curvas de gastos para los ríos Fundación, Aracataca y Sevilla en su parte baja, así como para los caños Clarín Nuevo y Aguas Negras por el costado occidental de la CGSM. Se menciona que es una primera aproximación, puesto que es importante continuar con el monitoreo para tener una curva más ajustada y que incluya más épocas.

Los escenarios de variabilidad climática se caracterizaron mediante el análisis de anomalías y determinación de fases de humedad en las estaciones estudiadas. Estas fases se identificaron mediante el desarrollo de curva de diferencias integrales (CDI), las cuales permiten identificar los periodos extremos en el que el ecosistema ha estado amenazado. Posteriormente se asoció la anomalía, las diferencias integrales y la precipitación con los diversos índices océano atmosféricos (IOA) con el objetivo de determinar correspondencia entre eventos extremos, tipo ENSO.

Los resultados del balance hídrico se consideran satisfactorios, dado que dicho modelo representa en términos medios y bajos el comportamiento hidráulico del sistema cenagoso. Se espera que estos junto con el modelo hidrodinámico de la CGSM, sean herramientas para la toma de decisiones en cuanto a la pertinencia y conveniencia de dragar canales internos para dulcificar algunas zonas del complejo cenagoso, máxime si estas derivaciones se plantean sin considerar escenarios reales como el viaducto de la doble calzada Ciénaga – Barranquilla (kilómetro 19), en el cual se consideraría un nuevo punto de intercambio (mar-ciénaga), similar al de Bocas de la Barra en cuanto a dinámica hídrica.

El modelo de balance hídrico debe estar en una actualización periódica toda vez que los caños El Burro y El Salado, se presentan en la topología como futuras entradas al modelo de balance, en la actualidad su adecuación está en proceso y no se han aperturado sus bocas desde el río Magdalena. Con respecto a la oferta real de los ríos que drenan de la Sierra Nevada de Santa Marta y que finalmente confluyen por el costado oriental de la CGSM una vez irrigan la zona bananera (Fundación, Aracataca y Sevilla), cobra vital importancia

para el proyecto la continuidad en las mediciones (nivel – caudal) de las estaciones nuevas localizadas sobre estos sistemas hídricos, ya que así se contaría con valores más precisos de oferta neta y no estimaciones como la realizada en este estudio.

Durante el periodo 2016 la CGSM estuvo en estrés hídrico o déficit en los meses de enero, febrero y julio, siendo el mes de enero el más crítico, con casi 2.5 Mm³ menos de agua. Caso opuesto a octubre, mes en que se recibió un exceso de 6 Mm³ en promedio de agua. Estos resultados y su buena correspondencia para el cierre del balance corroboran que los intercambios con el acuífero son nulos. De acuerdo con el modelo conceptual hidrosedimentológico, se estimó una carga potencial de sedimentos en suspensión de 518.000 Ton/año de ingreso al sistema cenagoso, información que no incluye la carga del material del lecho, tema que abre otra brecha en la investigación.

Se recomienda la continuidad en el estudio del modelo hidrosedimentológico de la CGSM, así como las mediciones de aforos sólidos en las entradas conceptuadas, esto con el fin de estimar y conocer los valores de depósito y zonificación de la CGSM en cuanto a sedimentación.

Anexo 3.2. Modelo hidrodinámico para la condición actual y escenarios (climáticos y nuevas aperturas)

Se presenta una descripción y análisis de la información disponible para la elaboración del modelo hidrodinámico y de transporte de sedimentos. Dicha información consiste principalmente en series de tiempo de las cotas de lámina de agua, series de tiempo de caudal para cada una de las estaciones, aforos sólidos, granulometrías del material en suspensión y granulometrías de material del fondo de la Ciénaga de Pajalal y cuerpo principal de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

Con esta nueva información fue posible elaborar el modelo hidrodinámico para los años 2017 y 2018, el cual fue calibrado y validado teniendo en cuenta las series de tiempo de las cotas de lámina de agua de cada una de las estaciones hidrológicas que monitorean el complejo cenagoso y cada uno de los tributarios. A partir de este modelo se pretende elaborar un modelo de transporte y deposición de sedimentos que incluya la influencia del viento, tanto para la condición actual, para los escenarios prospectivos de apertura de nuevos canales y escenarios de variabilidad climática.

El modelo implementado permite entender el comportamiento hidrodinámico del complejo cenagoso y permite determinar los caudales captados a través de los caños que fluyen desde el río Magdalena, así como también las transferencias de flujo entre cuerpos de agua, cambios de cotas de lámina de agua en cada cuerpo de agua y por ende los volúmenes de agua almacenados para cada instante de tiempo.

Los resultados obtenidos describen la dinámica actual del transporte. Muestran una dinámica compleja con flujos bidireccionales principalmente en la boca de la Barra lo cual permite establecer el régimen hidrológico de cada uno de los cuerpos de agua que componen el complejo CGSM, los volúmenes de intercambio entre los cuerpos de agua, la variación de niveles de las ciénagas y su capacidad de amortiguación.

Los caños Renegado y Aguas Negras tienen mayor capacidad hidráulica de transporte de agua y sedimento dado que para todas las configuraciones de flujo tienen un gradiente hidráulico mayor, que el caño Clarín, el cual al estar ubicado en el costado norte del complejo cenagoso y estar conectado tanto al río Magdalena como a la CGSM se encuentra influenciado por el comportamiento de las mareas, es decir, tanto en su conexión con el río Magdalena como en su conexión con la CGSM tiene como control hidráulico el comportamiento de las mareas.

Las crecientes de los ríos que provienen de la Sierra Nevada de Santa Marta tienen una marcada influencia en los niveles de la CGSM, ya que esta es un cuerpo de agua somero con una baja capacidad de amortiguación. Los resultados para cada uno de los escenarios de variabilidad climática permitieron establecer el comportamiento en el transporte de agua para cada uno de los cuerpos de agua lo cual es el insumo para la realización de los balances hídricos.

El análisis de la apertura del caño el Salado dio como resultado que tendría el mismo comportamiento bimodal del río Magdalena y el caño Aguas Negras con caudales máximos para el período actual de $60 \text{ m}^3/\text{s}$ y caudales mínimos de $10 \text{ m}^3/\text{s}$. La apertura de un Paleocauce en Barra Vieja (antigua ubicación natural de la boca de La Barra), cambiaría las trayectorias de flujo del espejo de agua principal de la CGSM ya que mejora el intercambio con el mar Caribe sin afectar las profundidades medias de la CGSM. Esto haría que las crecientes de cada uno de los tributarios transiten más rápidamente a través de todo el complejo mejorando la mezcla de aguas dulce y salada.

4. Monitoreo hidro-sedimentológico

4.1. Introducción

El conocimiento de la dinámica hidrológica es fundamental para explicar los procesos biogeoquímicos y ecológicos que condicionan la productividad y calidad ambiental de zonas lagunares (Múnera *et al.*, 2003). La conceptualización de modelos consiste en tratar de entender un sistema el cual posee una serie de elementos; ya sean lineales (canales) o de elementos tipo embalse (ciénagas), que intercambian agua y sustancias disueltas en ella con forzantes físicos externos como vientos o lluvias. La alteración a la conectividad hídrica en los humedales es una de las principales causas de la degradación de los mismos y combinado con cambios macro climáticos, puede representar una amenaza a estos ecosistemas (Jaramillo *et al.*, 2018).

Las actividades que alteran la conectividad de los humedales costeros incluyen la regulación de los flujos y consumos de agua para fines agrícolas, infraestructura vial y urbanización de áreas cercanas. Estas alteraciones hacen que ocurra reducción e incluso el bloqueo de entradas de agua fresca al complejo de humedales y zonas estuarinas (Jaramillo *et al.* 2018), que para el caso de la CGSM son el río Magdalena y las desembocaduras de las cuencas de los ríos que drenan por la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM). Estos flujos transportan el agua, tanto superficial como de escorrentía y aguas subterráneas y generan la dinámica hídrica para este sistema lagunar del Caribe colombiano (Múnera *et al.*, 2003).

Los procesos de sedimentación en la columna de agua están sujetos a procesos tanto físicos como biológicos (e.j., Albuquerque *et al.*, 2014). Estos procesos en la CGSM no han sido caracterizados de manera que permitan identificar la dinámica sedimentar y sus tasas de sedimentación. Procesos como la resuspensión, común en la ciénaga, intensifica la producción de materia orgánica y la eutrofización, lo que puede llevar a estrés ambiental de la columna de agua y a una rápida colmatación de su espejo de agua.

Para poder caracterizar la dinámica hidro-sedimentológica de la CGSM, se debe conocer los procesos sedimentarios que allí se presentan. Una manera efectiva de identificar estos procesos es mediante la instalación de trampas de sedimento. Este tipo de equipos muestreadores proporcionan información acerca del tipo, cantidad, cambios de sedimento y da luces sobre la dinámica y procesos por detrás del material que se deposita en un punto y tiempo determinado. En este equipo se captura material sedimentario cuantificable que se produce tanto por procesos de resuspensión, aporte fluvial y biogeoquímicos en la columna de agua. Además, de los procesos de sedimentación que involucran estos mecanismos dentro de la ciénaga este proceso es importante por los procesos fotosintéticos y de secuestro de CO₂ involucrados. La cantidad y características de este material colectado puede verse afectado por variables climáticas y ambientales, medibles, tales como el viento, precipitación, mareas entre otros (Douglas, Rippey, & Gibson, 2003; Filostrat, 2014; Laenen, Letourneau, & Survey, 1996; Sheng & Lick, 1979; U. S. Army corps of Engineers, 1984).

4.2. Metodología

4.2.1 Monitoreo hidrológico

Teniendo en cuenta los resultados de los proyectos anteriores (INVEMAR-GEO, 2015, 2016, 2017; INVEMAR-MADS-PNN, 2017), se empleó la misma malla de transectos para dar continuidad al monitoreo empezado anteriormente (Figura 4-1). La actividad de campo incluyó la medición de caudales con perfilador acústico tipo ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*), la toma de muestras de agua superficial en estaciones fijas para la posterior determinación de sólidos suspendidos totales (SST) en laboratorio y la medición de transparencia del agua con disco Secchi. Esta información fue analizada entre zonas para advertir variabilidad espacial y entre meses para identificar variabilidad temporal.

La medición de caudales es realizada en diferentes sectores (Figura 4-1):

- **Sector Norte:** se realiza un transecto en la boca de La Barra, el cual ha podido ser medido hasta dos veces en un mismo mes, esto con el objetivo de advertir cambios no solo debidos a la época climática sino también al estado de la marea.
- **Sector Este:** corresponde al monitoreo de los principales ríos que descienden de la SNSM (Sevilla, Aracataca, Ají y Fundación) sobre los cuales se hacen mediciones en diferentes tramos del recorrido del río (Figura 4-1). En el río Sevilla se mide en la cuenca baja (Sevilla abajo) y en la desembocadura (boca Sevilla). A lo largo del río Aracataca se mide en la cuenca media (Aracataca arriba), baja (Aracataca abajo) y en la desembocadura (boca Aracataca). El río Ají solamente es medido en su desembocadura; mientras que, en el Fundación, al igual que en el Aracataca, se realizan mediciones en la cuenca media (Fundación arriba), baja (Fundación abajo) y en la desembocadura (boca Fundación).
- **Sector Oeste:** las mediciones corresponden a los caños provenientes del río Magdalena (de norte a sur: caño Clarín, El Burro, Aguas Negras y Renegado). Los transectos sobre el caño Clarín corresponden a tres lugares diferentes: uno en la sede de Parques Nacionales Naturales (Los Cocos), el segundo en el box culvert del Km 14 y el tercero en la desembocadura del caño al espejo de agua principal (boca Clarín). El caño El Burro solo pudo ser monitoreado los meses de septiembre y diciembre de 2017, previo a que empezaran las actividades de dragado. El Aguas Negras es medido en la parte más cercana al río (Aguas Negras arriba) y en su desembocadura al complejo de Pajarales (boca Aguas Negras). Finalmente, se realiza una medición en la conexión entre el complejo de Pajarales y el espejo de agua principal (caño Grande).

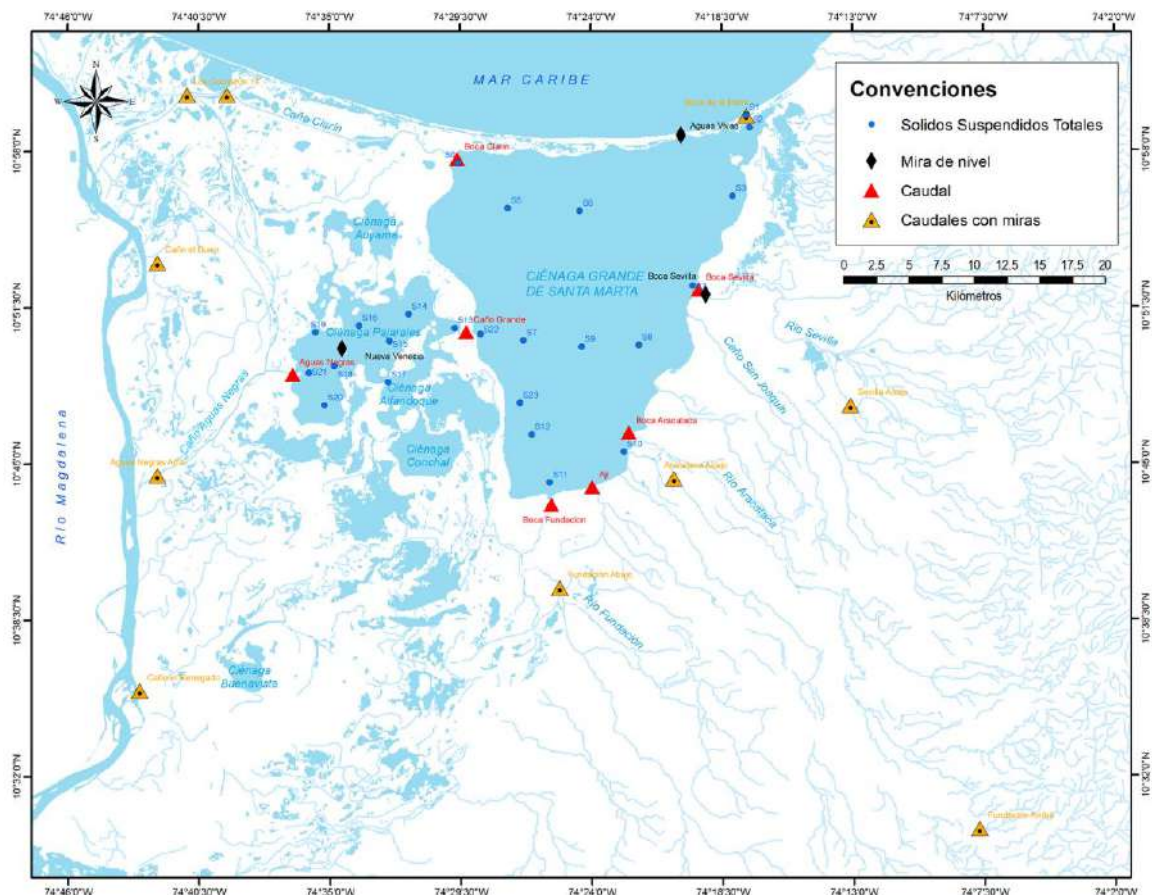


Figura 4-1. Área de estudio: ubicación de los transectos para la medición de caudales, miras de nivel y estaciones puntuales para la toma de muestras de agua para la determinación de sólidos suspendidos totales en el complejo lagunar CGSM.

El objetivo de las mediciones en diferentes sectores a lo largo del caño (o del río), fue advertir cambios en el caudal desde su origen hasta su desembocadura en el espejo de agua principal en la CGSM. Adicionalmente, se ha dado continuidad al monitoreo de niveles iniciado en julio de 2017 (INVEMAR-MADS-PNN, 2017), mes en el cual se realizó la instalación de miras en los principales ríos y caños de la CGSM (Figura 4-1), así como en zonas estratégicas para el seguimiento de los niveles de agua (Nueva Venecia y Tasajera), en cooperación técnica con el IDEAM.

Para el análisis, los datos fueron descritos como series y se analizan sus variaciones 2017-2018 y si estuvieron asociadas a las épocas climáticas y condición de marea. Para el caso particular de las mediciones en la boca de La Barra y teniendo en cuenta que es la principal conexión con el mar, los valores de los caudales también se asociaron con la marea regente al momento de la medición. Finalmente y debido a inconvenientes para realizar mediciones en la boca del río Aracataca, desde el mes de agosto se empezó a realizar sobrevuelos con ayuda de un Drone Phantom 4 Pro para la toma de imágenes aéreas con alta resolución. Las características de la cámara son 12 megapíxeles, resolución espectral de tres bandas (RGB) y radiométrica de 24 bits. De esta forma se logran obtener imágenes de muy buena resolución de alrededor de 0,20 m por píxel que podrán ser utilizadas para el desarrollo de monitoreo en ecosistemas costeros (Casella *et al.*, 2017).

4.2.2. Variabilidad temporal y espacial del Flujo de Masa Total (FMT)

A fin de poder determinar la variación espacio-temporal del flujo de masa total (FMT) de sedimentos en la CGSM se siguió la metodología que se expone a continuación (Figura 4-2):

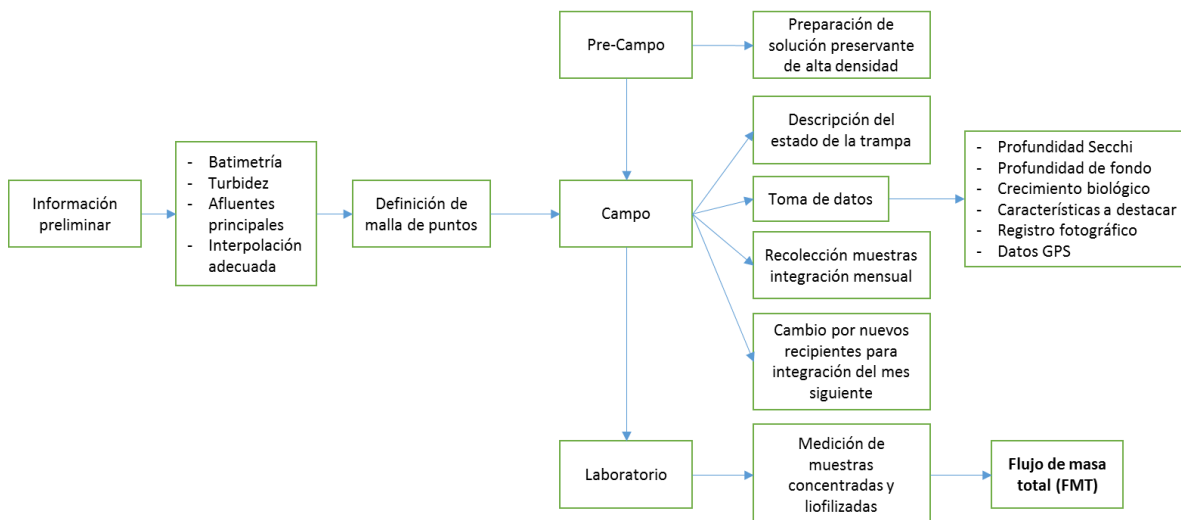


Figura 4-2. Diagrama de la metodología seguida durante el muestreo de sedimentos a partir del uso de trampas de sedimento en la CGSM.

4.2.1.1. Ubicación de puntos de muestreo.

Con la finalidad de instalar de manera representativa las trampas de sedimento se diseñó una malla de puntos que permitió tener un cubrimiento espacial ideal de la Ciénaga. En la Figura 4-3, se observa cómo y dónde distribuyeron los 10 puntos en los cuales se instalaron las trampas de sedimento. Durante el procedimiento de instalación se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: batimetría, turbidez e influencia de afluentes principales; justificados de la siguiente manera:

La base de las trampas se instaló a no menos de 40 cm del fondo sedimentario (haciendo que la boca de la trampa quedará a mínimo 1 m del fondo) para evitar en la medida de lo posible el exceso de partículas resuspendidas que aumenten el cálculo de flujos de masa. Para esto se descartaron zonas donde la profundidad es menor a 1.2 m.

La boca de las trampas se ubicaron preferiblemente donde la zona afótica comenzaba, a fin de coleccionar toda la materia orgánica producida durante los procesos fotosintéticos. Debido a las características propias de la Ciénaga, este parámetro cambiaba constantemente por lo que esta profundidad se midió con una periodicidad mensual con el disco Secchi. Una ventaja adicional de localizar las trampas en esta zona es el hecho de que esto impide o reduce en gran medida el crecimiento de organismos que pueden alterar o influir en el análisis sedimentológico.

Otro criterio tomado en cuenta para la localización de las trampas de sedimento fue la localización de los principales afluentes (Caño Clarín al NW, Caño Grande al W, Río Aracataca al S y Río Sevilla al E), esto con el fin de identificar una posible influencia temporal y espacial en el aporte sedimentario de material fluvial que llega a la ciénaga. Sin embargo, no todas

las zonas como en los extremos sur y noreste (Boca de la Barra) son aptos para colocar las trampas, debido a que son zonas de alta influencia de las actividades pesqueras y procesos de resuspensión son más probables o, en algunos casos la profundidad no es suficiente para la instalación del equipo.

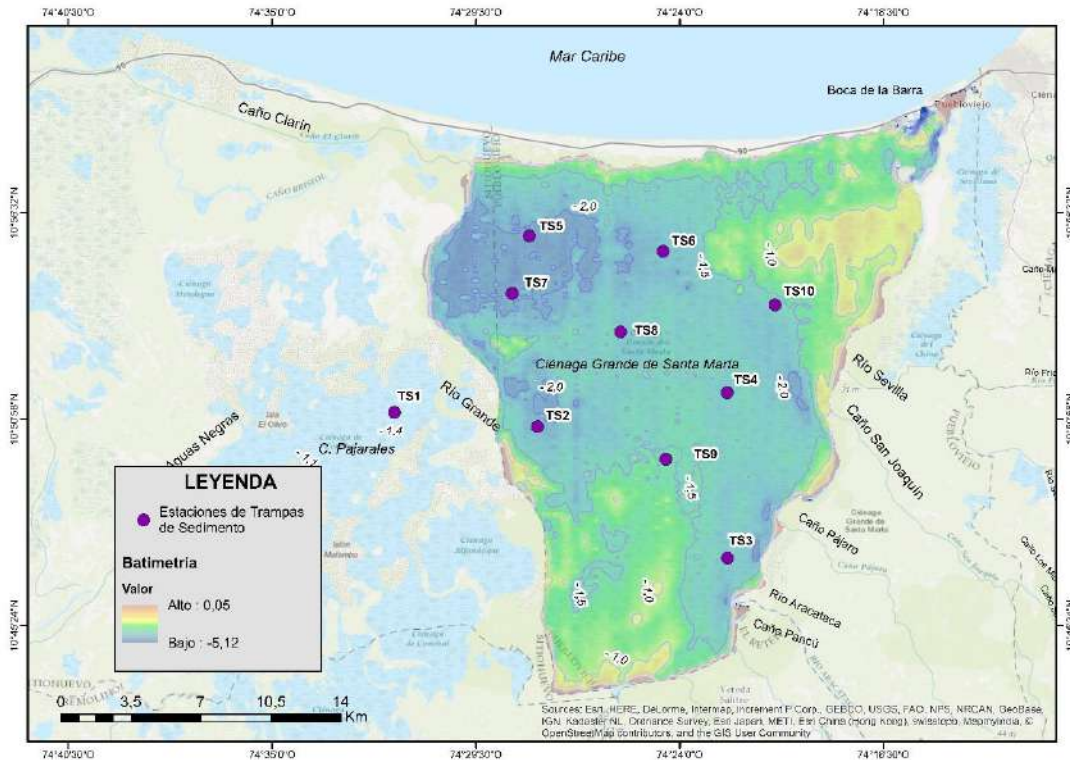


Figura 4-3. Mapa de localización de las trampas de sedimento. Se puede observar que los puntos de muestreo se ubicaron en zonas donde la batimetría ofrecía las mejores condiciones, procurando tener una malla homogénea que cubriera gran parte de la CGSM.

4.2.1.2. Fase pre-campo.

Se diseñó una trampa de sedimento basada en el modelo elaborado por el Laboratório de Radioecología y Cambio Climático de la Universidad Estadual de Río de Janeiro (LARAMG-UERJ) que permite realizar la recolección del material sedimentario que se produce y/o llega a la CGSM (Figura 4-4). El dispositivo consiste en un recipiente contenedor de PVC de 50 cm de largo y un diámetro de 5.5 cm, en el cual se adapta una botella plástica de 1.5 L, acoplada con un embudo de superficie lisa y recta, que capturo el material eficientemente. La trampa se ancla al sedimento con una varilla de acero inoxidable de aproximadamente 2.5 m de largo. En la parte superior de la trampa, se colocó una malla de 5 mm que sirvió como protección ante la invasión de macrofauna propia de la ciénaga. Para evitar que el material que se recolecto en los recipientes se degrade por acción microbiana o se salga por acciones hidrodinámicas; se preparó una solución acuosa de formaldehído como preservante al 4% de alta densidad en relación a las condiciones del ambiente de la CGSM. En este caso, la salinidad de la solución se incrementó hasta alcanzar un valor de 70 siguiendo las especificaciones de Albuquerque, A *et al.* (2014) y Briceño-Zuluaga, F. J. (2012).

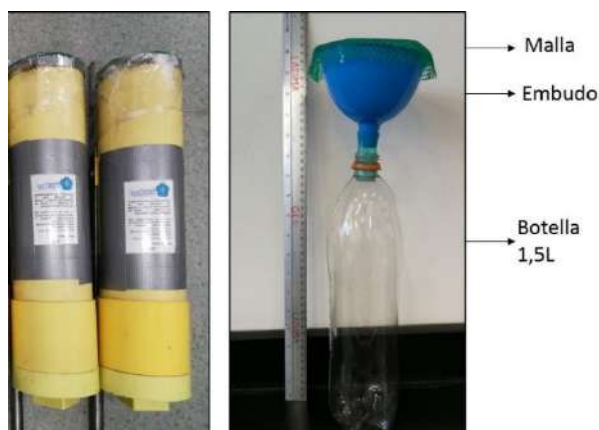


Figura 4-4. Diseño de trampa. Se observa el cilindro de PVC dentro del cual se coloca el recipiente y el embudo que recolectará el material sedimentario.

4.2.1.3. Fase de campo.

Durante la maniobra de re-instalación mensual se realizó el lanzamiento del disco Secchi para comprobar la profundidad de la zona afótica a la cual el tope o boca de la trampa debía ubicarse (Figura 4-5). Se usó un profundímetro que permitió localizar la zona ideal de anclaje de la trampa, procurando que la base del cilindro de la trampa no esté a menos de 40 cm del fondo. Adicionalmente y debido a las condiciones de baja visibilidad del agua en cada recambio se tomó la posición geográfica de la trampa con un equipo GPS diferencial TOPCON GRS-1 y fue instalado un señalizador artesanal.

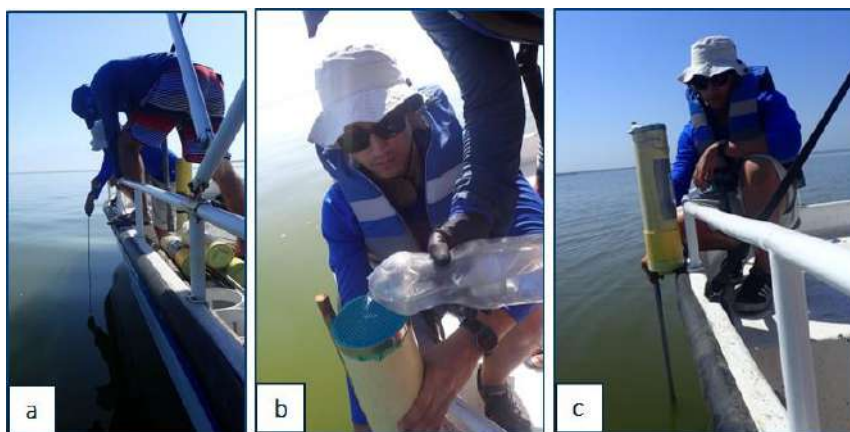


Figura 4-5. Instalación de trampas a) Lanzamiento de disco Secchi para medir profundidad de zona afótica. b) Preparación de recipientes con solución preservante y c) Ubicación de trampa en zona de anclaje.

Durante el mes de febrero se realizó la instalación de 6 trampas de sedimento distribuidas de acuerdo a los parámetros previamente expuestos. Sin embargo, a partir de marzo, la malla de puntos se extendió a 10 puntos, para realizar una mejor cobertura espacial de la ciénaga. La ubicación geográfica general de las trampas fue la siguiente (ver Tabla 4-1):

Estación	Latitud	Longitud
TS1: Pajarales	10° 51' 09.16"	74° 31' 41.31"
TS2: Caño Grande	10° 50' 46.87"	74° 27' 50.06"
TS3: Río Aracataca	10° 47' 13.16"	74° 22' 42.71"
TS4: Río Sevilla	10° 51' 40.66"	74° 22' 42.56"
TS5: Caño Clarín	10° 55' 35.19"	74° 28' 02.88"
TS6: Ciénaga Norte	10° 55' 30.00"	74° 24' 29.19"
TS7: Caño Clarín	10° 54' 21.81"	74° 28' 31.15"
TS8: Ciénaga Centro	10° 53' 19.34"	74° 25' 35.62"
TS9: Río Aracataca	10° 49' 53.5"	74° 24' 22.34"
TS10: Río Sevilla	10° 54' 03.25"	74° 21' 25.64"

Tabla 4-1. Tabla de localización de las diez (10) trampas de sedimento instaladas durante el muestreo de 2018.

4.2.1.4. Fase de laboratorio:

Una vez se colectaron las muestras se realizó el tratamiento de filtrado del sedimento contenido en los recipientes colectores de las trampas, según procedimiento de laboratorio (ver Figura 4-6). Esto se realizó con el objetivo de obtener el Flujo de Masa Total (FMT) para cada muestra aprovechando al máximo la muestra recuperada.

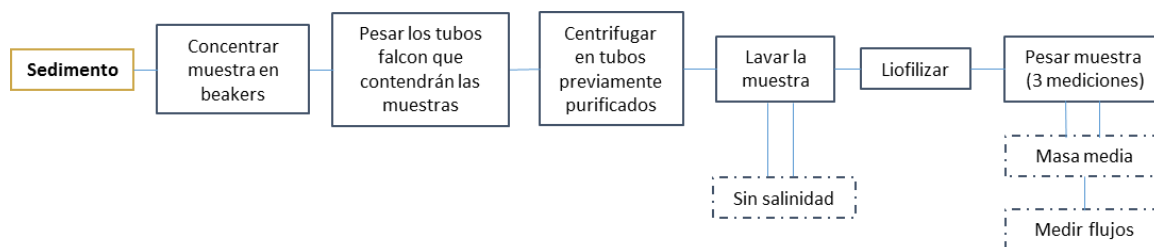


Figura 4-6. Procedimiento de laboratorio para obtener la masa del sedimento que se depositó en el recipiente.

Los sedimentos colectados se centrifugaron para concentrar la muestra y extraer el exceso de agua. Para tal, se colocó 25 ml de muestra en tubos falcon previamente rotulados y pesados (tapa y tubo). La muestra se lavó al menos 3 veces para extraer el preservante y eliminar la salinidad. Para esto, las muestras se centrifugaron a 3500 RPM por 5 minutos, se extrae el agua sobrante, se lava con agua desionizada y se repite hasta obtener una muestra satisfactoria (Figura 4-7). Esta muestra obtenida se liofilizó para extraer la humedad residual que podría afectar el análisis de flujos y además para garantizar su conservación para futuros análisis. Finalmente, al tener la muestra liofilizada, se realizó la medición del Flujo de masa total (FMT).

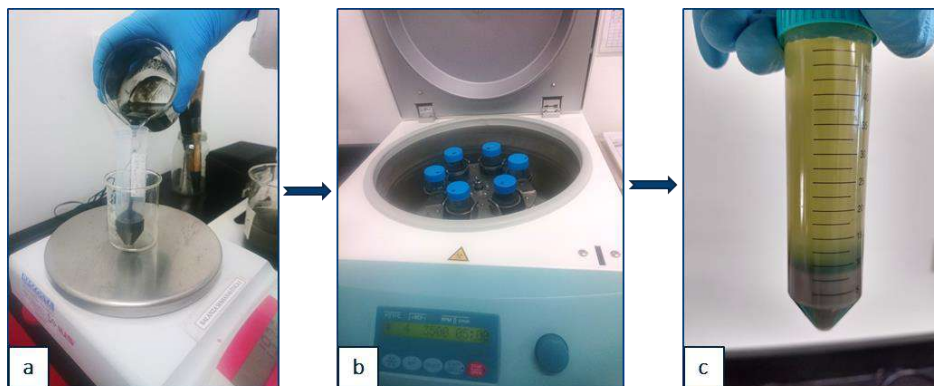


Figura 4-7. Proceso de centrifugado de la muestra para concentrar los sedimentos y realizar la medición del flujo de masa total (FMT). a) Tubos falcon con 25 ml de muestra de sedimento, b) Proceso de centrifugado y c) Producto del proceso.

4.2.1.5. Cálculo del Flujo de Masa Total (FMT)

Con el objetivo de determinar la variabilidad espacio-temporal del flujo de masa total (FMT), el cual expresa la cantidad de material depositado por un determinado tiempo y área ($\text{gr/m}^2 \cdot \text{día}$), se utilizó la siguiente ecuación (Albuquerque, 2014; Briceño, 2012).

$$\text{Flujo de masa total (FMT)} = (M \times \alpha) / (A \times \beta)$$

Dónde: M = Número de partes (cuarteamiento), α = Masa de la muestra, A = Área del diámetro de la boca de la trampa y β = Tiempo de recolección (número de días). El valor del área de la boca de la trampa es de $0,0097 \text{ m}^2$, el cual es constante para cada mes puesto que se utiliza el mismo modelo. Además, para obtener la masa de la muestra α , se suman los valores obtenidos con el peso de los tubos falcon, para finalmente normalizar los datos por el periodo de integración, el cual corresponde a la unión de las mediciones en un tiempo determinado para formar un todo o muestra integrada.

4.3. Resultados

4.3.1. Monitoreo hidrológico

A continuación, se presenta el compilado de los resultados de los monitoreos de caudales realizados en el 2017 en el marco del Convenio 430 (INVEMAR-MADS-PNN, 2017) y los realizados hasta el mes de agosto de 2018 a través del Convenio 209 entre INVEMAR-CORPAMAG. Estos corresponden a mediciones puntuales de 1 día por mes y no se pueden interpretar como valores promedios.

Zona Norte: boca de La Barra

En la boca de La Barra se han registrado los mayores valores de caudales de todo el monitoreo (Figura 4-8). Esta es la única estación en la que se han tenido dos mediciones en

algunos meses (INVEMAR e INVEMAR-IDEAM), lo cual ha resultado importante debido a que permite advertir la influencia de la condición de la marea, además de la época climática. Hasta el mes de elaboración del presente informe (diciembre de 2018), el mayor caudal se presentó en noviembre de 2017 (584.65 m³/s) y el menor en febrero de 2018 (148m³/s). Se destaca que para los meses de época seca (enero, febrero, marzo) se han encontrado valores negativos, indicando cambio en la dirección del flujo, esto es: agua entrando del mar a la ciénaga; los valores positivos indican flujo saliendo de la ciénaga al mar, lo cual está relacionado directamente con el estado de la marea regente al momento de la medición. Para inicios del segundo semestre del 2018 se encontraron caudales similares a los medidos a finales del 2017 y en el mes de noviembre, último mes de medición en el 2018, se encontró flujo entrando del mar a la ciénaga.

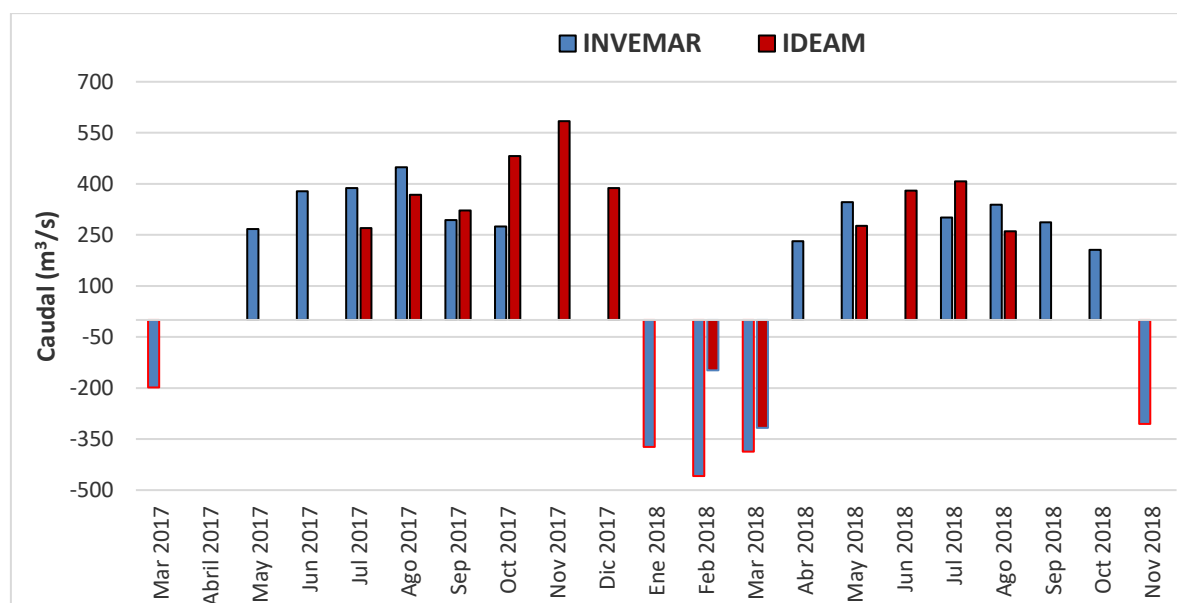


Figura 4-8. Caudales instantáneos (m³/s) en la boca de La Barra durante marzo 2017- agosto 2018. Los valores negativos indican flujo del mar a la ciénaga y los positivos de la ciénaga al mar.

Las diferencias entre los valores absolutos de los meses de octubre de 2017 y febrero de 2018, fueron evaluados con respecto al estado de la marea (Figura 4-9): para el monitoreo octubre-noviembre no se encontraron diferencias en el estado de la marea, por lo que las diferencias en el caudal pueden atribuirse a los aportes de los tributarios, propios de la época húmeda. De otro lado, en febrero de 2018 las mediciones se realizaron en estados contrastantes de la marea: la medición de INVEMAR-IDEAM se hizo en mareas muertas y la del INVEMAR en mareas vivas, a lo que se atribuye el mayor volumen de agua entrando del mar a la ciénaga durante el este segundo muestreo.

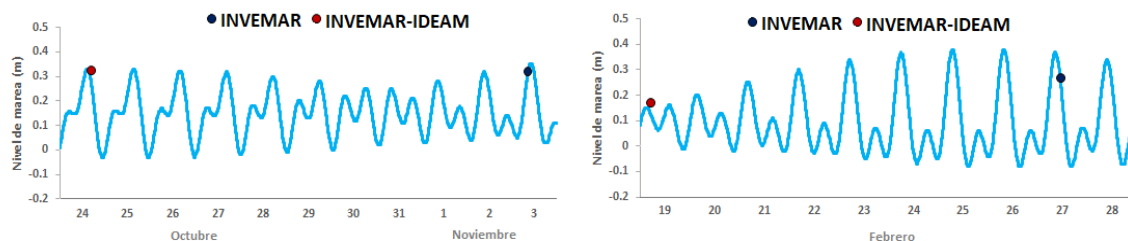


Figura 4-9 Nivel de la marea durante octubre-noviembre de 2017 (a) y febrero de 2018 (b) cuando fueron realizadas las mediciones de caudales en la boca de La Barra.

Zona Este: ríos que descienden de la SNSM

- **Sevilla**

La serie que se tiene a la fecha con los caudales del río Sevilla (medidos en la parte baja de su cuenca y su desembocadura), evidencian que se han tenido menores valores en 2018 con respecto al 2017 (Figura 4-10). Particularmente los meses de mayo y agosto de 2018 mostraron una reducción del más de 70% en sus caudales con respecto al año anterior. Llama la atención también que en el 2018, los valores medidos en la desembocadura son similares a los medidos en la estación de la cuenca baja (distanciadas aproximadamente 10 Km) (Figura 4-10).

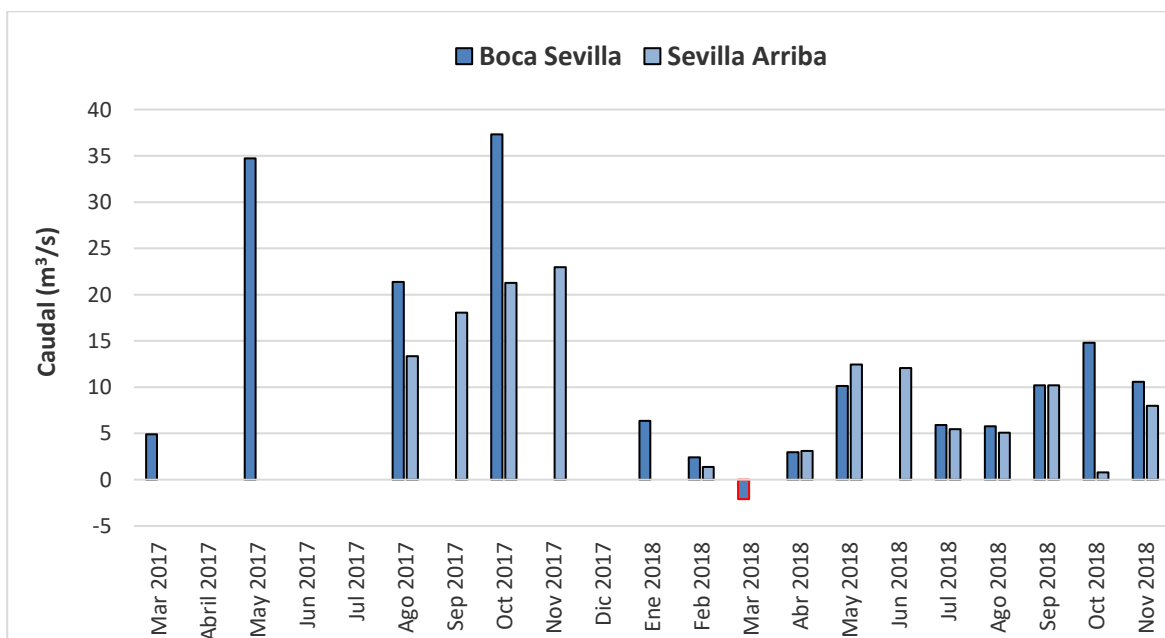


Figura 4-10. Caudales instantáneos (m³/s) sobre el río Sevilla en la cuenca baja y la desembocadura durante el periodo marzo 2017 - agosto 2018.

Se advierte que los resultados del caudal están relacionados con la época climática. Para la época seca que abarca desde diciembre a marzo, los caudales son mínimos, incluido un valor negativo en el mes de marzo (-2.17 m³/s), en Boca Sevilla lo cual indica flujo de la ciénaga al río. A partir del mes de abril, se inicia el aumento de los volúmenes de caudales

en los dos lugares de monitoreo ($2.96 \text{ m}^3/\text{s}$ y $3.09 \text{ m}^3/\text{s}$) hasta el mes de octubre, mes que presentó el mayor caudal del año 2018 en la Boca Sevilla ($14.80 \text{ m}^3/\text{s}$) y el menor en Sevilla Arriba ($0.8 \text{ m}^3/\text{s}$).

Adicionalmente, para el río Sevilla se identificó que se encuentra obstruido en la parte final hacia la boca que comunica con la ciénaga por la presencia de vegetación flotante de la familia *Araceae*, que comúnmente se conocen como repollito del agua o lechuga de agua y jacinto de agua, flor de bora (*Pistia stratiotes* y *Eichornnia crassipes*) (Figura 4-11). La presencia de esta vegetación evita que el río cumpla con sus funciones de aportar agua fresca; ya que corta el flujo de agua superficial continuo que se arrastra por la acción del viento local, ocasionando que no exista ningún movimiento. Debido a su rápido crecimiento, generan que se obstruya el canal, además, que la especie *Pistia stratiotes* forma masas muy compactas, que evita el paso tanto de los rayos solares, como el intercambio de oxígeno atmosférico afectando a las plantas sumergidas, en sus procesos fotosintéticos, alterando la distribución y desarrollo de las comunidades de plantas acuáticas del río.

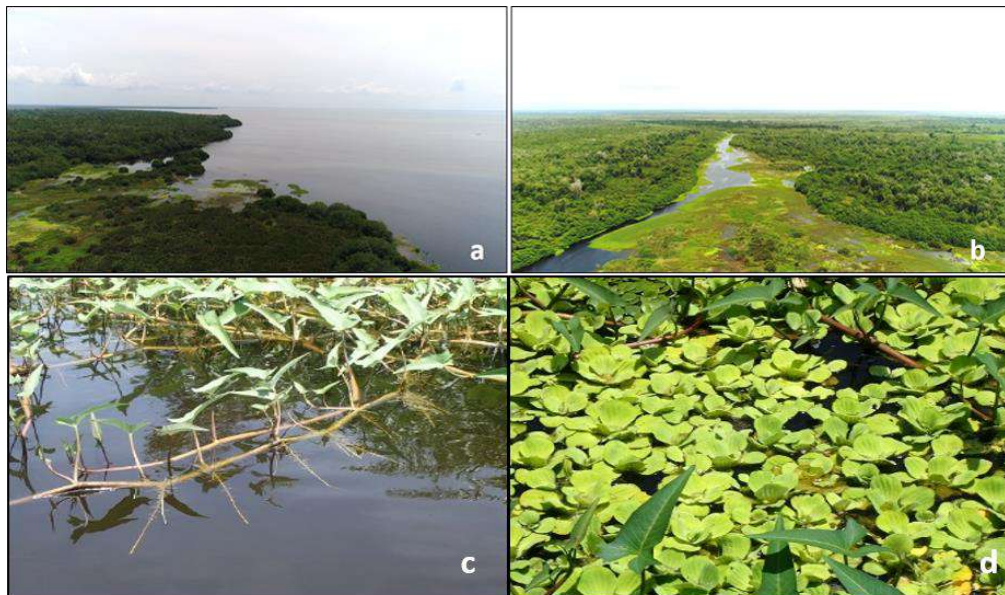


Figura 4-11. Imágenes (a y b) panorámicas tomadas desde 80 m de altura, (a) Boca del río Sevilla y (b) recorrido final del río Sevilla hacia la Ciénaga totalmente obstruido por dos especies de vegetales c) *Eichornnia crassipes* y d) *Pistia Stratiotes*.

- **Aracataca**

El monitoreo de este río se realizó en dos lugares: Boca Aracataca y Aracataca Abajo (Hacienda La Española). A lo largo del monitoreo, no fue posible obtener datos de la boca, ya que al llegar al lugar, siempre estuvo obstruido por playones de sedimentos que impiden el paso de lanchas río arriba. Teniendo en cuenta lo anterior, desde el mes de agosto del 2018, se inició una observación aérea de los alrededores y sobre la boca del río Aracataca. Para ello, se obtuvieron imágenes a 80 m de altura empleando un dron (Phantom 4 Pro) a las que posteriormente se les aplicó un proceso de espacialización que consistió en ubicar geográficamente el mosaico de imágenes con ayuda de herramientas SIG (ArcGis 10.2.1).

A partir de este procesamiento, fue posible identificar el tamaño de los playones de sedimentos y la forma como se fue incrementando dicha obstrucción en el segundo semestre del 2018 (Figura 4-12). Esta formación de barras de boca o playones que son colonizados por especies de manglar u otras especies vegetales, terminan uniéndose a la línea costa o borde como en este caso y se propagan las líneas de crecimiento de suelos de las bocas de los ríos que existen en la llanura aluvial de piedemonte Sierra Nevada (Bernal, 1996).

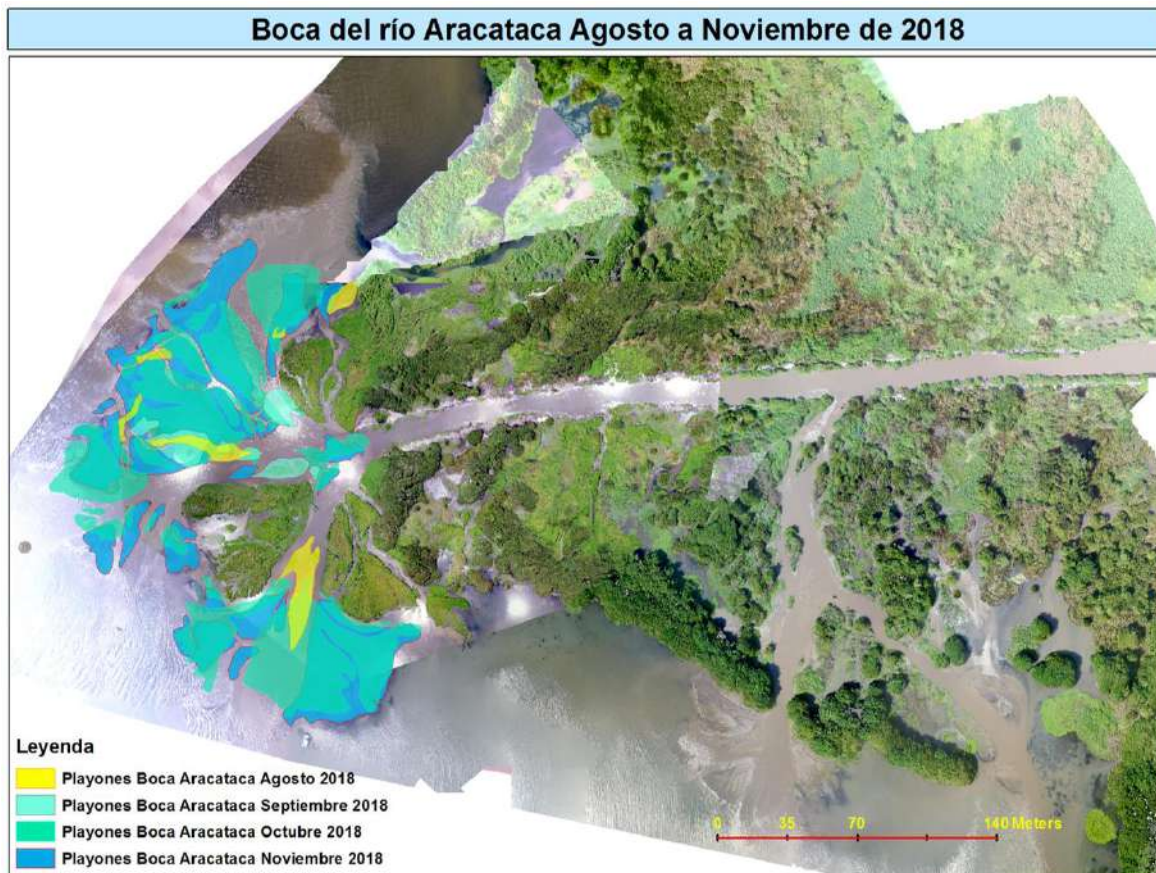


Figura 4-12. Mosaicos de imágenes tomadas a 80 m de altura en diferentes meses del año 2018, en la conexión entre la boca del río Aracataca y la CGSM. Se observa el crecimiento de los playones de sedimentos (polígonos de colores) que impide el ingreso de lanchas y canoas a la boca del río.

Con respecto a los datos tomados en la estación Aracataca Abajo, se encontró que existieron dos momentos (mayo y septiembre) de crecientes muy fuertes con caudales considerables ($69.48 \text{ m}^3/\text{s}$ y $33.14 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente), lo que podrá tener relación con la creación de las islas de sedimentos en la boca del río Aracataca; ya que al valorar otros meses como julio, agosto y noviembre el promedio del aporte del caudal estuvo por el orden de los $14.48 \text{ m}^3/\text{s}$. (Figura 4-13).

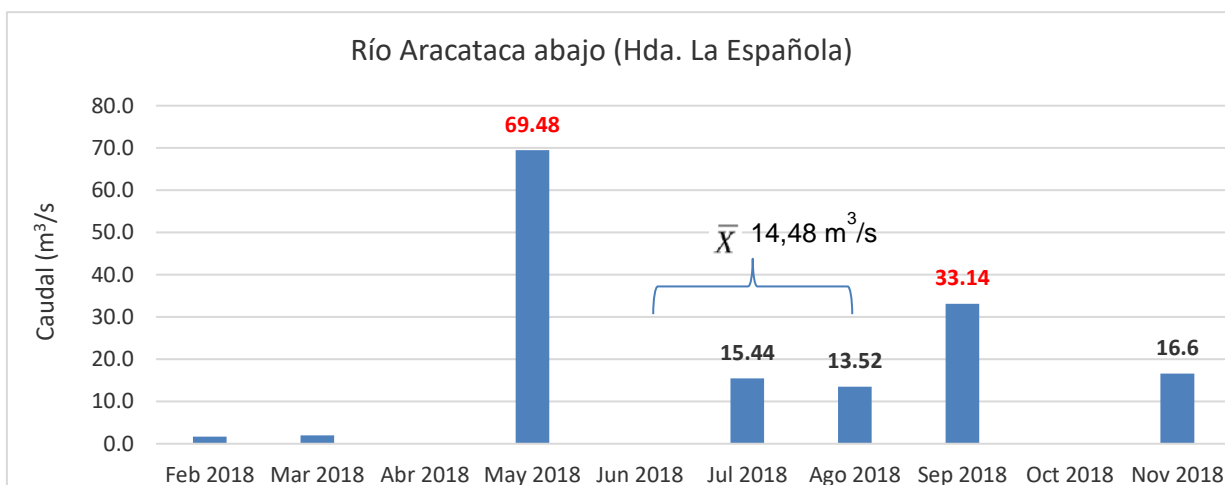


Figura 4-13. Caudales del río Aracataca en la estación "Aracataca abajo" donde se observan valores de crecientes súbitas mayo y septiembre del año 2018.

- **Fundación**

En el caso del río Fundación, se tienen mediciones en tres sectores del recorrido del río, pero no para todos los meses, puesto que el establecimiento de las estaciones en la cuenca media y baja se hizo a partir del segundo semestre del 2017. En febrero y marzo del 2018, se encontraron valores negativos en la desembocadura (Boca Fundación), indicando que el flujo fue de la ciénaga hacia el río (Figura 4-14). El mes de mayo del año 2018, resultó el de mayor caudal en los tres lugares de monitoreo; siendo Fundación Arriba el mayor valor con 45.77 m³/s y el de menor Boca Fundación con 25.37 m³/s. A partir de dicho mes, inició un proceso de disminución de caudales, siendo en el mes de agosto donde se registraron los más bajos (16.97 m³/s Fundación Arriba, 7.97 m³/s Fundación Abajo y 3.81 m³/s Boca Fundación). En el mes de septiembre se inicia el incremento del caudal hasta octubre que se vuelve a alcanzar un máximo.

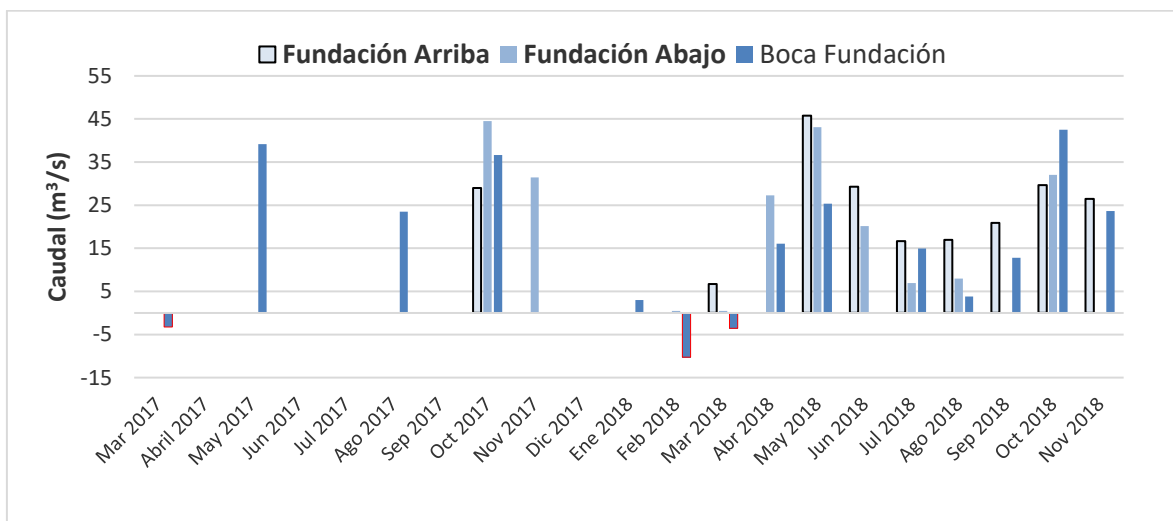


Figura 4-14. Caudales instantáneos (m³/s) sobre el río Fundación en la cuenca media, baja y la desembocadura durante el periodo marzo 2017- agosto 2018.

En la conexión entre el río Fundación y la ciénaga, existe presencia de vegetación de la familia *Pontederiaceae*, que comúnmente se conocen como jacinto de agua y flor de bora (*Eichornnia crassipes*), que podría a futuro obstruir dicha comunicación afectando de manera continua y directa el aporte de las aguas del río a la ciénaga (Figura 4-15).



Figura 4-15. Detalle del estado de la conexión entre el río Fundación y la ciénaga; se resalta con flechas de color amarillo la ubicación de la vegetación jacinto de agua, flor de bora (*Eichornnia crassipes*) en las costados de la boca del río.

- **Ají**

Para el río Ají se observa claramente mayores valores en 2017 con respecto al 2018 (Figura 4-16). Para el 2018 los valores en su caudal se vieron reducidos: en el mes de mayo solo se registró una cuarta parte con respecto al caudal del año anterior en el mismo mes, comportamiento que también se observa en agosto donde este año solo se reportó una tercera parte de lo que se observó en el 2017. En el 2018 también se encontraron valores negativos, indicando flujo de la ciénaga al río. Estos valores están asociados a efecto conjunto del viento local y el estado de la marea, cuya onda se llega a sentir hasta la zona sur de la ciénaga. En octubre del 2018 se observó un incremento con respecto a los meses anteriores y representó el mayor valor del 2018, aunque con una disminución de más del 50% con respecto a octubre de 2017.

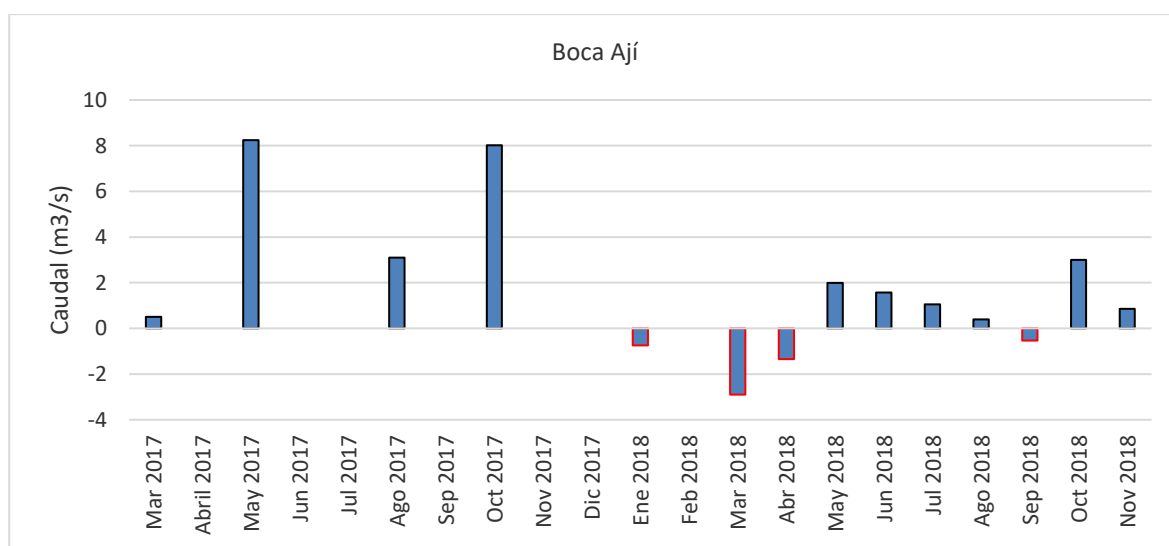


Figura 4-16. Caudales instantáneos (m³/s) en el río Ají en el periodo marzo 2017- noviembre 2018.

Adicionalmente y durante las últimas visitas al río Ají, entre los meses de julio y agosto se encontró parcialmente obstruido la boca de conexión hacia la ciénaga, por vegetación de la familia Pontederiaceae, que comúnmente se conocen como jacinto de agua, flor de bora (*Eichornnia crassipes*) (Figura 4-17).



Figura 4-17. Fotografías del estado de la conexión entre el río Ají y la ciénaga en los meses de julio (a) y agosto (b). Se observa vegetación jacinto de agua, flor de bora (*Eichornnia crassipes*).

Zona Oeste: caños de conexión con el río Magdalena

- **Caño Clarín**

En la parte más norte se tienen tres transectos sobre el caño Clarín. Para el periodo marzo 2017 – noviembre 2018 se encontró que espacialmente, los mayores caudales se registraron en el transecto Los Cocos (Figura 4-18), que es el más cercana al río Magdalena y temporalmente, los mayores caudales se encontraron en el segundo semestre del 2017, que corresponde con los mayores niveles del río Magdalena. Este comportamiento no se evidenció en el 2018, en el cual se registraron bajos valores en los meses de septiembre, octubre y noviembre. Cabe resaltar que este caño pudo haber estado regulado por actividades de mantenimiento o dragado realizado durante el año 2018.

Solamente para los meses de febrero y marzo de 2018 (época seca), se obtuvieron caudales negativos en la desembocadura; esto es, agua entrando de la ciénaga hacia el caño. El transecto “Box Culvert” dejó de realizarse desde el mes de agosto del 2018 debido a su bajo aporte al sistema, el cual fue en promedio de $0.49 \text{ m}^3/\text{s}$. También se registraron bajos aportes en la Boca Clarín, cuyo promedio fue $1.93 \text{ m}^3/\text{s}$.

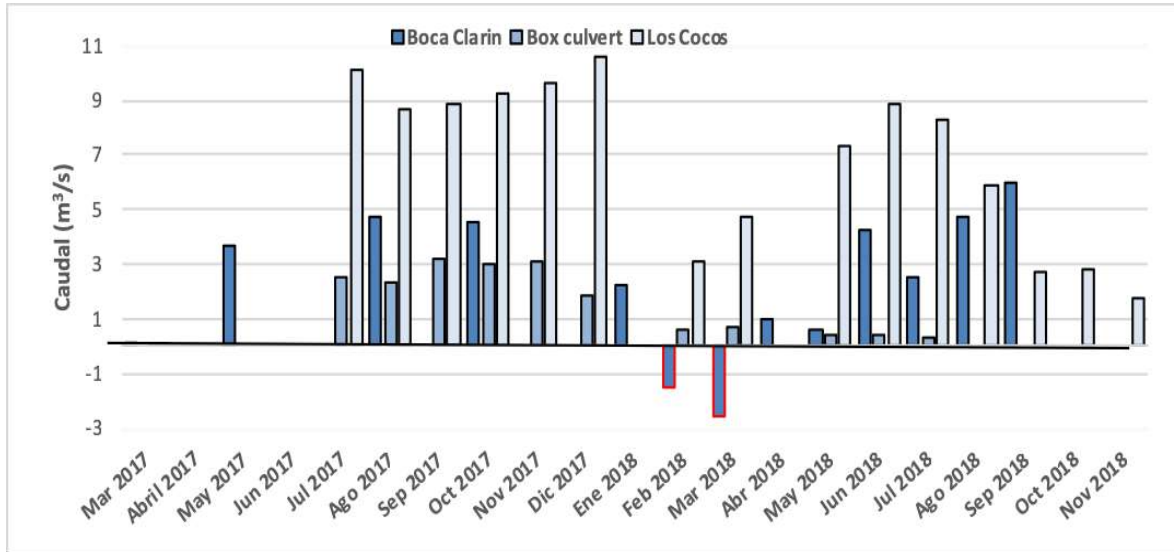


Figura 4-18. Caudales instantáneos (m^3/s) sobre el caño Clarín en los sectores de Los Cocos, Box Culvert (Km 14) y su desembocadura durante el periodo marzo 2017- noviembre 2018.

- **Caño El Burro**

Con respecto al caño El Burro, este solo pudo ser monitoreado los meses de septiembre y diciembre de 2017, previo a que empezaran las actividades de dragado.

- **Aguas Negras**

Siguiendo en dirección sur, está el caño Aguas Negras, sobre el cual se hacen dos mediciones, una próxima al río Magdalena en el transecto "Aguas Negras Arriba" y otra en su desembocadura hacia el complejo de Pajarales, en el transecto "Boca Aguas Negras". Este junto con el Renegado, cuentan con un sistema de compuertas que regulan la entrada de agua del río Magdalena hacia la zona de Pajarales (Figura 4-19). Para el caso del Aguas Negras, esta compuerta no tiene funcionalidad, puesto que se abrió un desvío que permite el ingreso del agua directamente desde el río.



Figura 4-19. Vista aérea de la ubicación de la estación de compuertas del caño Aguas Negras Arriba, donde se logra apreciar el desvío del canal (línea café punteada), con el cual se mantiene un flujo continuo de aguas del río Magdalena hacia el canal que lleva las aguas hacia Boca Aguas Negras.

Los datos muestran que mayores caudales se registran en la estación más cercana al río, pero en el mes de agosto de 2018 se registró similitud entre el agua que ingresa desde el río Magdalena y la que desemboca en el complejo de Pajarales (Figura 4-20). Solamente para el mes de septiembre de 2018, se encontró que el caudal en la boca fue mayor que en la estación aguas arriba, indicando aportes adicionales.

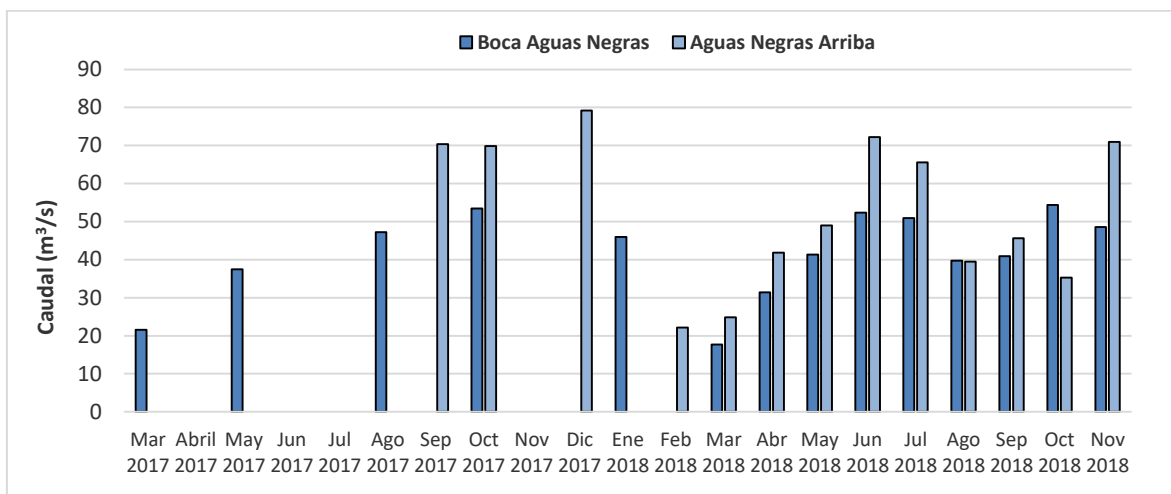


Figura 4-20. Caudales instantáneos (m³/s) sobre el caño Aguas Negras durante el periodo marzo 2017- noviembre 2018.

Cabe mencionar que en el mes de octubre de 2018, durante el desarrollo de la salida de campo se observó la realización de la actividad de dragado en el tramo final del canal que lleva hacia la Boca Aguas Negras y sector de Nueva Venecia en el sector de pajarales (Figura 4-21). Esto se espera tenga como consecuencia la mejora del flujo; sin embargo se mencionan prestar atención a la forma como se desarrolla la actividad, puesto que por mala disposición del material dragado, existe la posibilidad de creación de playones de sedimentos en el sector del canal hacia Pajarales, obstruyendo y formando una barrera entre la Boca Aguas Negras – Nueva Venecia.



Figura 4-21. Imágenes de la máquinas y zona donde se estuvo realizando el dragado en el Caño Aguas Negras, en el Sector de Pajarales – Nueva Venecia (a, b y c), la imagen (d) detalla los lugares donde se ubicaron sedimentos del dragado y que podrán reincorporarse si ocurre crecientes súbitas en Caño Aguas Negras.

- **Caño Grande**

Adicionalmente, se han realizado mediciones en la conexión del complejo Pajarales con el espejo de agua principal, en el denominado caño Grande, el cual presenta la mayor sección transversal de los caños que comunican estas dos zonas. Solamente en marzo del 2018 se han registrado caudales negativos ($-115.08 \text{ m}^3/\text{s}$), indicando flujo de la CGSM hacia Pajarales. El resto de los meses ha sido del complejo de Pajarales hacia la CGSM (Figura 4-22). Las mediciones encontradas en este sector no presentan una tendencia característica. El mayor valor a lo largo del monitoreo fue encontrado en el mes de noviembre de 2018.

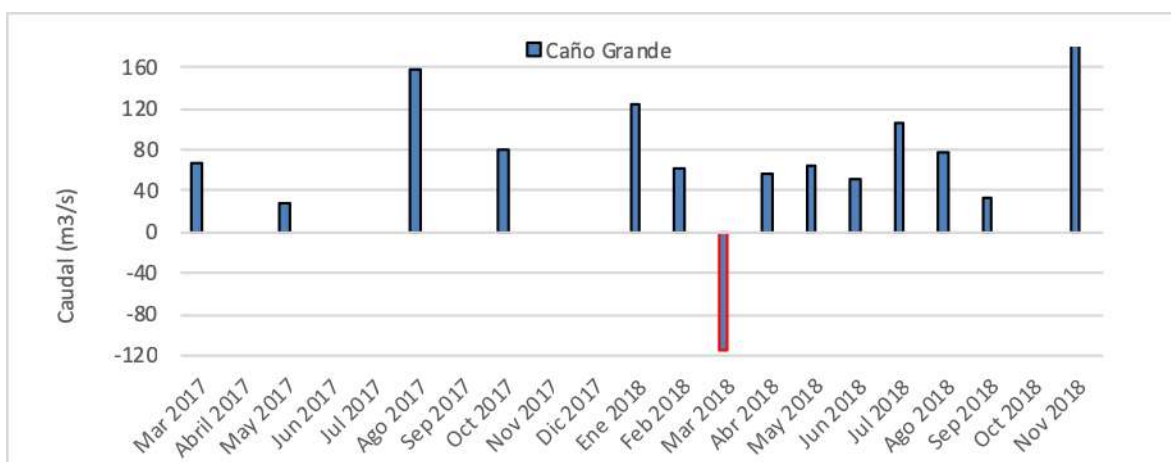


Figura 4-22. Caudales instantáneos (m^3/s) sobre el caño Grande durante el periodo marzo 2017-mayo 2018.

- **Caño Renegado**

El último de los caños del sector oeste es el Renegado, donde la serie de datos no ha sido robusta durante el 2017 e inicios del 2018 (Figura 4-23). Solo desde el mes de abril de 2018, se tiene datos continuos que sugieren que los mayores caudales se presentaron en el mes de junio ($8.6 \text{ m}^3/\text{s}$) y julio ($8 \text{ m}^3/\text{s}$) durante el verano. Luego en el mes de agosto, desciende hacia a $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo éste el menor registro dentro de su monitoreo. Esta estación tiene la particularidad de tener una compuerta que regula el paso de agua proveniente del Magdalena, la cual muchas veces se encuentra obstruida por material vegetal (Figura 4-24 y Figura 4-25). En el mes de octubre de 2018, se pudo evidenciar que este lugar puede descargar más agua hacia la zona de ciénaga, ya que en este mes se realizó un mantenimiento donde se logró limpiar totalmente el canal de paso y fue necesario realizar una apertura de una sola compuerta de la estación logrando alcanzar un caudal de $26.36 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 4-26).

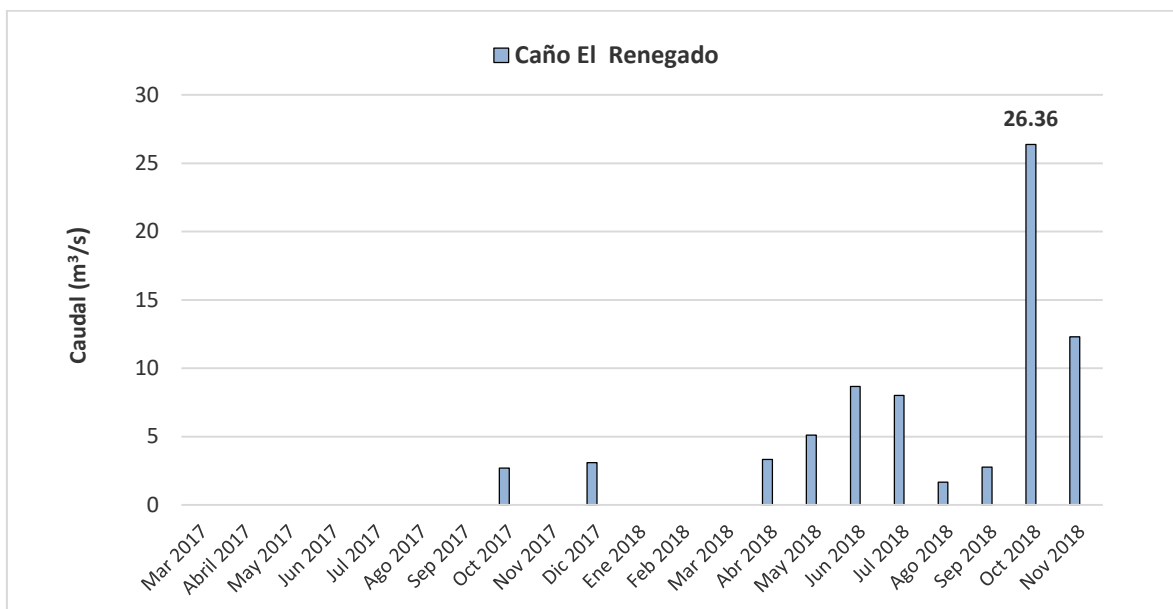


Figura 4-23. Caudales instantáneos (m^3/s) sobre el caño Renegado durante el periodo marzo 2017-agosto 2018.



Figura 4-24. Ubicación de la estación Renegado sobre un costado del río Magdalena, se observa el canal de acceso de las aguas y como se encuentran obstruido por restos vegetales, residuos sólidos que son arrastrados hasta la bocas del sistema de compuertas de paso de estación Renegado.



Figura 4-25. Detalle de restos vegetales, residuos sólidos en la zona de compuertas de la estación Renegado.



Figura 4-26 Detalle del paso del agua por estación Renegado hacia la ciénaga, en octubre de 2018.

4.3.2. Variabilidad temporal y espacial del Flujo de Masa Total (FMT).

La Figura 4-27 muestra la variabilidad temporal por trampa de los FMT a partir del monitoreo realizado con las trampas de sedimento desde el mes de febrero hasta el mes de septiembre del 2018. Tal como se observa los meses que registran mayores valores de FMT fueron junio y agosto, con un promedio de $110.84 \pm 49.57 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$ y $78.07 \pm 56.12 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$ respectivamente, mientras que los valores más bajos se presentaron en febrero con $30.89 \pm 13.59 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$ y abril con $42.86 \pm 17.47 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$.

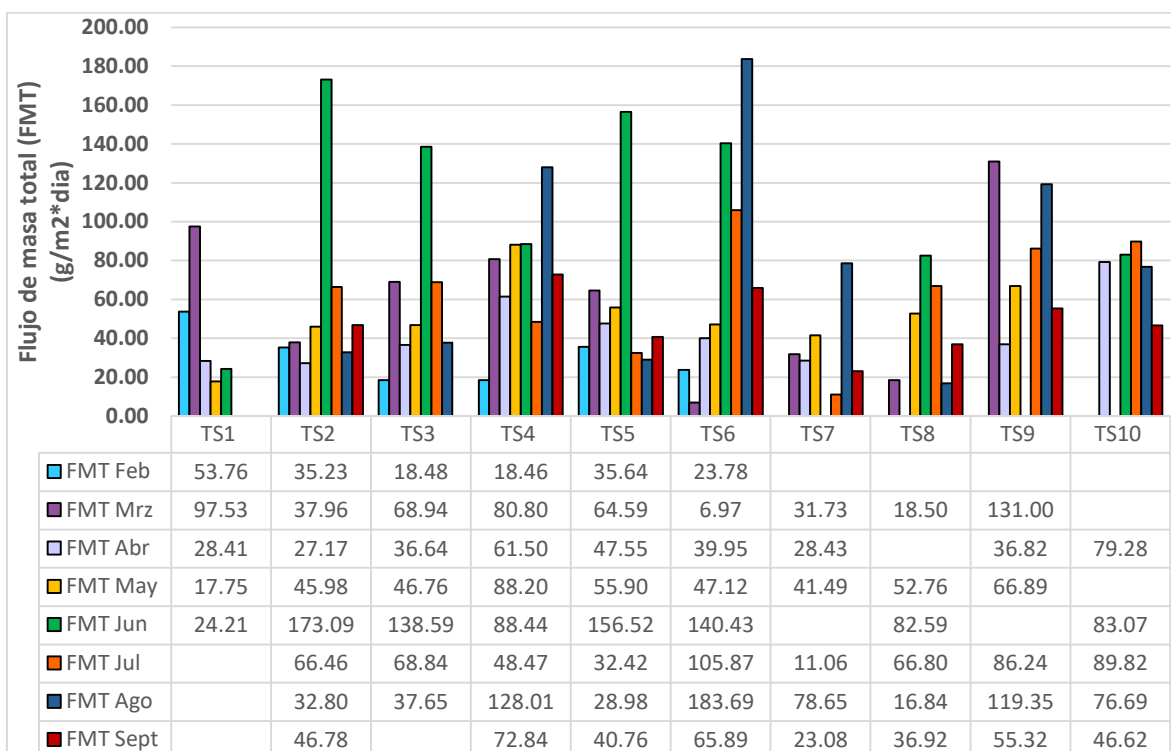


Figura 4-27. Histograma con los resultados de flujo de masa total (FMT en g/m²*día) de cada trampa de sedimento instalada entre el mes de febrero y septiembre de 2018.

Puntualmente, los valores más altos de FMT del mes de junio fueron de 173.09 g/m²*día para la muestra TS2, ubicada cerca de Caño Grande, seguida de 156.52 g/m²*día para la muestra TS5, ubicada cerca de la desembocadura del Caño Clarín y 138.59 g/m²*día para la muestra TS3, ubicada en cercanías del río Aracataca. En las muestras colectadas en el mes de agosto, el valor más alto fue de 183.69 g/m²*día en la TS6 ubicada en la zona central de la ciénaga, seguida de 128.01 g/m²*día en la TS4 y 119.35 g/m²*día en la TS9, ambas localizadas cerca del río Sevilla. Por otro lado, durante el mes de febrero, las trampas TS3 y TS4 presentaron los menores valores de 18.48 g/m²*día y 18.46 g/m²*día respectivamente. Por otra parte, en el mes de abril se colectó en la TS2 un total 27.17 g/m²*día, en la TS1: 28.41 g/m²*día y 28.43 g/m²*día en la TS7.

Estas variaciones se aprecian de mejor de manera espacial (Figura 4-28). En la representación del mes de febrero se utilizó un área de influencia de 5.0 km a la redonda para poder generar una interpolación adecuada de los datos. Para los meses siguientes, dado que la densidad de puntos aumentó, se utilizó un radio de 3.5 km para generar la zona de influencia. Como se observa en la Figura 4-27, los eventos más conspicuos se presentan efectivamente en los meses de marzo, junio y agosto (Valores altos o bajos). El mes de marzo (Figura 4-28 B) la mayor concentración de material se obtuvo en el lado suroriental (TS4 y TS9) y en la ciénaga de Pajarales (TS1). Esto puede asociarse a la dispersión de sedimento proveniente de los afluentes del lado oriental de la ciénaga. Los meses de abril y mayo son muy homogéneos entre sí y no presentan alta variabilidad espacial en el FMT. Sin embargo estos aparentan concentrarse hacia el lado nororiental de la ciénaga (TS4 y TS10), en la zona de influencia del Río Sevilla.

En el mes de junio (Figura 4-28 E), el lado occidental presenta la mayor concentración diferente de los meses anteriores. Cabe destacar, que la trampa TS2, la cual es una trampa que se encuentra localizada en la desembocadura de Caño Grande; presenta altos FMT. Esta trampa representa la conexión sedimentológica entre Pajarales y la ciénaga grande. Los flujos obtenidos pueden estar asociados a la acción combinada de resuspensión y descarga de material que proviene de Pajarales a través de Caño Grande, lo que beneficia la acumulación de material.

En el mes de agosto (Figura 4-28 G) se observa un pico en los valores de FMT concentrados esta vez en la parte oriental y norte de la ciénaga (TS4, TS6 y TS9) caso que se repite en el mes de septiembre aunque con magnitud de flujo mucho menor (promedio de $48.53 \pm 15.98 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$).

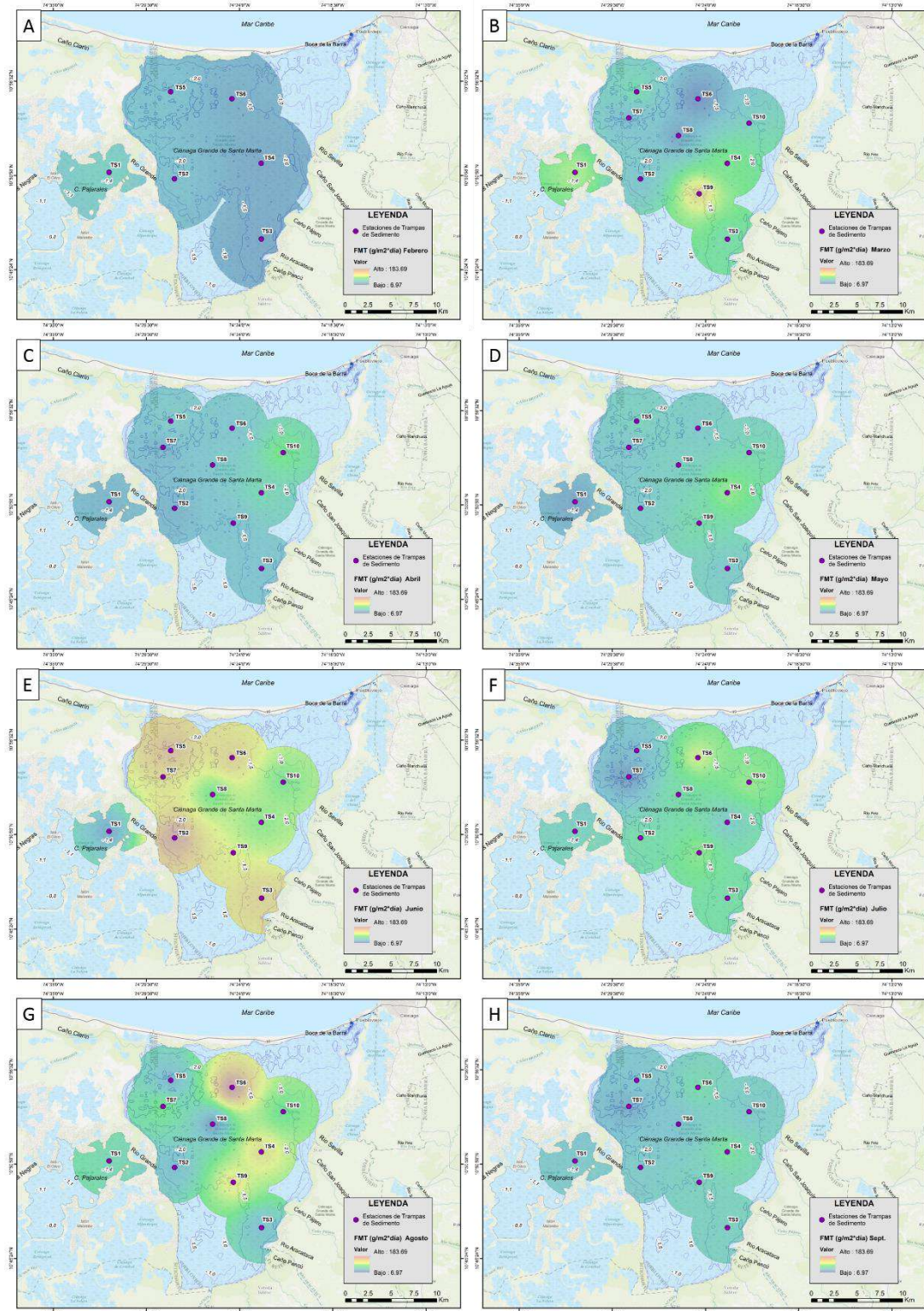


Figura 4-28. Representación espacial y temporal de los FMTs de febrero a septiembre (A - H).

La relación entre el promedio de FMT de cada trampa y su variabilidad espacial con respecto a su localización en la CGSM puede apreciarse en la Figura 4-29. La muestra TS1 evidencia un promedio de FMT de $44.33 \pm 32.72 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$, para la muestra TS2 se obtuvo un promedio

de FMT de $58.18 \pm 47.95 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$, con un máximo en el mes de junio. En la zona suroriental de la ciénaga, sector de Bocas de Aracataca hasta río Sevilla, la estación TS3 presenta un aumento gradual mensual en los flujos, con un valor máximo en junio y un promedio de $59.41 \pm 39.32 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$. La muestra TS4 por su lado, es una de las muestras más homogéneas al no presentar grandes variaciones en el flujo, con un promedio de $73.34 \pm 32.21 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$. La trampa TS9, presenta un promedio de FMT de $82.60 \pm 36.86 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$, para el periodo muestreado. En el sector noroccidental del complejo, las trampas TS5 y TS7 no presentan variaciones considerables entre sí (ver Figura 4-29 b) con flujos promedio de $59.79 \pm 41.67 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$ y $35.74 \pm 23.30 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$ respectivamente. Mientras la trampa TS6 presenta una alta variabilidad en toda la serie de datos, TS8 no presenta valores fuera de los extremos.

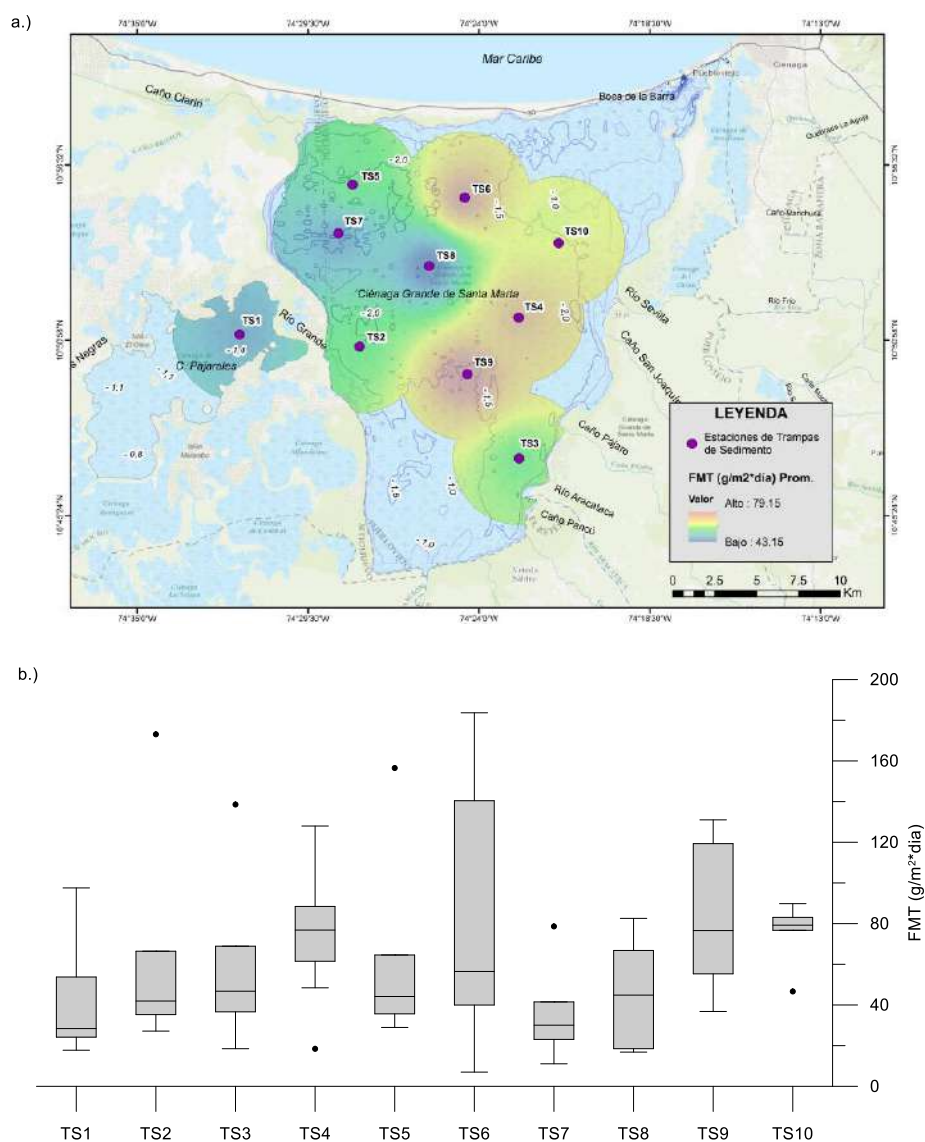


Figura 4-29. a) Mapa de interpolación del promedio de FMT para la serie de tiempo desde febrero a septiembre. b.) Gráfico de caja y bigotes con los valores de media, cuartiles 25 y 75, desviación estándar y valores extremos fuera de los cuartiles (puntos negros).

4.3.3.1 Relación entre el FMT y las principales variables ambientales.

El comportamiento cuantitativo y cualitativo del flujo de masa total puede relacionarse a variables ambientales que ejercen control sobre la dinámica de las partículas en la columna de agua como los vientos y la precipitación. En la Figura 4-30, se puede identificar tres etapas diferentes contrastantes respecto a estas variables vs el flujo promedio de la CGSM: la primera de febrero a abril, una segunda de mayo a julio y finalmente una tercera de agosto a septiembre.

En la primera etapa, entre los meses de febrero a abril, los vientos presentan una intensidad en promedio de 5.9 m/s (valor promedio mensual de 2018), con una dirección predominante del noreste, así mismo las precipitaciones históricas muestran un máximo en abril de 0.7 mm.

El promedio de FMT varía entre 30.89 g/m²*día y 59.78 g/m²*día, escenario relacionado a procesos de resuspensión debido a las altas velocidades del viento. A su vez esta puede influir en un incremento del tiempo de suspensión de las partículas y afectar su velocidad de sedimentación. Este proceso afecta la producción de materia orgánica lo cual influye en la cantidad de sedimento que se sedimenta en la ciénaga (Gutiérrez, Akester, & Naranjo, 2016).

Entre los meses de mayo y julio se observa que la precipitación se incrementa significativamente y la intensidad de los vientos disminuye respecto la primera etapa o periodo. Esto se traduce en un incremento del material recuperado, con un pico en el mes de junio (ver Figura 4-30), resultado de la acción conjunta de resuspensión y aporte fluvial. Esto puede estar relacionado con los altos caudales registrados para los meses de mayo y junio de los ríos Aracataca, Sevilla y Fundación. Finalmente, en la última etapa de agosto y septiembre el FMT tiene una relación directa con la precipitación mensual, despreciando la intensidad del viento es tiene magnitudes mínimas.

Adicionalmente, la instalación de las trampas de sedimento permitió evaluar de manera indirecta la respuesta de recambio entre agua dulce/salada dentro de la CGSM. De manera general fue identificada la variación de dominancia entre la colonización de las trampas por algas (especies no determinadas) y crustáceos de la especie *Balanus sp.* Teniendo en cuenta que que estas últimas especies tienen una afinidad por el agua salobre (Caffey, 1985), permite que sean usadas como indicadoras de la predominancia de aguas marinas en el sistema, por lo menos por lo menos en el área de localización e influencia de las trampas de sedimento colonizadas por ellos (

Tabla 4-2).

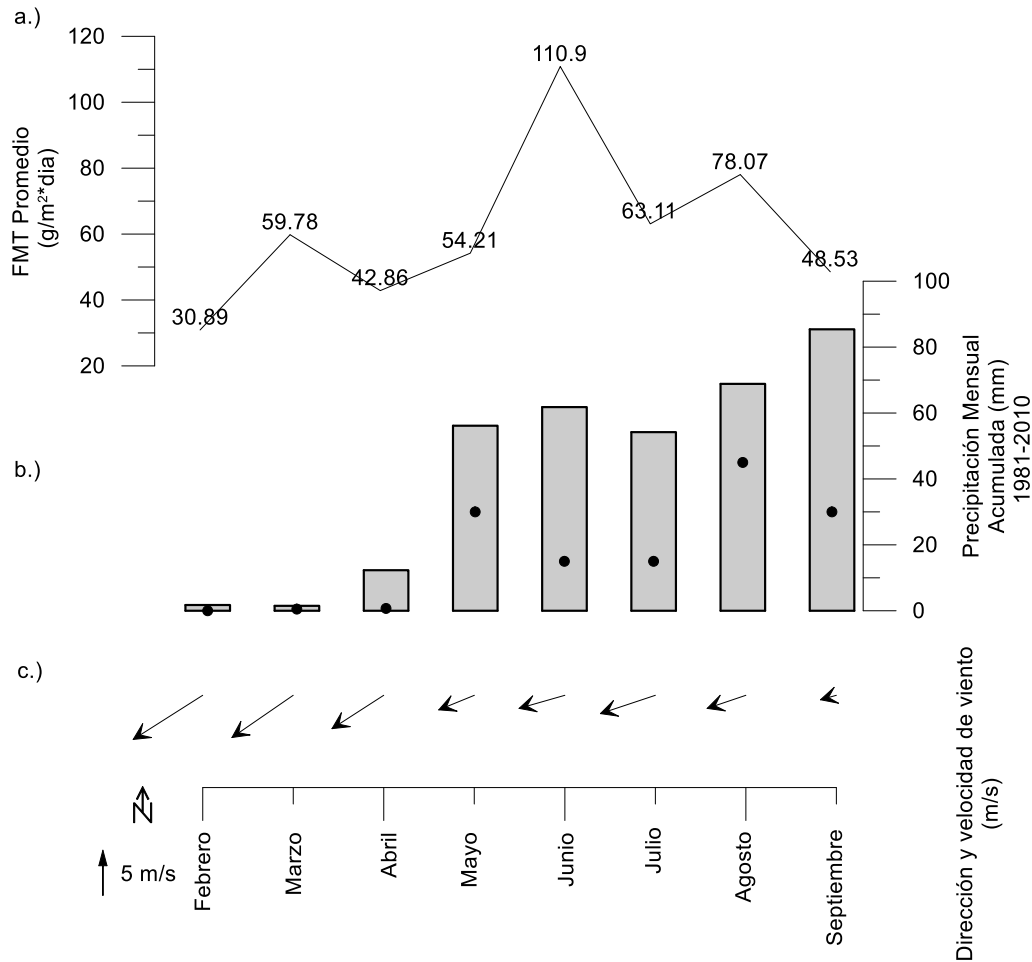


Figura 4-30. Comparación entre a.) FMT promedio para el periodo comprendido entre febrero – septiembre de 2018 b.) Media de la precipitación mensual acumulada entre 1981 - 2010; en detalle (puntos) se muestra la precipitación acumulada por mes para el presente año (datos IDEAM) y c.) Promedio de la velocidad y dirección del viento superficial en la CGSM (promedios semanales del producto intercalibrado de vientos sobre el mar CCMP L3.0 entre 1987 y 2015¹ (Cross-Calibrated, Multi-Platform Ocean Surface Wind Velocity)).

Durante el estudio, la trampa TS1 mostró solo colonización por *Balanus sp* en el mes de Marzo; ambientalmente esto podría significar la presencia de aguas salobres en la Ciénaga de Pajarales. Hay que resaltar que, exceptuando este mes, en esta trampa no se presentó ningún tipo de colonización, lo que podría ser un indicio de la baja calidad ambiental de estas aguas.

En el caso del complejo lagunar principal, la colonización se vio dominada por *balanus sp* durante los primeros meses hasta su desaparición a partir de agosto, presentándose

¹ obtenidos del http://podaac.jpl.nasa.gov/ocean_wind/ccmp.

esporádicamente en el lado occidental (TS5 y TS6) en el mes de septiembre. Lo mismo ocurre para las almejas, las cuales restringieron su aparición los meses de mayo y junio.

Tabla 4-2. Tabla resumen de los diferentes colonizadores encontrados durante el monitoreo de trampas de sedimento. 1 corresponde a presencia, 0 a ausencia y guion (-) a sin muestra de sedimento.

Mes	Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre		
Estación	Balanus	Conchas	Algas	Balanus	Conchas	Algas	Balanus	Conchas	Algas	Balanus	Conchas	Algas	Balanus	Conchas	Algas	Balanus	Conchas	Algas	Balanus	Conchas	Algas	Balanus	Conchas	Algas
TS1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--
TS2	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
TS3	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	--	--	--
TS4	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1
TS5	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
TS6	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1
TS7	--	--	--	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1
TS8	--	--	--	0	0	1	--	--	--	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
TS9	--	--	--	0	0	1	1	0	1	1	1	1	--	--	--	1	0	1	0	0	1	0	1	1
TS10	--	--	--	1	0	1	1	0	1	--	--	--	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1

4.3.3. Turbidez

Se procesaron los datos de sólidos suspendidos totales (SST) de los meses de enero-octubre de 2018, separándolos en 3 grandes sectores: norte, sur y Pajarales. Para el sector norte, se encontró que las estaciones cercanas a la boca de la Barra presentaron los mayores valores (Figura 4-31), siendo el mes de enero y marzo los que registraron valores por encima de 130 mg/L; mientras que, para el mes de mayo, estos decrecieron hasta 50. Es probable que la estacionalidad que se registra a nivel climático, esté viéndose reflejada en éste parámetro, esto debido que los meses de enero-marzo es donde se presenta la mayor magnitud en los vientos los cual hace que toda la columna de agua presente mucha mezcla y esto causa que haya mucha resuspensión de sedimentos. Adicionalmente, se encontró un gradiente de concentración desde la estación S6 en el centro-norte de la CGSM) hasta la S4, registrando fluctuaciones a través de los meses; siendo el mes de febrero el que presenta el mayor valor mientras que en marzo, mayo y junio disminuyen, sin embargo, para todas las estaciones se encuentra un leve aumento en agosto, pero en septiembre y octubre estos registran una disminución sobre todo en la estación S4 y el caño Clarín lo que estaría indicando que la temporada de lluvias y escorrentía no está incidiendo en los sólidos suspendidos totales en este sector.

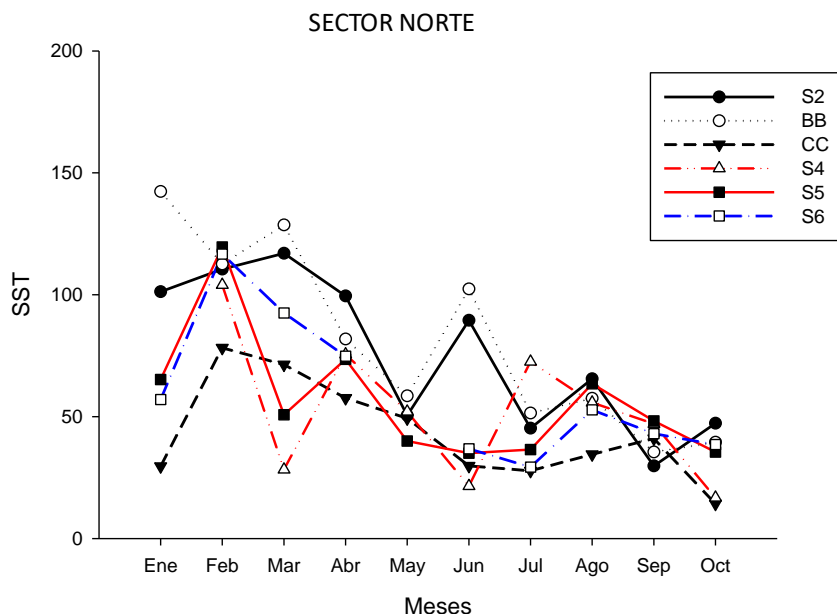


Figura 4-31. Serie de tiempo de los sólidos suspendidos totales (SST) en el sector norte del complejo lagunar CGSM.

En el sector sur también se encontró un gradiente en la concentración de los SST, registrándose que a través de los meses la estación del río Sevilla presenta las menores concentraciones. El río Fundación, por ejemplo, para enero presentó valores similares al Sevilla; mientras que, en los meses posteriores, aumentó hasta 40 mg/ L en el mes de marzo. En el mes de abril disminuyó, pero en mayo presentó un máximo de 103.97 mg/ L, lo cual indica que hubo alguna perturbación en el cuerpo de agua (Figura 4-32). Las demás estaciones presentaron comportamientos similares, con máximos entre marzo y abril y mínimos en junio. La única estación que presenta un comportamiento diferente es la estación S3, la cual presentó un máximo en febrero de 154 mg/ L con una tendencia a disminuir en los meses posteriores. Cabe destacar que la estación S3 se encuentra más cercana a la boca de La Barra, lo cual indica que pueda tener mayores perturbaciones.

En los meses de agosto la estación S3 presentó una tendencia al aumento mientras que en los meses de septiembre y octubre la tendencia es a disminuir lo que indica que este sector tiene una influencia más oceánica que de los ríos que bajan de la sierra. Finalmente, los meses de septiembre y octubre no mostraron aumentos y cambios considerables entre las estaciones, únicamente para el río Fundación hay un leve aumento. Esto indicó que los sólidos suspendidos no están siendo modulados por la precipitación sino más bien responden al viento.

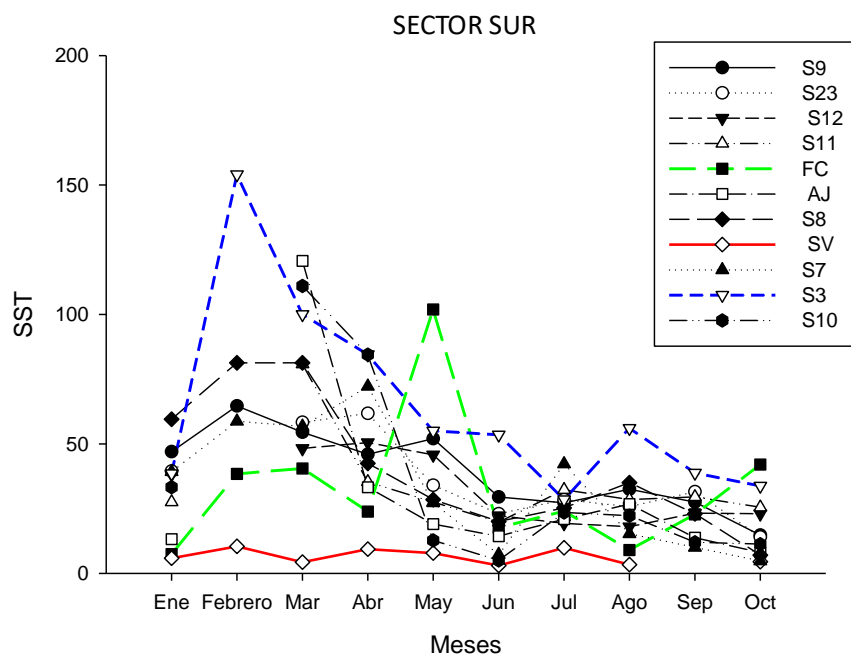


Figura 4-32. Serie de tiempo de los sólidos suspendidos totales (SST) en el sector sur del complejo lagunar CGSM.

Finalmente, el sector de Pajarales, se agrupó en 2 zonas: las estaciones de la periferia y la zona central de la ciénaga de Pajarales y tres estaciones que se agrupan en la influencia directa del caño Aguas Negras. Las estaciones de la zona central presentan una tendencia similar a lo largo de los meses (S16, S14, CH-Cherle) (Figura 4-33); las estaciones S15 y S18 presentan un comportamiento inverso, mientras que S15 presenta la mayor concentración de sólidos en enero (175.5 mg/ L), la estación S18 los presenta en abril (191.9 mg/ L). Cabe resaltar que estas dos estaciones se encuentran en la zona central de la ciénaga de Pajarales con influencia directa del caño Aguas Negras. Se destaca también que la estación S18 para los meses de agosto-octubre es la que presenta los mayores valores en la serie incluso para octubre presenta el doble de la concentración de la S16 por ejemplo. Estos resultados indican que al menos en esta estación se ve reflejada el incremento de los sedimentos por parte del río Magdalena.

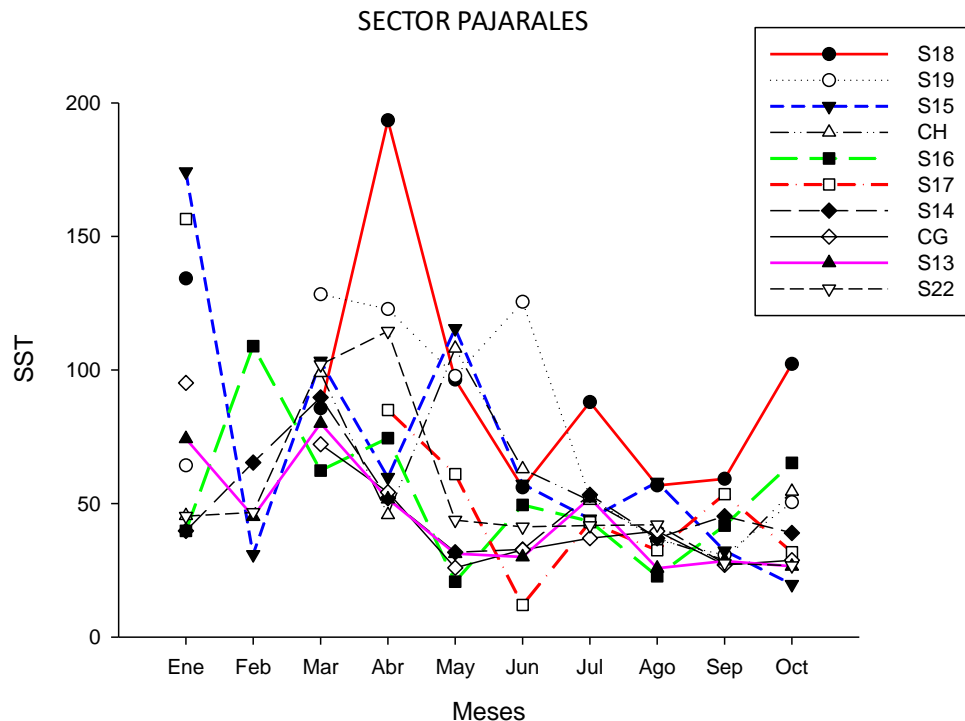


Figura 4-33. Serie de tiempo de los sólidos suspendidos totales (SST) en el sector de Pajarales del complejo lagunar CGSM.

Debido a la alta concentración de sólidos suspendidos totales en la estación de Aguas Negras, S20 y S21 se graficaron de manera separada de las otras estaciones adyacentes. Se encontró por lo tanto que en Aguas Negras se registra el mayor aporte de sólidos en el mes de mayo (490.1) (Figura 4-34), mientras que para S21 fue de 277.4. Las dos estaciones siguen la misma tendencia, con mínimos en junio y julio. Aunque la estación S20 presenta valores promedio de alrededor de 74,2 el mes de octubre presentó una concentración de 425.5 por lo tanto hubo que agruparla con las estaciones anteriormente descritas.

Al comparar los valores de todas las estaciones, se puede inferir que al complejo lagunar de la CGSM le están llegando más aportes de sedimentos desde el río Magdalena a través del Caño Aguas Negras; mientras que el que menos estaría aportando sería el río Sevilla. También se observa una estacionalidad en los valores de los sólidos a través de las diferentes estaciones, siendo más marcada esta estacionalidad en las estaciones del norte lo cual indica que podría haber un acoplamiento con variables como viento y con precipitación en las estaciones del sur.

También se observa una estacionalidad en los valores de los sólidos a través de las diferentes estaciones, siendo más marcada esta estacionalidad en las estaciones del norte lo cual indica que podría haber un acoplamiento con variables como viento y con precipitación en las estaciones del sur.

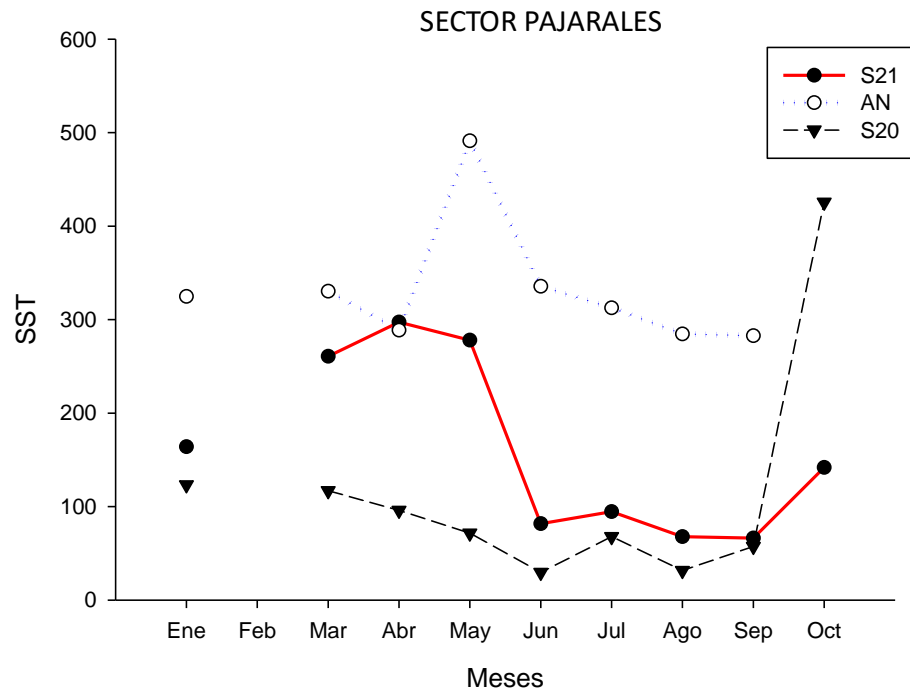
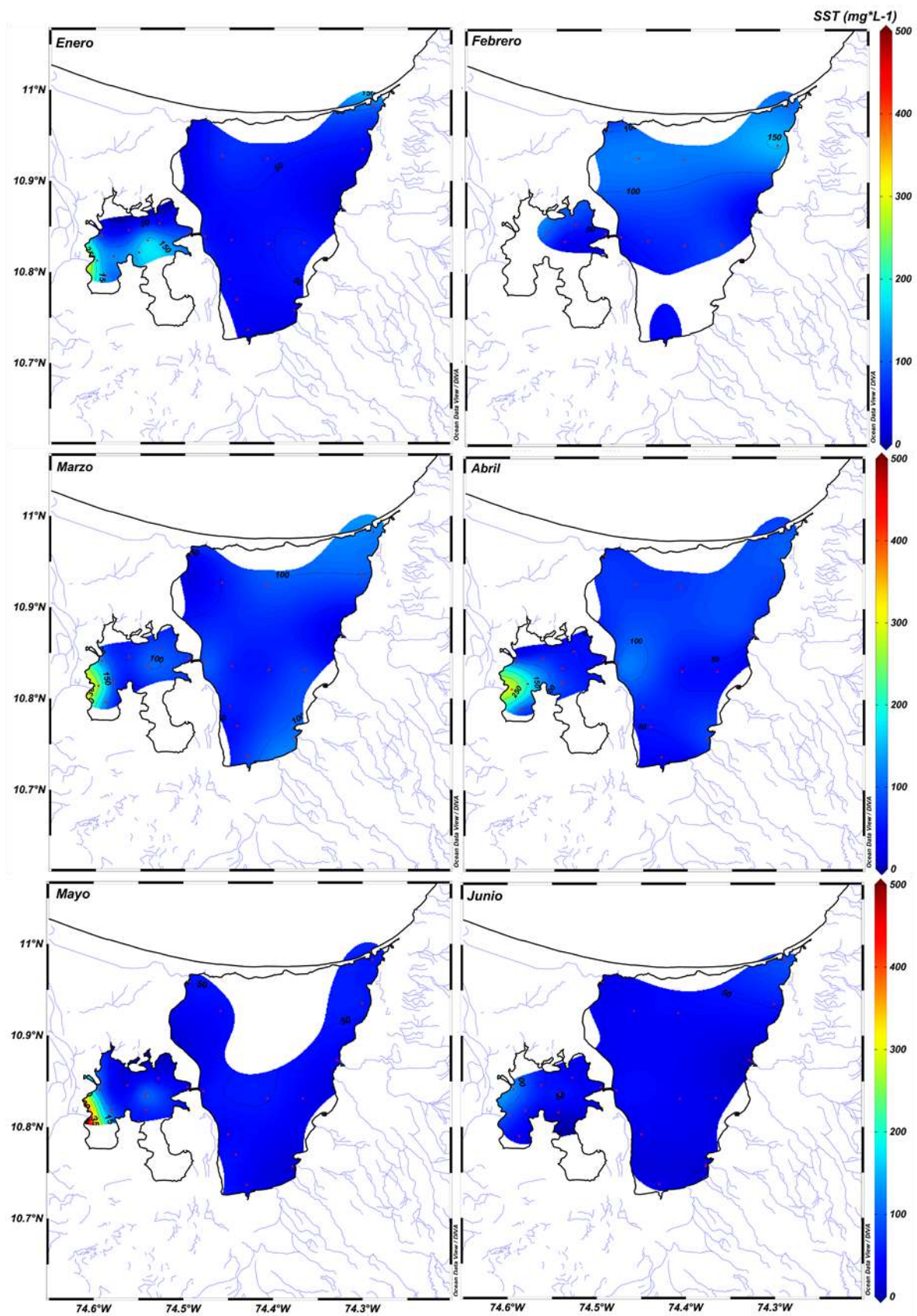


Figura 4-34. Serie de tiempo de los sólidos suspendidos totales (SST) en el sector de Pajarales, estación S20, S21 y caño Aguas Negras del complejo lagunar CGSM.

De manera adicional, se realizaron los mismos gráficos en planta mes por mes y se encontró un pulso de sedimentos llegando a la ciénaga de Pajarales desde el caño Aguas Negras principalmente en los meses de Enero, marzo-mayo y julio con una disminución únicamente en febrero y junio (Figura 4-35), sin embargo debido que el aporte de éste caño es casi 10 veces mayor que el promedio de las otras zonas, se tiende a enmascarar otras zonas como la boca de la barra donde hay aportes desde el mar y están ocurriendo otros procesos como resuspensión por el viento y mezcla. Por lo tanto, las estaciones deben analizarse por sectores y las estaciones de caño Aguas Negras y S20 por separado. Así mismo se encontró un incremento de hasta 4 órdenes de magnitud para el mes de octubre en la estación S20 del sur de la Ciénaga de Pajarales en comparación con los otros meses, es importante evaluar a que se debe dicho aumento en ese lugar en particular dado que no se presentó en ninguna de las estaciones adyacentes.



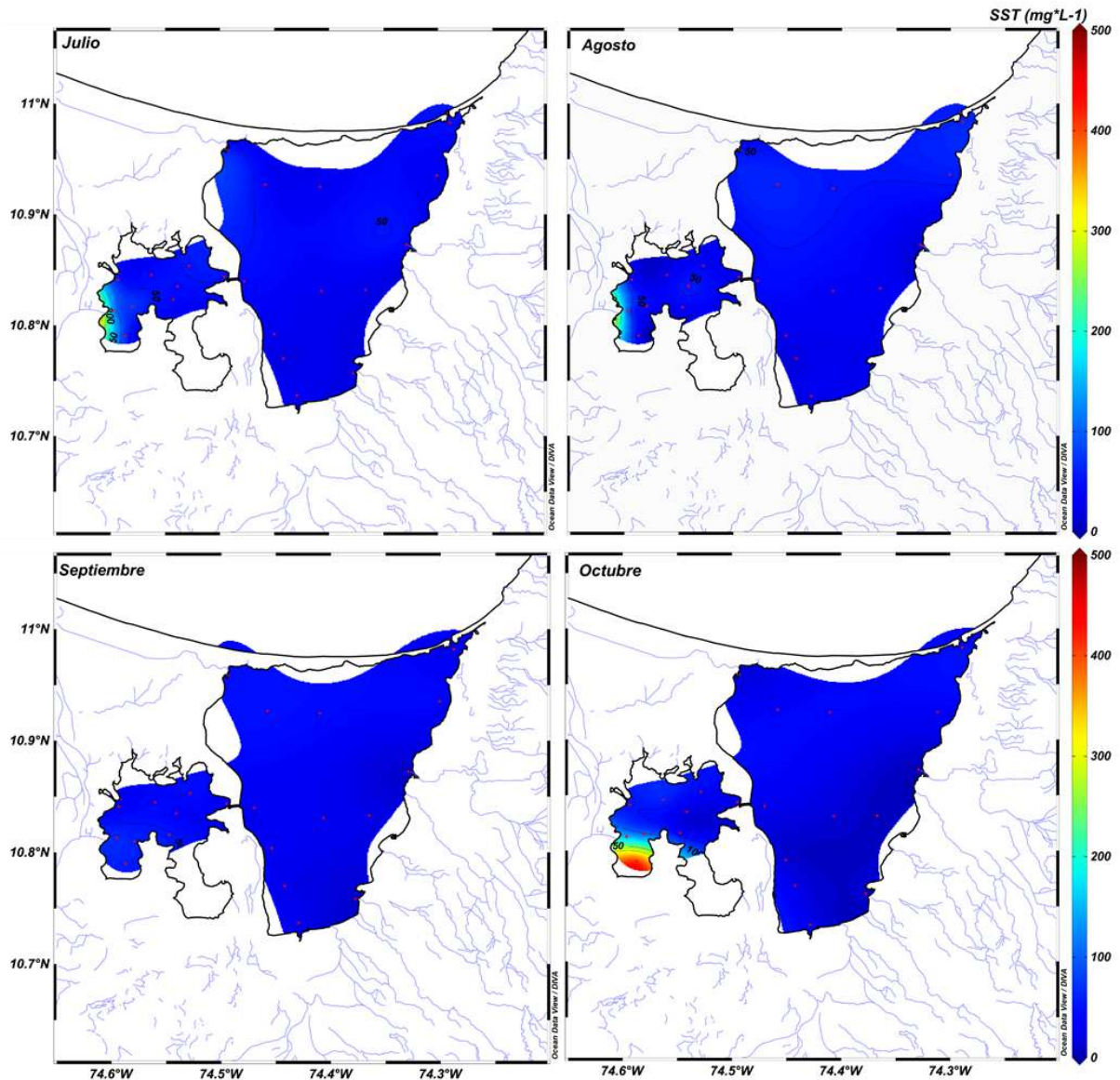
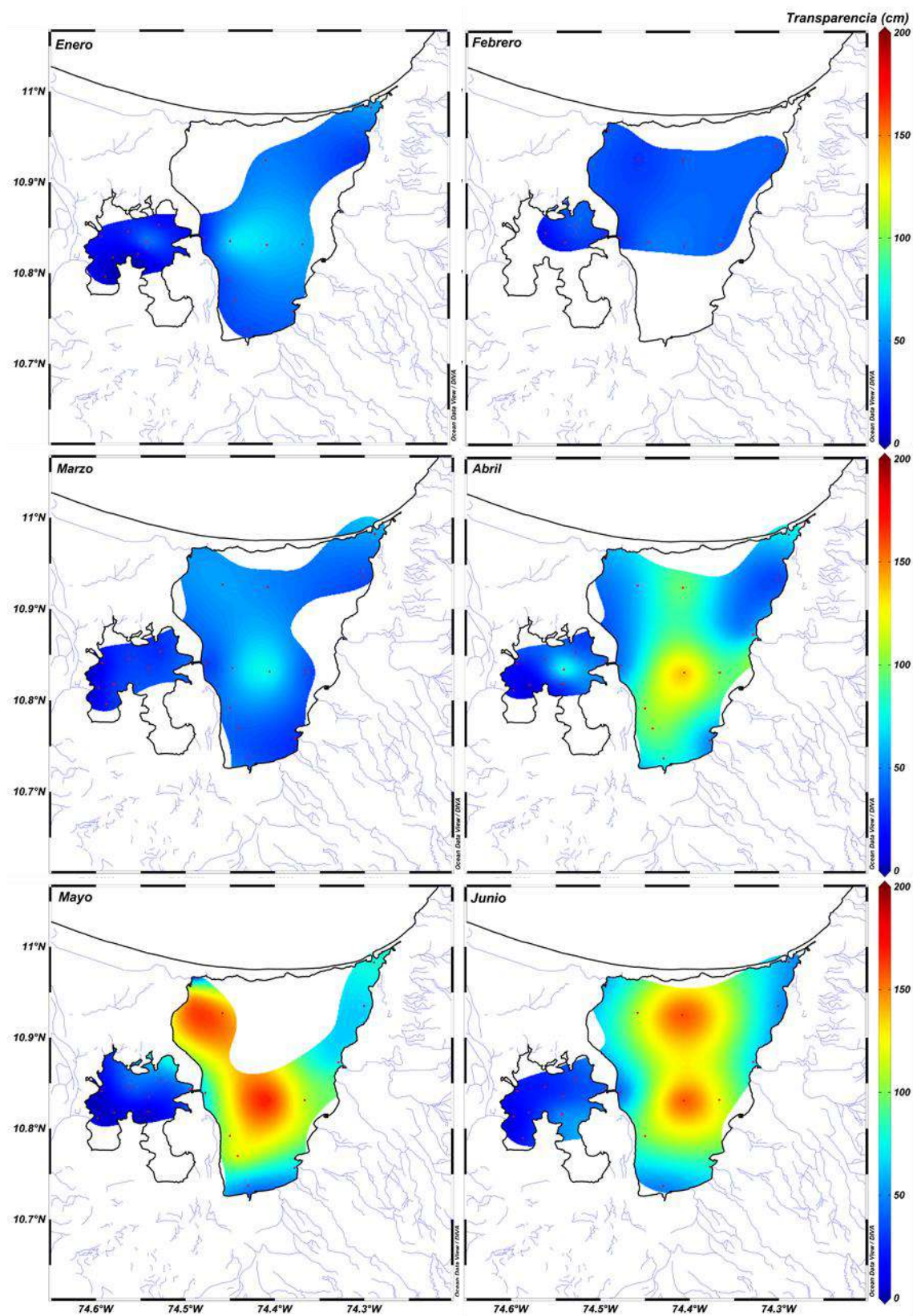


Figura 4-35. Sólidos Suspendedos Totales ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) para los meses de enero-julio de 2018 en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

En cuanto a la transparencia de la columna de agua, se encontró que los tres primeros meses del año presentan bajos valores (hasta 5 cm), mientras que de abril a julio esta tiende a aumentar, alcanzando valores hasta de 200 cm (Figura 4-36). Incluso se observa un patrón espacial donde la zona central de la CGSM presenta los mayores valores de transparencia mientras que la zona de la ciénaga de Pajarales durante todos los meses analizados presenta los menores valores, lo cual tiene concordancia con las mediciones de sólidos suspendidos totales. Los últimos tres meses analizados (agosto-octubre) muestran mayores valores de transparencia hacia el sector sur, incluso en octubre se presenta un valor de 140 cm en la estación S8 lo cual indica que, aunque es el mes en donde se presentan las mayores escorrentías no se vieron reflejados en un mayor aporte de sólidos suspendidos totales.



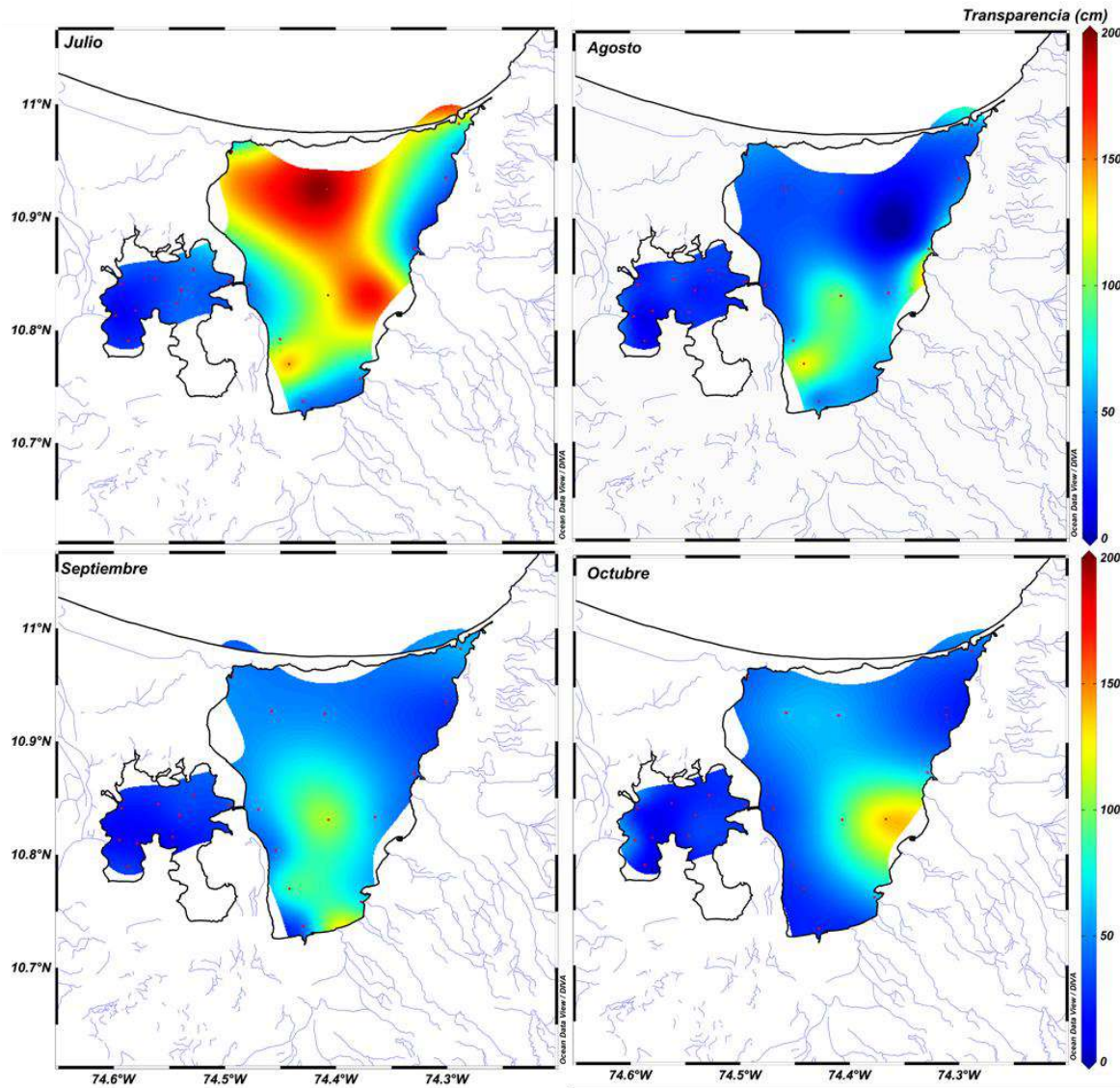


Figura 4-36. Transparencia (cm) para los meses de enero-julio de 2018 en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

4.4 Conclusiones

El desarrollo de este proyecto permitió identificar que es fundamental conocer la dinámica hidrológica de los ríos y caños aportantes a la CGSM, ya que no solo mantienen el sistema lagunar; si no que también hacen parte del sostenimiento de ecosistemas estratégicos costeros fundamentales para las poblaciones de pequeños mamíferos, aves, reptiles y peces que viven o transitan la ciénaga como parte de su ciclo de vida; además, la importancia que esta región presenta para comunidades de los pueblos palafitos, agricultores como zona de servicios ecosistémicos.

El monitoreo permitió completar un año de datos, lo cual es conocido como "año hidrológico" y fue un insumo fundamental para implementar el modelo de balance hídrico y calibrar y el modelo hidrodinámico. Particularmente y con base en los datos monitoreados de caudales

durante el año 2018, se pudo evidenciar que los volúmenes de caudales están regidos por las características climáticas de la región, donde los bajos caudales estuvieron relacionados a la época seca que es de diciembre a marzo; mientras que los mayores a la época húmeda o mayores lluvias, lo cual se reflejó en los caudales de los ríos y caños desde el mes de abril hasta finales de octubre. También se encontró que la existencia de compuertas o trampas hidráulicas en los caños afecta directamente el valor medido y no puede asociarse fácilmente con una época climática.

Con respecto a la turbidez, se encontró que la CGSM se separó en 3 grupos, la zona Norte (estaciones cercanas a la boca de la Barra y Caño Clarín) la Zona Sur que comprende los ríos que provienen de la sierra nevada de Santa Marta y finalmente la zona de Pajarales que comprende todas las estaciones de dicha ciénaga. A su vez, dentro de esta zona hay estaciones que reciben la influencia directa del caño aguas negras presentando valores que triplican las otras estaciones. Se encontró que el mayor aporte de SST proviene desde el río Magdalena a través del caño Aguas Negras y se observó una marcada estacionalidad en los SST determinada más por el viento en las estaciones del norte y sur de la CGSM que por las descargas de los ríos. La transparencia respondió a la estacionalidad del viento más que a los aportes de origen continental, sobre todo en los meses de abril-julio. Siendo el mes de julio donde se presentó la mayor transparencia sobre todo en la zona central de la ciénaga.

De acuerdo a los resultados observados, el flujo de masa total (FMT) se encuentra directamente influenciado por la intensidad del viento; las precipitaciones regionales y/o su acción conjunta; fenómenos que detonan y regulan la intensidad de material en proceso de deposición que puede llegar a influenciar los procesos biogeoquímicos que ocurren en la columna de agua del complejo lagunar. Los mayores flujos de masa total de manera general se concentraron al lado oriental de la CGSM influenciados tal vez por las descargas de sedimento que provienen de la SNSM a través de los afluentes como el río Aracataca, río Fundación y río Sevilla. La mayor variabilidad de FMT se observó en la zona central de la ciénaga (TS6). Esto puede deberse a que esta podría ser una zona de interacción de aguas marinas provenientes de la entrada de la Boca de la Barra y las aguas fluviales de los diferentes afluentes occidentales que descargan en la ciénaga; así como el hecho de que esta es una zona de mayor exposición al efecto del viento.

4.5 Recomendaciones

Se recomienda dar continuidad al monitoreo, toda vez que la obtención de datos mensuales permite afinar modelos, tomar decisiones más certeras y hacer seguimientos a corto plazo de la evolución de los cuerpos de agua. Se recomienda densificar la malla de puntos para próximos muestreos y realizar la instalación de trampas de sedimento en zonas de menor profundidad, donde los procesos de resuspensión son más propensos a ocurrir y compararlos con los resultados de zonas más profundas y así determinar los procesos que dominan en cada zona del complejo lagunar. Debido a que en la columna de agua de CGSM se llevan a cabo varios procesos biogeoquímicos, se deberían realizar análisis geoquímicos, granulométricos y mineralógicos a las muestras recuperadas para así determinar y diferenciar el tipo y cantidad de material sedimentario de cada zona (material detrítico y biológico).

5 Evaluación de nutrientes y balances biogeoquímicos

5.1 Introducción

Los nutrientes inorgánicos disueltos constituyen un componente esencial en el desarrollo de la productividad primaria en los ecosistemas, sin embargo la influencia antropogénica pone en riesgo el equilibrio biogeoquímico natural, debido a que actividades como la agricultura y el vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales pueden causar la eutrofización de los cuerpos de agua, por lo cual el monitoreo de nutrientes y por ende el conocimiento de su distribución y dinámica constituye un proceso fundamental para la generación de acciones de manejo ambiental ([Kunning et. al. 2018](#)). En el caso de La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), esta ha sufrido afectaciones causadas por el desarrollo poblacional como la construcción de la carretera Santa Marta-Barranquilla (1960) y Palermo-Salamina (1970), que dificultó el intercambio hídrico entre el mar y las Ciénagas causando alteraciones en el ecosistema como disminución en la calidad de aguas y pérdida de bosques de manglar ([Carvajalino-Fernández et.al, 2017](#)). Adicionalmente la dinámica de los nutrientes en la CGSM, se ve afectada otras actividades desarrolladas en las poblaciones aledañas como la sobreexplotación de la zona bananera y demás actividades agrícolas desarrolladas en las poblaciones rivereñas como lo es el vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento y residuos de actividades industriales ([Vivas-Aguas et.al., 2013](#)) todas estas actividades alteran las concentraciones naturales de los nutrientes inorgánicos, ocasionando un exceso de los mismos o alterando los ciclos naturales por las restricciones en el intercambio hídrico natural.

El entendimiento de los ciclos de nutrientes y carbono, así como sus flujos dentro y fuera de los ecosistemas costeros, es importante para la gestión sostenible de recursos. Las lagunas costeras exportan o importan materiales, según donde estén ubicadas y el régimen fluvial y marino asociadas a ellas (Tovilla y De la Lanza, 2001). Entornos costeros como la CGSM son de alta productividad y juegan un papel importante como salacunas y zonas de alimentación para las poblaciones de peces juveniles. Se ha sugerido que los cuerpos de aguas interiores son de gran importancia en los ciclos biogeoquímicos; sin embargo, se han realizado pocos estudios con el fin de entender el enriquecimiento de nutrientes en ecosistemas costeros someros, tales como el complejo lagunar CGSM.

5.2 Metodología

Dinámica de Nutrientes

Para el análisis del inventario de nutrientes en la Ciénaga Grande de Sanra Marta, se tomó la información almacenada en la base de datos del proyecto de monitoreo de la CGSM "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" teniendo en cuenta un corte de los últimos 10 años (2008 - 2018),

resaltando 3 años contrastantes en cuanto a eventos climáticos: 2011 Niña fuerte, 2015 Niño fuerte y 2013 como periodo normal en cuanto a condiciones climatológicas (NOOA, 2018). Este ejercicio con el fin de identificar si para el Complejo Lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta, existían variaciones en el comportamiento respecto al clima para los nutrientes en esos tres años, teniendo en cuenta que el fenómeno del Niño/Oscilacion del Sur (ENSO) ha sido asociado a disminuciones en la concentración de nutrientes y por ende a disminución en la productividad primaria en otros ecosistemas (Hernandez et. al., 2004). Por último se tomó el periodo comprendido entre septiembre de 2017 y agosto de 2018 como periodo actual para la evaluación de la distribución de los nutrientes en la CGSM. Las estaciones monitoreadas se ubican geográficamente como se describe en la Tabla 5-1 y la Figura 5-1.

Tabla 5-1 Ubicación de las estaciones evaluadas 2008-2018

Estación	Latitud	Longitud
Boca de la Barra	10,9897222	-74,2908333
Boca del Caño Aguas Negras	10,8141667	-74,6002778
Boca del Caño Clarín	10,950924	-74,7479118
Boca del Caño Grande	10,8416667	-74,4838889
Boca del río Aracataca	10,730959	-74,427213
Buenavista	10,8438889	-74,51
Caño Clarín Km 15	11,0059938	-74,6546408
Caño el Torno	11,0049368	-74,7644848
Centro CGSM	10,8763889	-74,4333333
Ciénaga EL Loro	11,0492608	-74,7413788
Ciénaga el Torno	11,0049368	-74,7644848
Ciénaga La AHUYAMA	10,9083333	-74,5677778
Ciénaga la Luna	10,9177778	-74,5788889
Ciénaga La Redonda	10,9713889	-74,55
Ciénaga Las Piedras	11,057465	-74,7321868
Ciénaga Poza Verde	11,0515958	-74,776544
Frente a río Sevilla	10,8736111	-74,33
Frente a río Fundación	10,730959	-74,427213
Frente a río Aracataca	10,7737	-74,373
Islas del Rosario	10,9836111	-74,2933333
La Y	10,9661111	-74,5102778
Nueva Venecia	10,8327778	-74,5744444
Rinconada	10,9608333	-74,4933333
Río Fundación	10,717	-74,4288
Río Sevilla	10,8661111	-74,3133333
Tasajera	10,9736111	-74,3258333

Los nutrientes inorgánicos fueron analizados en la Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina del INVEMAR empleando las metodologías descritas en la Tabla 5-2.

Parámetro	Unidad de medida	Metodología de análisis
Nitritos	$\mu\text{g N-NO}_2^-/\text{L}$	Método colorimétrico de la sulfanilamida (<u>Strickland y Parsons, 1972</u>).
Nitratos	$\mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$	Método colorimétrico, reducción con cadmio (<u>Strickland y Parsons, 1972</u>).
Amonio	$\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$	Método colorimétrico del azul de indofenol (<u>Strickland y Parsons, 1972</u>).
Ortofosfatos	$\mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$	Método colorimétrico del ácido ascórbico (<u>Strickland y Parsons, 1972</u>).

Balances biogeoquímicos

El cálculo del **balance de agua y sales** (flujos conservativos) fue realizado empleando el modelo propuesto por Gordon *et al.* (1996). El balance de agua o volumen residual (V_R), corresponde a la diferencia entre las entradas y las salidas de agua y será calculado con base en la ecuación (1).

$$V_R = V_Q + (V_P - V_E) + V_G + V_O \quad (1)$$

Donde, V_Q es el flujo de agua proveniente de los principales aportantes (bocas y canales), V_P es el aporte de las precipitaciones directas, V_E corresponde a la pérdida de agua por procesos de evaporación, V_G es el aporte por fuentes de agua subterráneas y V_O incluye otro tipo de aportes desde el continente, tales como aguas residuales, vertimientos, entre otros. El balance fue realizado para el periodo septiembre 2017 - agosto 2018, para el cual se tuvieron datos hidrológicos y de nutrientes en diferentes estaciones de la CGSM.

De otro lado, el balance de sales (V_X) permitió obtener el volumen de mezcla, el cual se define a partir de la salinidad como se presenta en la ecuación 2:

$$V_X = \frac{(V_R S_R)}{(S_{Ocn} - S_{Syst})} \quad (2)$$

Donde S_{Ocn} es la del punto oceánico fuera de la CGSM, S_{Syst} la salinidad promedio del cuerpo de agua principal y S_R es la salinidad residual; la cual se estimó sacando un promedio entre la salinidad en el océano y la del sistema (Gordon *et al.*, 1996). Para la salinidad del océano fue tomado el punto oceánico más cercano de la base de datos global del *World Ocean Atlas* (WOA09) ante la ausencia de datos en el golfo de Salamanca. Finalmente, el tiempo de residencia (τ) fue calculado a partir de la ecuación 3:

$$\tau = (VS_{Syst}) / (V_X + |V_R|) \quad (3)$$

Con respecto a los **nutrientes**, entender los ciclos del carbón y los nutrientes; así como los flujos dentro y fuera de los sistemas costeros, es de gran importancia para el manejo de los recursos costeros (Camacho-Ibar *et al.*, 2003). El flujo de agua, definido por el balance de agua y sales, describe el intercambio de dichos materiales; mientras que, elementos como el carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P) se transforman de medibles (disueltos) a "inmedibles" (fase particulada o gaseosa) y participan en reacciones bioquímicas y abióticas; por lo que son considerados materiales no conservativos con respecto a la salinidad (Gordon *et al.*, 1996).

Para determinar el flujo no conservativo de nutrientes se utilizó el modelo biogeoquímico de LOICZ (*Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone*), que describe que los materiales no conservativos (Y) pueden ser representados por el mismo esquema hidrográfico de entradas y salidas utilizados para el balance de agua y sales, incluyendo la suma de proceso no conservativos que interfieren para adicionar y/o remover un material Y (ΔY), la cual constituye la información deseada (Gordon *et al.*, 1996) y se expresa de acuerdo con (4):

$$V \frac{dY}{dt} + Y \frac{dV}{dt} = \sum V_{in} Y_{in} - \sum V_{out} Y_{out} + \Delta Y \quad (4)$$

De tal forma que,

$$\Delta Y = V \frac{dY}{dt} + Y \frac{dV}{dt} - \sum V_{in} Y_{in} + \sum V_{out} Y_{out} \quad (5)$$

Donde ΔY es el producto de la concentración y el flujo residual del material. Las unidades de (ΔY) son en masa por tiempo (mol día^{-1}) (Gordon *et al.*, 1996; Camacho-Ibar *et al.*, 2003). Finalmente y empleando la relación C:N:P de Redfield (106:16:1), se estimó el metabolismo del ecosistema.

5.3 Resultados

Dinámica de Nutrientes

Inicialmente se realizó análisis con el año 2017 por ser el set de datos completo más reciente disponible a la fecha de evaluación de la información, se evaluó el comportamiento de la salinidad en las diferentes estaciones por ser un parámetro disponible y directamente relacionado con los cambios en las masas de agua entre estuarios y el mar adyacente (Valenzuela *et al.*, 2007), detectándose tres momentos clave, mayo 2017 donde luego de un aumento progresivo en la salinidad se llega a los máximos niveles registrados en el año, posteriormente junio 2017, donde las concentraciones comienzan una disminución paulatina y finalmente octubre 2017 donde se reflejan cambios en el sistema derivado de un aumento significativo en las precipitaciones a partir de septiembre (NOOA 2018). La Figura 5-2 muestra la tendencia mostrada por la salinidad para la estación centro CGSM durante 2017, para mayo se encontró el máximo de salinidad (24.1).

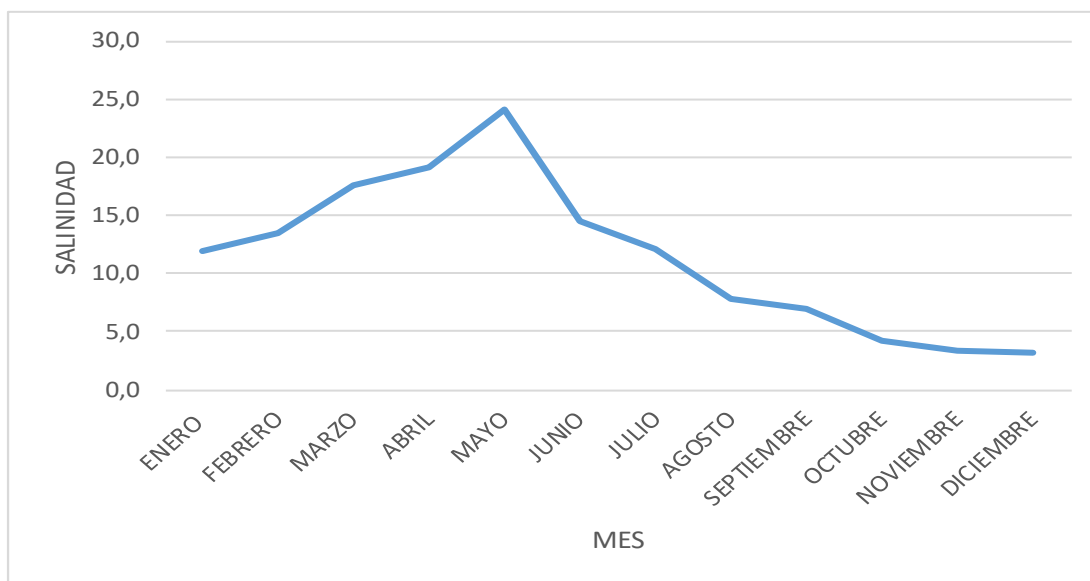


Figura 5-2. Salinidad año 2017 Para la estación Centro Ciénaga Grande de Santa Marta.

Posteriormente se identificaron las variaciones en las concentraciones de nutrientes para estos tres momentos encontrándose que durante junio las concentraciones más elevadas de los nutrientes nitrato (N-NO_3^-) y amonio (N-NH_4^+) se encontraban en la zona conformada

por las estaciones (La Ye, Rinconada y La Redonda). En el caso de los Nitratos (N-NO_3^-), sobresalen las concentraciones de los Caños Clarín y Boca de Caño Aguas Negras. Mientras que, en los fosfatos, la zona conformada por la Ciénaga Poza Verde, Las piedras, El Loro y El Torno presentó las más altas concentraciones.

Se evidenció el ingreso de Nutrientes como Nitrato y Nitrito a través del Caño Clarín y la boca del Caño Aguas Negras, procedentes del Río Magdalena con el periodo de lluvias, llegando a aumentar las concentraciones en las estaciones: Ciénaga el Loro, Ciénaga las piedras, Ciénaga el Torno y Ciénaga Poza verde donde también disminuye la salinidad. Las estaciones ubicadas cerca a los palafitos (Buenavista y Nueva Venecia) mostraron un aumento en las concentraciones de especies Nitrogenadas durante la época de lluvia, lo cual puede relacionarse con los aportes del Caño Aguas Negras, que se suman a los aportes puntuales de la población y al tiempo de permanencia en el sector de Pajarales.

Los fosfatos (P-PO_4^{3-}) presentaron las mayores concentraciones en la zona conformada por las estaciones Ciénaga Poza verde, las Piedras, el Torno y el Loro sin mostrar variaciones significativas para los dos meses evaluados en la mayoría de las estaciones a excepción de una disminución para el periodo de lluvias en las estaciones ubicadas en los ríos de la SNSM lo cual puede deberse a efectos de dilución o lavado de toda la cuenca de los ríos por las lluvias (Martínez et.al., 2001). En la estación Buenavista, también se dio la disminución de mayo a octubre, no obstante, una concentración más elevada en el mes de junio puede estar asociada a descargas puntuales de la población ajenas a dinámicas naturales de la CGSM que aumentaron el valor de concentración en la muestra tomada en esa fecha.

Se seleccionaron 11 estaciones claves para determinar variaciones asociadas a eventos climáticos teniendo en cuenta las variaciones del año “normal” para realizar el contraste, se evaluaron dos épocas climáticas durante cada año. Época seca comprendida entre diciembre y abril y época Lluviosa comprendida entre mayo y noviembre. Se seleccionaron 11 estaciones para evaluación de los años contrastantes, las estaciones fueron seleccionadas por diferentes criterios como se describe en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3 Estaciones seleccionadas para la evaluación de los años contrastantes en cuanto a eventos climatológicos

Estacion	Criterio de selección
Boca de la Barra	Estacion más cercana al mar adyacente
Boca del Caño Aguas Negras	Estación ubicada entre pajarales y el espejo de agua principal
Boca del Caño Clarín	Canal de ingreso del río Magdalena al complejo pajarales
Boca del Caño Grande	Canal entre el complejo pajarales y el espejo de agua principal
Buenavista	Estación con presencia de población palafítica ubicada en el complejo Pajarales
Centro CGSM	Estacion ubicada en el centro del espejo de agua principal
Frente a río Sevilla	Estacion influenciada por río de la vertiente occidental de la SNSM
Frente a río Fundación	Estacion influenciada por río de la vertiente occidental de la SNSM
Frente a río Aracataca	Estacion influenciada por río de la vertiente occidental de la SNSM
Río Fundación	Estacion influenciada por río de la vertiente occidental de la SNSM
Río Sevilla	Estacion influenciada por río de la vertiente occidental de la SNSM

Inicialmente se realizaron gráficos en *Ocean Data View* (ODV) para identificar las variaciones y distribución de los nutrientes en la CGSM durante los años contrastantes para las dos épocas climáticas. Para la época lluviosa, el amonio muestra ser influenciado por las precipitaciones, siendo el año 2011 el que presenta las más altas concentraciones en las estaciones ubicadas frente a los ríos de la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, en la boca del caño grande e incluso en la estación Centro CGSM. En cuanto a los nitritos para el año 2011 en la época lluviosa, se encontraron las mas altas concentraciones en todas las estaciones evaluadas, mientras que en el año 2015 las concentraciones de este nutriente bajan considerablemente, incluso al compararlas con el periodo normal (año 2013).

Para el caso de los nitratos, solo se notaron variaciones en las concentraciones para las estaciones caño clarín y Boca del Caño aguas negras, pero no puede asociarse directamente a los eventos climáticos, por lo que se puede inferir que para este nutriente en la época lluviosa, la dinámica tiene además una fuerte influencia de diferentes fuentes entre las que se deben evaluar el tiempo de residencia de las aguas y el vertido de efluentes urbanos y rurales (Martínez et. al., 2001). Finalmente, los Fosfatos se mantuvieron relativamente estables en la estación caño clarín, sin embargo, para las demás estaciones, la concentración fue mucho más alta en el año 2011 al igual que para Amonio y Nitritos. Adicionalmente se pudo observar que en 2015 la disminución en las precipitaciones pudo favorecer la disminución en la concentración de fosfatos provenientes de los ríos de la SNSM y de la boca del caño aguas Negras por parte del río Magdalena (Figuras 5-3, 5-4 y 5-5).

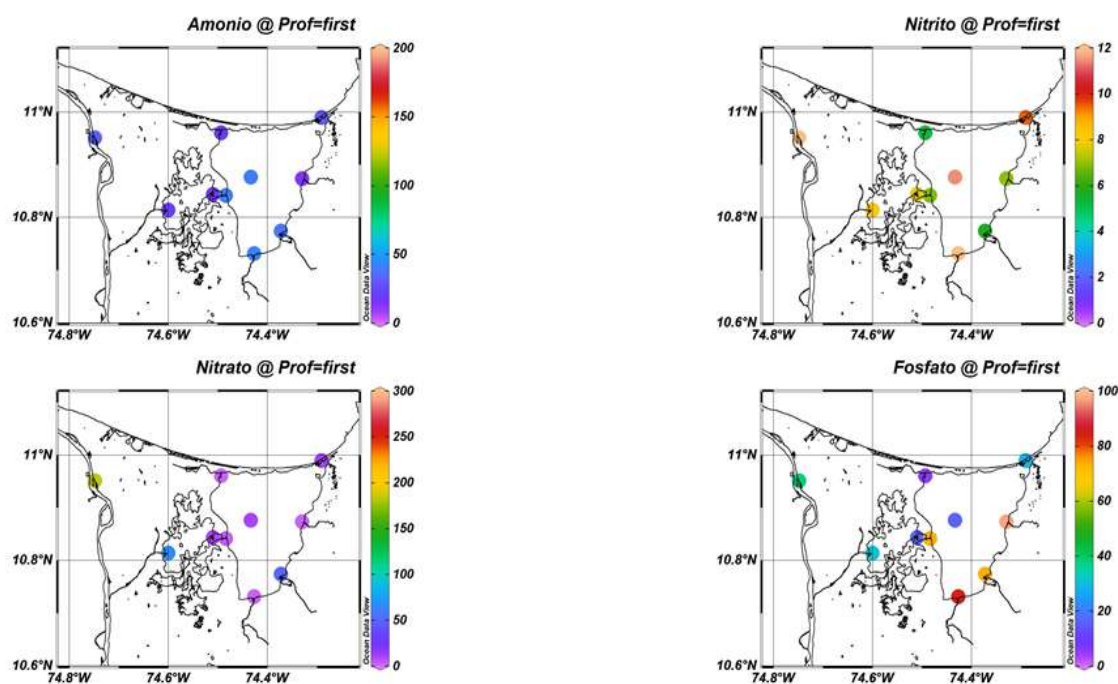


Figura 5-3. Distribución de Nutrientes inorgánicos época lluviosa, año 2011 (año La Niña) en las estaciones seleccionadas de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

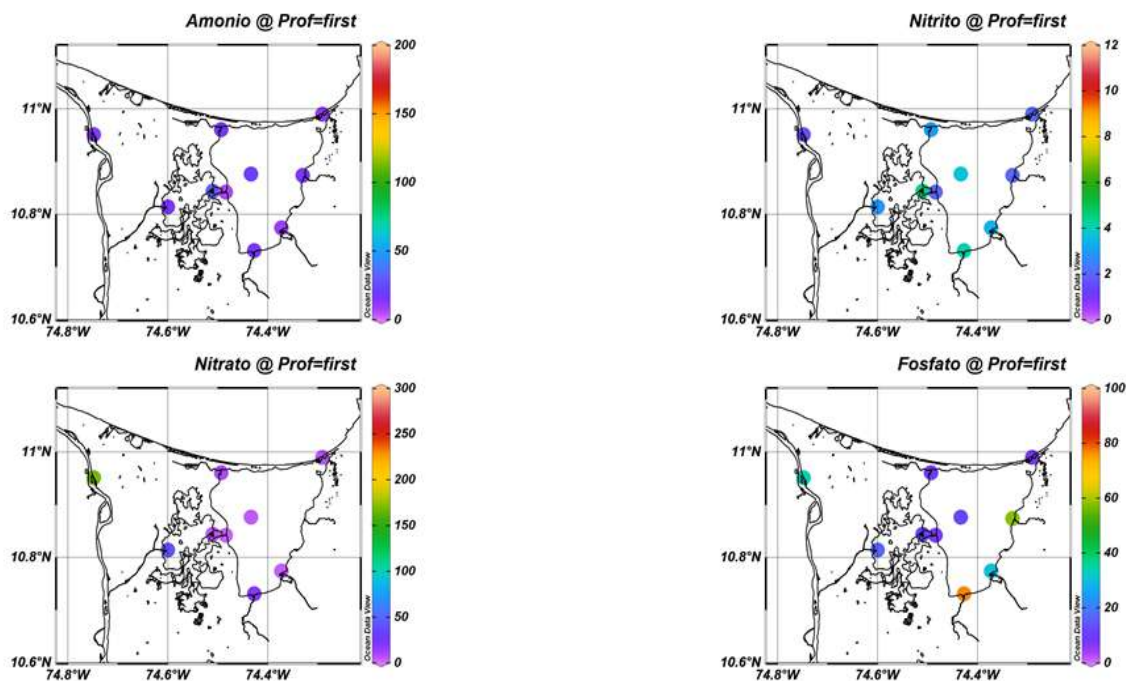


Figura 5-4. Distribución de Nutrientes inorgánicos época lluviosa, año 2013 (año normal) en las estaciones seleccionadas de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

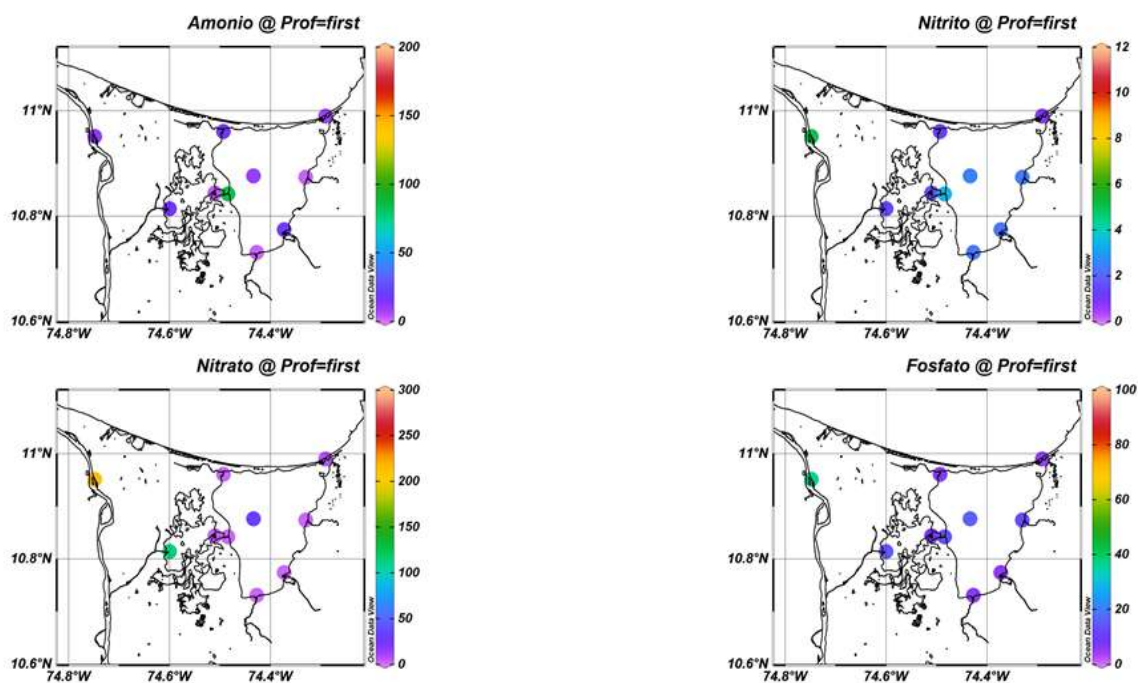


Figura 5-5. Distribución de Nutrientes inorgánicos época lluviosa, año 2015 (año El Niño) en las estaciones seleccionadas de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

En cuanto a la época seca para el ion amonio la distribución fue igual que para la época lluviosa, la concentración de este se vio favorecida en el año 2011, Los nitratos conservaron la distribución de la época lluviosa notándose los cambios en las mismas dos estaciones mencionadas anteriormente y para el caso de los fosfatos, en las estaciones Buenavista y Boca del caño Grande.

Esto indica que para la CGSM los fenómenos climatológicos pueden generar variaciones notables en las concentraciones de nutrientes, favoreciéndose altas concentraciones para nitritos y amonio principalmente, en los periodos de aumento en las precipitaciones, lo que hace necesario generar acciones que mitiguen la introducción de fuentes externas como el vertimiento de residuos que favorezcan por ejemplo un exceso en el ingreso de nutrientes impactando negativamente la calidad del agua en la CGSM, por otro lado también debe garantizarse que para las épocas más secas, exista un intercambio en el flujo de agua tal que la disminución en las concentraciones de nutrientes no sea tan drástica como para afectar los procesos bioquímicos asociados a la dinámica de nutrientes.

Finalmente, con los datos más recientes del monitoreo se realizó la evaluación del periodo actual. Con este objetivo se realizó una evaluación inicial en la salinidad, una variable conservativa respecto al agua, que nos indicaran recambios en la masa de agua y por ende facilitó el análisis del comportamiento de los nutrientes que además de ser influenciados por procesos biogeoquímicos, se pueden representar con las mismas entradas y salidas hidrográficas que gobiernan el flujo de sales.

En este análisis se pudo notar que al igual que para el 2017, en el año 2018 el mes de mayo presenta la mayor salinidad, tomando como referencia principal el centro de la CGSM, mientras que diciembre de 2017 presentó la menor salinidad. Se evaluó entonces la distribución y el comportamiento de los nutrientes para las diferentes condiciones de salinidad, tomando abril como el mes de alta salinidad debido a la falta de información en todas las estaciones para el mes de mayo, de esta manera las estaciones donde se identificaron los mayores cambios en la salinidad fueron Centro CGSM, Boca del río Aracataca, Boca de la barra, Isla del Rosario, Tasajera, Rinconada, la Ye, Ciénaga la Ahuyama, Ciénaga la Luna, Ciénaga las piedras, Ciénaga poza verde, Caño el torno, Ciénaga el Torno y Ciénaga el Loro (Figura 5-6).

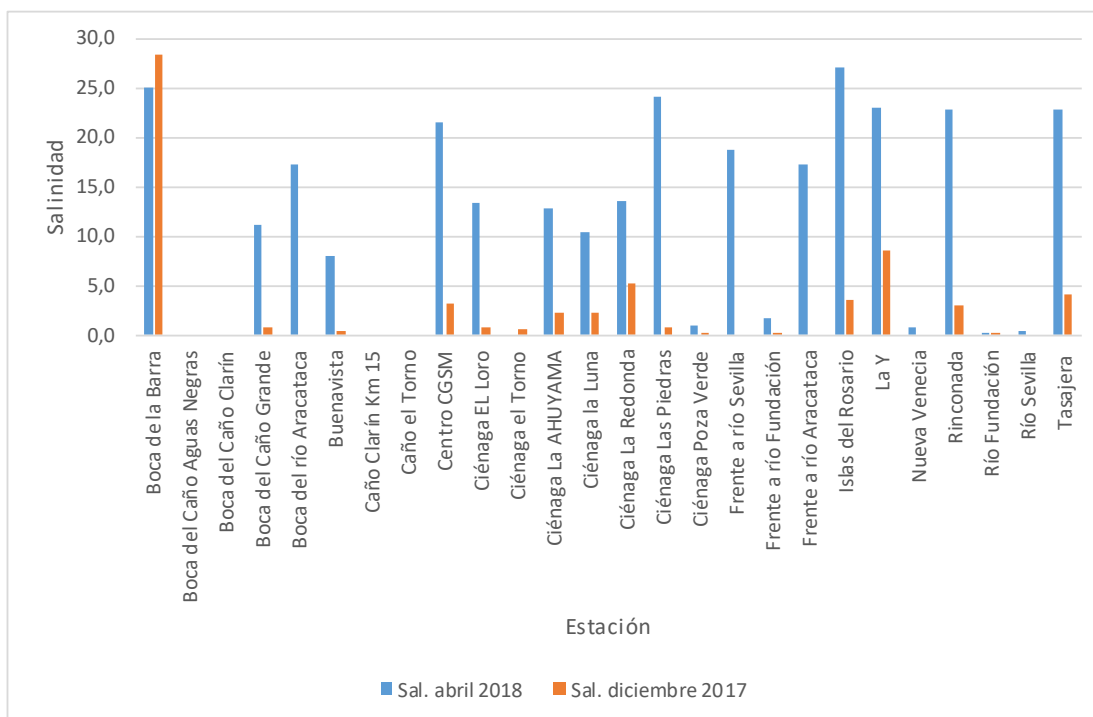


Figura 5-6. Salinidad encontrada durante los meses de abril 2018 y diciembre 2017 en las estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

Se pudo observar que, bajo condiciones de menor salinidad, se favorece la concentración de nutrientes en estaciones como Isla del Rosario y Tasajera. Puntualmente para el amonio, en el mes de menor salinidad se encontraron mayores concentraciones en las estaciones más cercanas al mar caribe y alejadas a la desembocadura de los caños y ríos de la SNSM. Para el caso de los fosfatos y Nitratos, no se notó una relación marcada entre en cambio de salinidad y la concentración de estos, principalmente en la estación Centro CGSM, los principales aportes de este nutriente se ven desde los ríos de la Vertiente occidental de la SNSM y del caño Clarín esto puede relacionarse con los vertimientos de origen antropogénicos, provenientes de las actividades agrícolas, aguas residuales domésticas e industriales estas últimas principalmente en el caso del río Magdalena (Figuras 5-7 y 5-8).

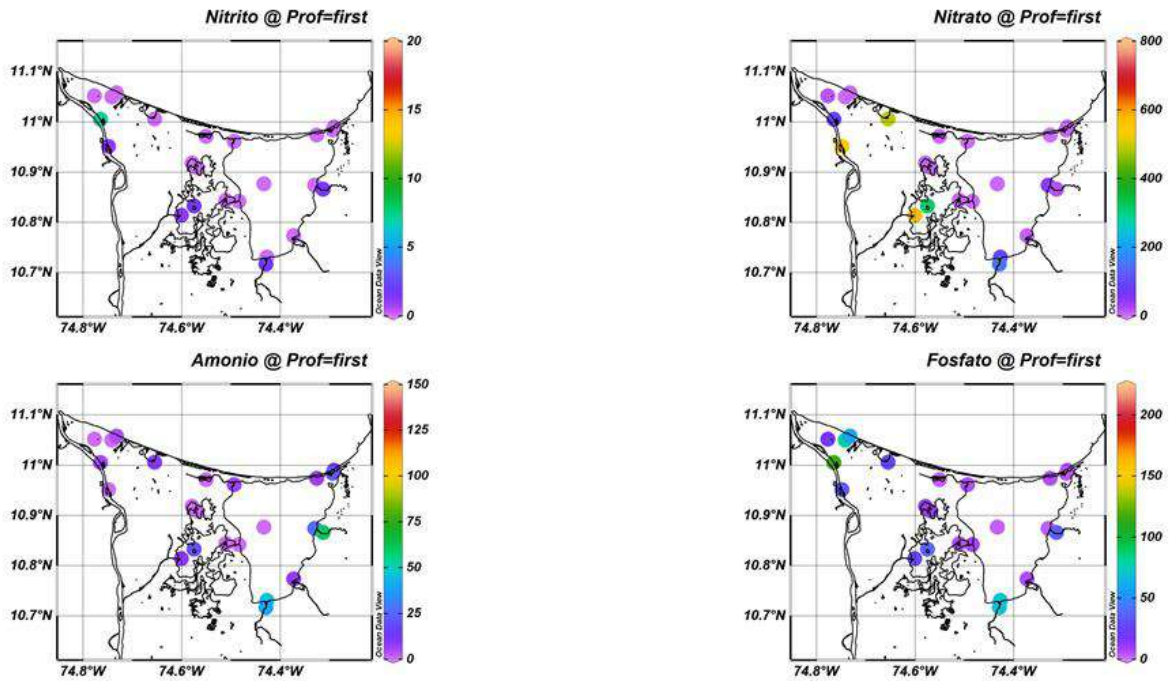


Figura 5-7. Concentración de nutrientes en las estaciones de la CGSM abril de 2018 condiciones de alta salinidad para el periodo actual.

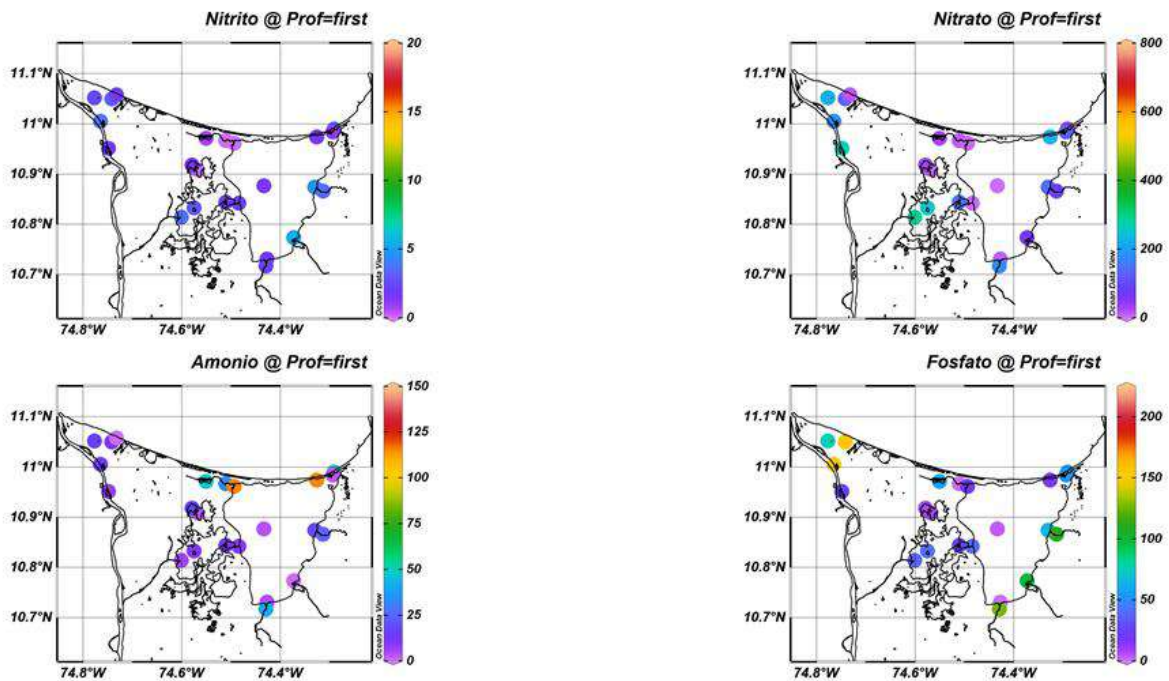


Figura 5-8. Concentración de nutrientes en las estaciones de la CGSM diciembre de 2018 condiciones de baja salinidad para el periodo actual

Balances biogeoquímicos

Teniendo en cuenta lo sensible que puede resultar un resultado de nutrientes, el cual está condicionado por las condiciones de marea y lluvias del día de la toma de muestras, se optó por utilizar las salidas del modelo de balance hídrico para la precipitación y evaporación en las mismas fechas en que se realizó el muestreo de nutrientes. En primera instancia, se realizó el cálculo del volumen residual y se encontraron valores negativos (Tabla 5-4). Un V_R negativo significa que hay salida del sistema para compensar el exceso de entradas.

Tabla 5-4. Valores empleados para el balance de agua

	V_P (mm/día)	V_E (mm/día)	V_Q (m ³ /s)	V_R (m ³ /día)
sep-17	0.7	1.4	551.025	-47293560
oct-17	11.7	2.59	669.856	-61975058.4
nov-17	6.05	2.73	584.761	-52017350.4
dic-17	0	1.96	795.062	-67811356.8
ene-18	0	2.59	344.604	-28608285.6
feb-18	0	2.8	341.669	-28260201.6
mar-18	0	4.13	-477.815	43141716
abr-18	0.36	3.43	255.761	-20716250.4
may-18	0.48	5.18	-66.829	7889025.6
jun-18	0	3.5	350.809	-28734897.6
jul-18	0	3.43	-471.394	42271941.6
ago-18	0.78	4.34	-240.047	22342060.8

Posteriormente se calculó el volumen de mezcla y el tiempo de residencia del agua al interior del espejo de agua principal (Tabla 5-5). De acuerdo a estos resultados, el tiempo de residencia del periodo evaluado osciló entre 7 y 23 días. Los menores valores se obtuvieron para octubre de 2017 y marzo de 2018. Normalmente a la precipitación se le atribuyen cortos tiempos de residencia, lo cual explicaría el valor para octubre, más no para marzo. En el caso de marzo de 2018, la precipitación fue cero y la evaporación fue de las mayores encontradas (Tabla 5-4); sin embargo y como se mostró en el Anexo del modelo, se presentaron valores negativos tanto en la boca de La Barra como en el Caño Grande durante ese mes, lo que ocasionó un V_Q negativo.

Tabla 5-5. Valores empleados para el balance de sales

	Soc	Ssis	Sr	V_x (m ³ /día)	T (días)
sep-17	33.5	15.375	24.4375	63764765.4	8.10384991
oct-17	33.5	10.9394737	22.2197368	61038890.2	7.31624349
nov-17	33.5	9.132	21.316	45502373.7	9.22890224
dic-17	36.61	7.78411765	22.1970588	52217401.6	7.49820303
ene-18	36.61	14.9566667	25.7833333	34064822.8	14.360226
feb-18	36.61	18.0294444	27.3197222	41552086.8	12.8917132
mar-18	36.61	21.2414286	28.9257143	81198500.2	7.2382052

abr-18	36.39	27.0221053	31.7060526	70115062.6	9.90847727
may-18	36.39	27.8972727	32.1436364	29858720.5	23.8424831
jun-18	36.63	21.191	28.9105	53807905.8	10.9034339
jul-18	36.63	19.6552632	28.1426316	70083188.3	8.01031516
ago-18	36.63	18.9468182	27.7884091	35109650.1	15.6653298

Finalmente, se hizo el cálculo del metabolismo neto del ecosistema (Tabla 5-6). Se encontraron valores positivos de ΔDINP y ΔDIP , lo cual indica que el sistema es fuente de nitrógeno y fósforo. Finalmente y empleando la relación de Readfiel (que es teórica), el metabolismo neto del ecosistema (P-R en la tabla 5-6) resultó negativo en todos los meses, lo que significa que durante el periodo evaluado, dominó la respiración y el sistema evaluado respira más de lo que produce.

Tabla 5-6. Valores empleados para calcular el metabolismo neto del ecosistema

	DINoc ($\mu\text{mol/l}$)	DINsis ($\mu\text{mol/l}$)	DINr ($\mu\text{mol/l}$)	ΔDIN ($\mu\text{mol/l}$)	DIPoc ($\mu\text{mol/l}$)	DIPsis ($\mu\text{mol/l}$)	DIPr ($\mu\text{mol/l}$)	ΔDIP ($\mu\text{mol/l}$)	P-R $\times 10^6(\mu\text{mol/día})$
sep-17	2.1	2.19	2.145	107183515	0	1.69	0.845	147725512	-15658.90424
oct-17	0.83	20.95	10.89	1903010857	0.03	10.63	5.33	977339297	-103597.9655
nov-17	0.81	1.15	0.98	66447810.4	0	1.03	0.515	73656380.3	-7807.576314
dic-17	0.99	24.35	12.67	2078968392	0	9.06	4.53	780275105	-82709.16113
ene-18	0	0.83	0.415	40146241.5	0.01	0.62	0.315	29791151.9	-3157.8621
feb-18	0.04	13.47	6.755	748942188	0	3.16	1.58	175955713	-18651.30557
mar-18	0.16	1.59	0.875	78364853.8	0.01	0.58	0.295	33556338.9	-3556.971925
abr-18	0	58.85	29.425	4735847100	0	3.65	1.825	293727135	-31135.07634
may-18	0	2.1	1.05	54419836.2	0	0.51	0.255	13216245.9	-1400.92207
jun-18	0.01	23.51	11.76	1602408181	0.01	6.55	3.28	446154168	-47292.34179
jul-18	2.25	12.34	7.295	398765556	0	0.67	0.335	32794635.7	-3476.231387
ago-18	0.49	13.15	6.82	292115315	0.02	3.71	1.865	87886665.3	-9315.986522

5.4 Conclusiones

En los tres años contrastantes seleccionados 2011, 2013 y 2015 se advirtieron variaciones que se pueden asociar a los eventos climáticos. Se encontraron menores concentraciones de nutrientes en épocas de sequía y mayores al aumentar las precipitaciones, principalmente en los iones amonio y nitrito; no obstante, en el caso de nitratos y fosfatos, estas variaciones no fueron considerables, lo cual se asocia a que la CGSM es un sistema con alta intervención antropogénica que recibe frecuentes descargas de estos nutrientes relacionados con residuos de actividades agrícolas.

Para el año 2017, estaciones como Buenavista y boca del Caño Grande presentaron altas concentraciones principalmente de fosfatos en comparación con el resto del complejo lagunar, lo cual puede asociarse a vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas desde el complejo de Pajarales donde se encuentran poblaciones palafíticas. Adicionalmente, se evidenció un aumento en las concentraciones de nitratos para las épocas donde aumentan las precipitaciones en las estaciones boca del Caño Clarín y boca del Caño Aguas Negras, lo cual significa un aumento en los aportes de parte del río Magdalena en los periodos lluviosos.

Durante 2017 la zona conformada por la ciénaga Poza Verde, Las piedras, El Loro y El Torno presentaron las más altas concentraciones de fosfatos. La distribución de este nutriente no tuvo mayor influencia de las épocas climáticas. En el periodo actual (septiembre 2017-agosto 2018), las mayores concentraciones de nutrientes principalmente Fosfatos y Nitratos estuvieron en los ríos de la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta y la boca del caño Clarín con aguas provenientes del Río Magdalena.

A partir del análisis de balances biogeoquímicos realizado para el periodo septiembre 2017 – agosto 2018, se encontraron tiempos de residencia del agua al interior del cuerpo de agua principal entre 7 y 23 días, el cual estuvo relacionado principalmente por las entradas al sistema en precipitación y salidas del sistema por los caños. El análisis del metabolismo neto reveló que el sistema es heterótrofo, puesto que domina la respiración sobre la producción. Este tipo de análisis debe ser afinado con una base de datos más completa y con datos medidos del océano adyacente, puesto que en la presente aproximación, se usaron bases de datos globales.

6 Talleres de socialización















Taller 1: Febrero 28 de 2018

Listado de asistencia

 COLOMBIA 50% MAR <small>Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andújar" - INVEMAR Universidad del Atlántico de Colombia, Venezuela y Ecuador</small>		FT - DID - 015 Version: 00
Página 1 de 1	REGISTRO DE ASISTENTES A EVENTOS	

LUGAR Y FECHA Invemar 02-28-2018

NOMBRE DEL EVENTO Socialización de los modelos hidrosedimentológicos, hidráulico y bioquímico de la GSI

NOMBRES	APELLIDOS	C.C. No.	OCUPACIÓN	ENTIDAD	TÉLEFONO	E-MAIL	FIRMA
Bernal Augusto	Bernal	1098614498	Jefe LABCAN	INVEMAR	3125756714	cesai.bernal@invemar.org.co	
Alexandra	Prohíora	1018981687	Jefe RAG	INVEMAR	3169849936	alexandra.prohira@invemar.org.co	
Luis	Vandier	1082641295	Prof. Univ.	IDEAM	3012586214	lcvandier@ideam.gov.co	
Julián Darío	Arbeláez Salazar	71290034	Contratista	INVEMAR	3178861436	julianarbelaez@guayasagentes.com	
Feliciano Mauricio	Carcedo Carrasco	5471060	Contratista	INVEMAR	3158178960	feliciano.feliciano@guayasagentes.com	
Jesús Antonio	García Trujillo	19205387	Subdirector	INVEMAR	314-5926807	jesus.garcia@invemar.org.co	
CONSTANZA	RICAURTE VILLOTA	66842894	COORD LEO	INVEMAR	312-7681958	constanza.ricaurte@invemar.org.co	
ANDRÉS	ORDÓÑEZ	10296962	Investigador	INVEMAR	3002873355	andres.ordonez@invemar.org.co	
Andrés Andrea	Velanda Bohórquez	1016012126	Investigador	INVEMAR	3134472391	andres.velanda@invemar.org.co	
Leise F.	ESPINOZA	57766742	COORD. (AT)	INVEMAR	3141752043	leise.espinoza@invemar.org.co	
ALBAUDRO	BASTIDAS CH.	79159692	Jefe Area Proyectos	PARQUES NALS NATIONALES	3125845157	albaudro.bastidas@parquesnacionales.gov.co	
Victoria	Martínez P.	404554692	Investigadora	INVEMAR	3225212839	victoria.martinez@invemar.org.co	
Laura Catalina	Cantor Acosta	1010216048	Investigador (GD)	INVEMAR	3203876500	laura.cantor@invemar.org.co	
Lina María	García Collman	29363661	Funcionario Biología	PARQUE Vía Parque	30073323523	linagarcia@guayasagentes.com	

Taller 2: Abril 23 de 2018

Registro fotográfico



Listado de asistencia


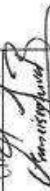



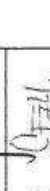


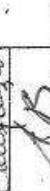





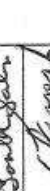
Lugar y fecha / Place and date		Registro de asistencia / Attendance record				
Actividad / Activity		Segundo Taller de Socialización de autores de resultados.				
No.	Nombre completo / Full name	Documento de Identidad / ID	Ocupación / occupation	Entidad / Organization	Correo electrónico / E-MAIL	Firma / Signature
1	Victoria Márquez Palencia.	408534672	Investigadora	INEMAR	vicmarquez@inemar.gub.ve	
2	Efraim A. Wilson Moshe	77017505	Investigador	INEMAR	efraim.wilson@inemar.gub.ve	
3	Amaris Velencia Bohórquez	4016012126	Investigadora	INEMAR	amaris.velencia@inemar.gub.ve	
4	César Fernando García Llano	46725438	Investigador	INDEVAL	Cesar.garcia@indeval.gub.ve	
5	Angélica H. B. V.	40291375	Ing. Ambiental	ORPAM	angelika.bonilla@orpam.gub.ve	
6	Julien D. Albeiroz Salazar	712940034	Investigador	INEMAR	julien.albeiroz@inemar.gub.ve	
7	Fabian M. Oricado C.	5.471.060	Investigador	INEMAR	fabian.orcado@gmail.com	
8	Yolanda Rodríguez	34335383	Ing. Ambiental	INEMAR	yolanda.rodriguez@inemar.gub.ve	
9	Sebastián Herrera Esguerra	101419390	Investigador	INEMAR	sebastian.herrera@inemar.gub.ve	
10	Nancy González Arce	38084223	Investigadora	INEMAR	nancy.gonzalez@inemar.gub.ve	
11	Oscar Martínez	19480992	Coordinador	INEMAR	oscar.martinez@inemar.gub.ve	
12	Chucho Cano Rivas	40841854	Investigador	INEMAR	chuchocano@inemar.gub.ve	
13	Franca J. B. Rivas	40841854	Ing. Ambiental	INEMAR	franca.j.b.rivas@inemar.gub.ve	
14	Corina E. Alvarado	40841854	Ing. Ambiental	INEMAR	corina.e.alvarado@inemar.gub.ve	
15	Karen M. T. O.	501242489	Ing. Ambiental	INEMAR	karen.m.t.o@inemar.gub.ve	



Taller 3: Junio 15 de 2018

Registro fotográfico



Lugar y fecha / Place and date		Registro de asistencia / Attendance record					FT - COM-15 Version: 1	
Actividad / Activity		Invenmar, Sala Tribuna / 15-06-2018						
Socialización del proyecto Estudio Integral de la CSM-Fosé II.								
No.	Nombre completo / Full name	Documento de Identidad / ID	Ocupación / occupation	Entidad / Organization	Correo electrónico / E-MAIL	Firma / Signature		
1	Victoria Márquez Palencia.	1045314642	Investigadora.	Invenmar	victoria.marquiza@invenmar.org.co			
2	Franisco Javier Buitrago Zúñiga	16074921	Sepe GMLC	Invenmar	franisco.buitrago@invenmar.org.co			
3	Haithe Boobon	34323383	Jefe Büro OCC	Invenmar	haithe.boobon@invenmar.org.co			
4	Fabian M. Caicedo C.	5.471.060	Contratista GEO	Invenmar	caicedo.fabian@gmail.com			
5	Johan D. Arbelaez Salazar	71290034	Contratista GEO	Invenmar	jovbelaez@ideam.gov.co			
6	Cesar Fernando García Llano	16725438	PROF. APOYO-GEO	INVENMAR	CESAR.F.GARCIA@INVENMAR.ORG.CO			
7	Cesari Augusto Bernal	1098619498	Jefe LABCAM	INVENMAR	cesari.bernal@invenmar.org.co			
8	CONDOMINIO RICARDETE 4	66.848.746	COORD GEO	INVENMAR	CONDOMINIO.RICARDETE@INVENMAR.ORG.CO			
9	ALEJANDRO BASTIDAS CH	39159692	Jefe AREA PROTECTORA	PRODUCCIONES NATURALES	alejandro.bastidas@produccionnatura.org.co			
10	Angelica Espinosa Noguera	108291218	Contratista	COOPANAG	angelica.buena@cooperativanaguera.org.co			
11	Luis Carlos Pinney Llano	1081973400	CONSEJO	Corporación	luis.carlos.pinney@gmail.com			
12	DORA RODRIGUEZ G.	6775453	CONTADOR	COOPANAG	dora.rodriguez@gmail.com			
13	José Carlos Varela	1082841295	Prof. Univ.	IDEAM	Levanegase@ideam.gov.co			
14	Santh T. Salas Castro	57466864	Investigadora	Invenmar VAR.	SanthSalas@invenmar.org			
15	Jesús A. Garay T.	19225387	SCI	INVENMAR	Jesus.garay@invenmar.org.co			

Lugar y fecha / Place and date		Registro de asistencia / Attendance record					FT - COM-15 Version: 1	
Actividad / Activity		Documento de Identidad / ID	Ocupación / occupation	Entidad / Organization	Correo electrónico / E-MAIL	Firma / Signature		
1	Jose Martin Hernandez	629552266	Investigador	UARC-ITQ, Ateba	simartin@uabz.edu.mx	[Signature]		
2	Lina H. Esobor W.	26.671.630	prof Especializ.	Corporación	lexobor@co.pomoy.gov.co	[Signature]		
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

Taller 4: Agosto 30 de 2018

Registro fotográfico



Listado de asistencia

FT - COM-15
Version: 1

Registro de asistencia / Attendance record

Lugar y fecha / Place and date		Santa Marta, Invenmar - 30 de Agosto 2013				
Actividad / Activity		Cuarto Taller de Presentación resultado de estudio integral GESM				
No.	Nombre completo / Full name	Documento de Identidad / ID	Ocupación / occupation	Entidad / Organization	Correo electrónico / E-MAIL	Firma / Signature
1	Karla Castro Ramirez	1.110.511.449	Resante	Invenmar	karla@castroart.edu.co	Karla Castro R
2	MAGNOLIA RUZCA R	66.999.860	INVESTIGADOR GEO	INVE/MAR	mag.nolia.murcia@invenmar.gov.co	mag.nolia.murcia
3	Juan Sebastian Rivas Borrero	80040284	investigador GEO	invenmar	juan.borras@invenmar.gov.co	Juan B
4	Marta Eddy Arteaga Diaz	39.701.805	Coordinadora GEO	Fin. Ambiental	medarteaga@invenmar.gov.co	Marta E
5	Julian Dario Albeke S.	71.210.034	Contratista.	INVE/MAR	julianalbeke@invenmar.gov.co	Julian A
6	Fabian M. Ceicedo C.	5.471.060	Contratista	INVE/MAR	fabce@invenmar.gov.co	Fabian C
7	Cesar Foo Garcia Ilano	16.725.438	Profesional propio	INVE/MAR	Cesar.Garcia@invenmar.gov.co	Cesar G
8	Mario Elías González Jarama	38.034.229	Investigador GEO	INVE/MAR	mario.gonzalez@invenmar.gov.co	Mario G
9	Claudia Correa Rojas	1018415684	Investigador GEO	INVE/MAR	claudia.correa@invenmar.gov.co	Claudia C
10	OSCAR MADRINEZ	19.480.992	COORDINADOR	IDEAM	oscar.madrinez@ideam.gov.co	Oscar M
11	Nora Fernanda Molina C.	25283184	Profesional	PNN-SFF/CSH	nora.molina@pnn.gov.co	Nora F
12	Yessy Lorente Garcia Lora	1053.078.907	Prof. Contratista	PNN-UIEPS	yessy.lora@pnn.gov.co	Yessy L
13	Lina Maria Zarcia	29.363.661	Profesional	PNN-UIEPS	lina.maria.zarcia@pnn.gov.co	Lina M
14	Hordano Baandon	34325383	deplino 000	Invenmar	hordano.baandon@invenmar.gov.co	Hordano B
15	CONSTANZA RICAURTE	66.898.946	COORD. GEO	INVE/MAR.	constanza.ricaurte@invenmar.gov.co	Constanza R

		FT - COM-15 Version: 1
Registro de asistencia / Attendance record		
















Lugar y fecha / Place and date		Santa Marta, Invenmar - 30 de agosto 2018				
Actividad / Activity		Quinto Taller de Presentación resultado de estudio integral CESM				
No.	Nombre completo / Full name	Documento de Identidad / ID	Ocupación / occupation	Entidad / Organization	Correo electrónico / E-MAIL	Firma / Signature
1	Francisco Javier Briceño Echeverri	16077421	Jefe Gerencia Marina	Invenmar	francisco.javier.briceño@invenmar.org.co	
2	Santhi T. Salas C.	57466864	Investigador	Invenmar-VAR	santhi.salas@invenmar.org.co	
3	Aracelis H. H. H.	108541320	Ing. Ambiental	COPEMAR	aracelis.bachaguan@copepar.org.co	
4	Daniela Prieto Echeverri	25467322	Ing. Civil	COPEMAR	daniela.prieto@copepar.org.co	
5	Joselin Nieto Gil	1047413601	Investigador C.	INUEMAR	joselin.nieto@invenmar.org.co	
6	Cesar A. Benal	7098619458	Jefe LABCAM	INUEMAR	cesar.benal@invenmar.org.co	
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

Taller 5: Noviembre 01 de 2018

Registro fotográfico



Listado de asistencia

							FT - COM-15 Version: 2	
Registro de asistencia a eventos con invitados externos / Attendance record								
<p>*Note: Marcar con X la columna final. Si NO Autoriza 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 INVERMAR 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 NO Authorize the use of data, photographs or media publications, in documents or audiovisual media created for the purpose of this activity. INVERMAR shows the information above for authorization purposes. (1)</p>								
Lugar y fecha / Place and date			Auditorio Auxiliar INVERMAR, Noviembre 01 de 2018					
Actividad / Activity			Taller No. 5 de presentación de avances de resultados - Convenio Copanqa 209					
No.	Nombre completo / Full name	Documento de Identidad / ID	Cargo / Position	Entidad / Organization	Correo electrónico / E-MAIL	Firma / Signature	*	
1	Francisco Javier Pizarro Velasco	71077921	Gerente General	Invermar	francisco.pizarro@invermar.org.co		X	
2	Andrés Briceño	10296962	Investigador	Invermar	sandersonbriceño@invermar.org.co		X	
3	César Guedes Claro	16725438	Prof. Propio	INVERMAR	Cesar.Guedes@invermar.org.co		X	
4	Juan Sebastián Forero B	80040284	Investigador	Invermar	juanforero@invermar.org.co		X	
5	Placido González Alvarado	78034223	Investigador	Invermar	placido.gonzalez@invermar.org.co		X	
6	Claudio Correa Rojas	4018475654	Investigador	Invermar	claudiocorrea@invermar.org.co		X	
7	Walter Molina Turanzo R	66999860	Investigador	Invermar	walter.molina@invermar.org.co		X	
8	Salvador D. Abelaes Salazar	71290039	Contratista	INVERMAR	salvador.abelaes@invermar.org.co		X	
9	Eduardo M. Caicedo C.	5.471.060	Contratista	INVERMAR	eduardo.caicedo@gmail.com		X	
10	CONSTRUYA PLACUYTE Y	66.848.746	INVERMAR	CONSTRUYA PLACUYTE Y	construya@invermar.org.co		X	
11	Morino Pardo	34325383	Gerente	INVERMAR	morino.pardo@invermar.org.co		X	
12	Yaelin Nieto Gil	1044113.604	Investigadora	INVERMAR	yaelin.nieto@invermar.org.co		X	
13	María F. Polina C.	26283184	Prof. STT AGSH	Grupo Nauda	maria.polina@auda.com.co		X	
14	Mauricio Bejarano E	94552935	Investigador	INVERMAR	mauricio.bejarano@invermar.org.co		X	
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.

Taller Final: Noviembre 27 de 2018

Salida de campo a la CGSM: en el marco del taller final, se realizó una salida de campo a la zona noreste de la CGSM para personal que viajó desde Bogotá y desconocía el complejo lagunar. En esta actividad participaron funcionarios y contratista de: MINAMBIENTE-Bosques, MINAMBIENTE-Cambio Climático, IDEAM, ANLA, INVEMAR. Durante la misma, investigadores INVEMAR explicaron la importancia del humedal, sus principales problemáticas y la importancia del Estudio Integral para aportar a la toma de decisiones.



Listado de asistencia al taller

Registro de asistencia a eventos con invitados externos / Attendance record						FT - COM-15 Version: 2
<p>* Nota: Marcar con X la columna final. Si <u>NO Autoriza</u>, 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 INVE/MAR pone a su consideración la presente información con el fin de solicitar su autorización. (*) Note: mark the final column with an X if you <u>NO Authorize</u> the use of data, photographs or audiovisual media created for the purpose of this activity. INVE/MAR shows the information above for authorization purposes. (*)</p>						
INVE/MAR - Santo Domingo, Noviembre 23 de 2018						
Lugar y fecha / Place and date	Actividad / Activity	Documento de Identidad / ID	Cargo / Position	Entidad / Organization	Correo electrónico / E-MAIL	Firma / Signature
No.	Nombre completo / Full name					*
1	Angelina Couca	3669682	Jefe de Renta	Cartenog	comunicacion@cartenog.gov.do	Clay
2	Olmas Priatig	85460119	E. Social	Corpepy	olmas.priatig.2015@gmail.com	
3	Angelina M. Becerra	1022390810	Contratista	Minambiente	abeena@minambiente.gov.do	
4	Fredy Rizzo Rana	8703563	Contratista	Corpepomas	F212209@yahoo.com	
5	Juan Carlos Benj. Herrera	1083913102	Contratista	Coramag	luis.gomez@coramag.com	
6	Dora Rodriguez	87995453	Contratista	Corpepomas	dora.rodriguez@corpepomas.com	
7	Marcel González Arceaga	38.03121	Investigador	INVE/MAR	marcel.gonzalez@inve-mar.com	
8	Claudia Correa E.	108115046	Investigador	INVE/MAR	claudia.corr@inve-mar.com	
9	Idilio E. Rodríguez	108115046	Investigador	INVE/MAR	idilio.rod@inve-mar.com	
10	Lina M. Escobar	261511630	Prof. Especial	Corpepomas	lina.m.escobar@corpepomas.com	
11	Carol Henríquez	36214818	Asesor	Corpepomas	carol.henriquez@corpepomas.com	
12	Paula Leiva	81410528	Secretaria	Corpepomas	paula.leiva@corpepomas.com	
13	Mario D. Leiva	94432681	Investigador	INVE/MAR	mario.d.leiva@inve-mar.com	
14	Cesar Tito Guea	16725.438	Prof. APD	INVE/MAR	cesar.tito@inve-mar.com	
15	Johann López N.	7683045	Investigador	INVE/MAR	johann.lopez@inve-mar.com	

(Información: 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.)


 FT - COM-15
Version: 2

Registro de asistencia a eventos con invitados externos / Attendance record

*Nota: Marcar con X la columna final. Si NO Autoriza 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 INVENMAR 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 NO Authorize the use of data, photographs or media publications, in documents or audiovisual media created for the purpose of this activity. INVENMAR shows the information above for authorization purposes. (1)













Lugar y fecha / Place and date		LUGAR - SANTO MATEO, VENEZUELA 27 DE 2013					
Actividad / Activity		GRUPO - INTEGRAL DE LA CGSM - SOCIALIZACIÓN FINAL.					
No.	Nombre completo / Full name	Documento de identidad / ID	Cargo / Position	Entidad / Organization	Correo electrónico / E-MAIL	Firma / Signature	*
1	Sarith T. Salas Cacho	57466864	Investigador	Invenmar	Sarith.Salas@invenmar.gov.ve	[Signature]	
2	Nesha Robert Caracci	79533633	Director (E) Dece	Ministerio	nesha.caracci@invenmar.gov.ve	[Signature]	
3	Carlos Alonso Rodriguez Roca	80848521	Subdirector	ANLA	carlos.rodriguez@anla.gov.ve	[Signature]	
4	Leandro Pardo	2670916	Prof. Especial	Ceparmar	leandro.pardo@ceparmar.gov.ve	[Signature]	
5	Deivid Pinto Brito	85469828	Prof. Esp. 16°	Copimar	deivid.pinto@copimar.gov.ve	[Signature]	
6	Mauricio Bejarano E	94552935	Investigador	INVENMAR	mauricio.bejarano@invenmar.org.ve	[Signature]	
7	OSCAR MARTINEZ	91480997	coordinador	IDEAM	oscar.martinez@ideam.gov.ve	[Signature]	
8	Jos Ineqas E	1.032.841.71	Profesor / Univ.	IDEAM	leonegasc@ideam.gov.ve	[Signature]	
9	Fernando José Dávila Fariña	1607491	Prof. biología / Biología	Invenmar	fernando.fariña@invenmar.gov.ve	[Signature]	
10	Martina Boonbar	34325333	Asesina occ.	Invenmar	martina.boonbar@invenmar.org.ve	[Signature]	
11	COSTRATZA BECAURTE	66849716	COORD. CEO	INVENMAR	costratza.becaurte@invenmar.org.ve	[Signature]	
12	OSWALDO LEA DOMESTIZ	2.606.554	Investigador	INVENMAR	oswaldo.lea@invenmar.org.ve	[Signature]	
13	MARGARITA MURCIA R.	66999860	INVESTIGADOR	INVENMAR	margarita.murcia@invenmar.org.ve	[Signature]	
14	LUISA F. SILVANO CAJAL	103555494	ING. AMBIENTAL	Alcalde	luisa.f.silvano@alcalde.gov.ve	[Signature]	
15	Edgar Augusto Blasco Tovar	79323393	Prof. Especialidad	IDEAM Sub. Frontera	edgar.blasco@ideam.gov.ve	[Signature]	

(Información: Ley 5451 de 2012 respecto a la protección, tratamiento y manejo de datos personales y sus decretos reglamentarios. / Regulations: Law 5451 of 2012 regarding the protection, treatment and handling of personal data and its regulatory decrees.)


 FT - COM-15
 Version: 2

Registro de asistencia a eventos con invitados externos / Attendance record

* Nota: Marcar con X la columna final, SI, NO Autoriza 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 INVENMAR 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 NO Authorize the use of data, photographs or audiovisual media created for the purpose of this activity. INVENMAR shows the information above for authorization purposes. (1))

Lugar y fecha / Place and date		INVENMAR - DATA MARIA MOULINIERE 27 DE 2018					
Actividad / Activity		INTEGRAL DE LA CGSM - DECLARACIÓN FINAL.					
No.	Nombre completo / Full name	Documento de Identidad / ID	Cargo / Position	Entidad / Organization	Correo electrónico / E-MAIL	Firma / Signature	*
1	Juan Sebastián Ponce B	82040284	Inv Científico	INVENMAR	juan.ponce@invenmar.org.ve		
2	ALEXANDER BASTIDAS CH	39159692	Tec Alca PEDIÉIDA	PROSEPTICIONES VENEZUELAS	alexandro.bastidas@prosepticonet.org.ve		
3	Oscar Manrique B	79273340	Prof Esp	Ministerio del Poder Popular	oscarmanrique@minpp.gov.ve		
4	Marta Eddy Hitecua D	39701805	Coordinadora	Financiera y Administrativa	martaeddyhitecua@finadm.gov.ve		
5	CRISTÓBAL G2227414	12552816	DIRECTOR	COARAHUIG	direccion@carhuig.gov.ve		
6	Karen M Feroz Polk	59252089	Subdirectora	Corporación	karenmferoz@corp.gov.ve		
7	PAULA CASTRO RAMIREZ	111051149	Asistente	Invenmar	paucacastro@invenmar.gov.ve		
8	José F. Espinoza	5736232	Coord. Program	Invenmar	josef.espinoza@invenmar.gov.ve		
9	KAREN BERNARDI GONZALEZ	109860326	Investigadora	INVENMAR	karenbernardi@invenmar.gov.ve		
10	Yoselin Nieto Gil	404418601	Investigadora	INVENMAR	yoselin.nieto@invenmar.gov.ve		
11	Maria Fernanda Yblanca E.	25283184	Prof. SFTCSH	Región Occidental	mfyblanca@regocc.gov.ve		
12	Yolande González H	52033390	Directora	IDSAH	yolande@idsh.gov.ve		
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.

Registro fotográfico de taller



7 Referencias

- Albuquerque, A. L. S., Belem, A. L., Briceño-Zuluaga, F., Cordeiro, L. G. M., Mendoza, U., Knoppers, B. 2014. Particle fluxes and bulk geochemical characterization of the Cabo Frio Upwelling System in Southeastern Brazil: Sediment trap experiments between spring 2010 and summer 2012. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 86(2), 601–619.
- Buesseler, K. O., Antia, A. N., Chen, M., Fowler, S. W., Gardner, W. D., Gustafsson, O., et al. (2007). An assessment of the use of sediment traps for estimating upper ocean particle fluxes. *Journal of Marine Research*, 65(3), 345–416.
- Briceño-Zuluaga, F. J. 2012. Composição biogênica e fluxos do material particulado na plataforma continental de Cabo Frio, Brasil: experimentos com armadilhas de sedimentos durante fundeios da primavera de 2010 e outono de 2011. Universidade Federal Fluminense. Retrieved from http://www.bdtndc.uff.br/tde_arquivos/8/TDE-2012-11-30T110410Z-3397/Publico/Francisco Javier.pdf
- Caffey, H.M. 1985. Spatial and temporal variation in settlement and recruitment of intertidal barnacles. *Ecological Monographs*. Vol. 55, Issue 3.
- Camacho-Ibar, V., J. D., Carriquiry y S. V., Smith. 2003. Non-conservative P and N fluxes and net ecosystem production in San Quintin Bay, Mexico. *Estuaries*, 26(5): 1220 - 1237.
- Carvajalino-Fernández M., Lojek O., Fernandes L. y Vivas-Aguas L. 2017. DESARROLLO PRELIMINAR DE UN MODELO HIDRODINÁMICO Y DE TRANSPORTE DE NUTRIENTES PARA LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 46 (1) 191-198.
- Casella, E., Collin, A. D. Harris, Ferse, S. S. Bejarano., Valeriano, P. J, L. Hench. Rovere, A. 2017. Mapping coral reefs using consumer-grade dronees and structure from motion photogrammetry techniques. *Coral Reefs* 36: 269-275
- CETIH-UNIANDES. 1978. Diagnóstico sobre el comportamiento hídrico de la CGSM.
- Deeb Sossa S en C. 1993. Plan de recuperación del complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta : informe final. Bogotá: CORPAMAR - DNP
- Douglas, R. W., Rippey, B., & Gibson, C. E. 2003. Estimation of the *in-situ* settling velocity of particles in lakes using a time series sediment trap. *Freshwater Biology*, 48(3), 512–518. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01027.x>
- Dungan, M.L. 1986. Three-Way interactions: Barnacles, limpets and algae in a Sonoran Desert rocky intertidal zone. *The American Naturalist*. 127:3, 295-316.
- Eadie, B. J., Chambers, R.L., Gardner, W.S., Bell, G.L. 1984. Sediment trap studies in Lake Michigan: Resuspension and chemical fluxes in the southern basin. *International Association Great Lakes Res.* 10 (3):307-321.
- Filostrat, J. E. 2014. *Estimation of Sediment Resuspension and Deposition in Coastal Waters*. University of New Orleans.

Gons, H. J., Veeningen, R., & Van Keulen, R. 1986. Effects of wind on a shallow lake ecosystem: Resuspension of particles in the Loosdrecht Lakes. *Hydrobiological Bulletin*, 20(1–2), 109–120. <http://doi.org/10.1007/BF02291156>

Gordon, D., P. R. Boudreau, K. H. Man, J. E. Ong, W. L. Silvert, S. V. Smith, G. Wattayacom, F. Wulff y T. Yanagi. 1996. LOICZ Biogeochemical Modelling Guidelines, LOICZ report and Studies (5), 96 pp.

Gutiérrez, D., Akester, M., & Naranjo, L. 2016. Productivity and sustainable management of the Humboldt current large marine ecosystem under climate change. *Environmental Development*. <http://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.11.004>

Hernández de la Torre B., Gaxiola G. y Nájera-Martínez S. 2004. Efectos del ENSO en la producción primaria frente a Baja California. *Ciencias Marinas* 30(3): 427–441.

INVEMAR. 2017. 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 2003, Volumen 16. Santa Marta 198p.+anexos

INVEMAR-GEO. 2017. Conexión de las condiciones hidrosedimentológicas en el Complejo Lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final. Actividad GEO - BPIN INVEMAR. Santa Marta. 30 p.

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

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-GEO. 2016. Dinámica sedimentológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe colombiano). Fase II. Informe técnico final. Actividad GEO, BPIN INVEMAR. Santa Marta. 78 p.

INVEMAR-COLCIENCIAS. 2015. Fortalecimiento del INVEMAR en la investigación de la oceanografía y el clima en las zonas marino-costeras de Colombia. Santa Marta. 18 p. 21 p.

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

INVEMAR. 2012. 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 2003, Volumen 11. Santa Marta 131p.+anexos.

INVEMAR. 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 2003, Volumen 6. Santa Marta 105p.+anexos.

INVERMAR. 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 2003, Volumen 3. Santa Marta 105p.+anexos

INVERMAR. 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 2003, Volumen 2. Santa Marta 70p.

INVERMAR. 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: Un enfoque adaptativo. Informe Técnico Final 1999-2002, Volumen 1. Santa Marta 232p.+ anexos.

Jaramillo F., I. Brown, P. Castellazzi, L. Espinosa, A. Guittard, H. Sang-Hoon, H. Rivera-Monroy, S. Wdowinski. 2018. Assessment of hydrologic connectivity in an ungauged wetland with InSAR observations. *Environ. Res. Lett.* 13.

Kunning L., Peicong L., Jian M. y Dongxing Y. 2018. An automatic reserve flow injection method using vanadium (III) reduction for simultaneous determination of nitrite and nitrate in estuarine and coastal waters. *Talanta*. TAL19310. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.11.077>.

Laenen, B. A., Letourneau, a P., & Survey, U. S. G. 1996. UPPER KLAMATH BASIN NUTRIENT-LOADING STUDY — Estimate of Wind-Induced Resuspension of Bed Sediment During Periods of Low Lake Elevation. *Report*, (2), 1–12.

Martínez, G., Alvarado, J. y Senior, W. 2001. Estudio físico-químico de las aguas superficiales de la cuenca baja y pluma del río manzanares. *Interciencia*, vol. 26, núm. 8, agosto, pp. 342-351.

Múnera. J., J. Vélez, G. Poveda, J. E. Posada., Y. Cardona, J. D. Montoya, 2003. Dinámica hidrológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Avances en recursos hidráulicos No 10, septiembre de 2003-Medellin.

http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php.

Consulta.01-diciembre-2018.

Sheng, Y. P., & Lick, W. 1979. the Transport and Resuspension of Sediments in a Shallow Lake. *Journal of Geophysical Research*, 84 (C4), 1809–1826. <http://doi.org/10.1029/JC084iC04p01809>

Smith SV, Hollibaugh JT. 1997. Annual cycle and interannual variability of ecosystem metabolism in a temperate climate embayment. *Ecol. Monogr.* 67: 509–533.

Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis, 2nd edition. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Canada.

Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis, 2nd edition. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Canada.

Tovilla, C y G. De la Lanza. 2001. Balance hidrológico y de nutrientes en un humedal costero del Pacífico Sur de México. *Hidrobiológica* 11 (2): 133-140.

U. S. Army corps of Engineers. 1984. SHORE PROTECTION MANUAL - Volume I. *Coastal Engineering Research Center*, 1(4th ed., 2 Vol), 652. <http://doi.org/10.5962/bhl.title.47830>

Valenzuela-Siu M., Arreola-Lizárraga J., Sánchez-Carrillo S. y Padilla-Arredondo G. 2007. Flujos de nutrientes y metabolismo neto de la laguna costera Lobos, México. *Hidrobiológica*, 17 (3): 193-202

Vivas-Aguas L., Espinosa L y Parra Henríquez 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.

Zuluaga, B. F. J. 2012. Composição Biogênica E Fluxos Do Material Particulado Na Plataforma Continental De Cabo Frio, Brasil: Experimentos Com Armadilhas De Sedimentos Durante Fundeios Da Primavera De 2010 E Outono De 2011, 129. Retrieved from http://www.bdttd.ndc.uff.br/tde_arquivos/8/TDE-2012-11-30T110410Z-3397/Publico/Francisco Javier.pdf