



Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés"
Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL CARIBE Y PACÍFICO COLOMBIANOS



Red de Vigilancia para la Conservación y
Protección de las Aguas Marinas y
Costeras de Colombia

Informe Técnico

2018



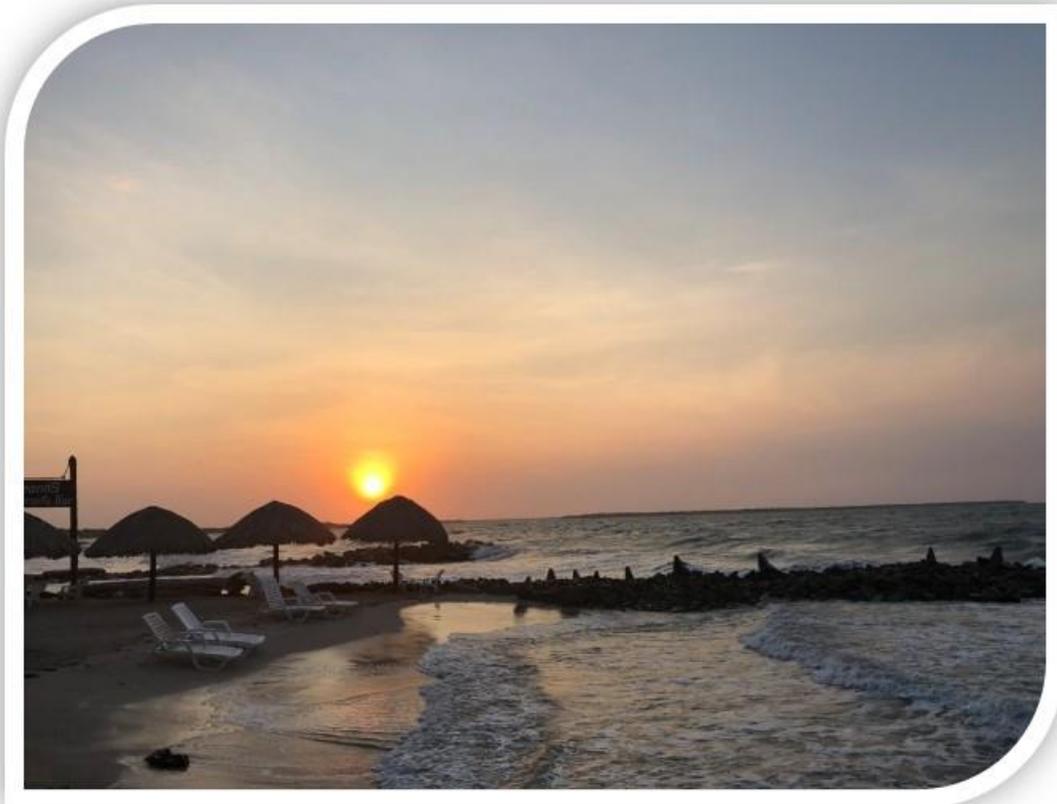
El ambiente
es de todos

Minambiente



Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico Colombianos

Informe Técnico 2018



Santa Marta, febrero de 2019

DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS EN EL CARIBE Y PACÍFICO COLOMBIANOS

INFORME TÉCNICO 2018

Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de
Colombia – REDCAM

ENTIDADES NODOS QUE PARTICIPAN EN LA REDCAM



El ambiente
es de todos

Minambiente



coralina



Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés - INVEMAR
Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Santa Marta, febrero de 2019



Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia - REDCAM

DIRECTIVOS INVEMAR

Director General

Francisco A. Arias Isaza

Subdirector Coordinación Científica (SCI)

Jesús Antonio Garay Tinoco

Coordinador del Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

David Alonso Carvajal

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

Mario Rueda Hernández

Coordinadora del Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

Luisa Fernanda Espinosa

Coordinadora del Programa de Geociencias Marinas y Costeras (GEO)

Constanza Ricaurte Villota

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

Paula Cristina Sierra Correa

Coordinador de la Coordinación de Servicios Científicos (CSC)

Julián Mauricio Betancourt

Subdirectora Administrativa (SRA)

Sandra Rincón Cabal

EQUIPO TÉCNICO INVEMAR

LUISA F. ESPINOSA DÍAZ

Coordinadora del Programa CAM y de la REDCAM

CESAR A. BERNAL

Jefe de Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina

OSTIN GARCÉS-ORDÓÑEZ

Investigador científico de la Línea Evaluación y Seguimiento de la Calidad Ambiental Marina (ESC)

PAOLA S. OBANDO MADERA

Investigadora científica de la Línea ESC

VICTORIA A. CASTILLO OLAYA

Investigador científico de la Línea ESC

Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina (LABCAM):

Leydy Alarcón, Yoselin Nieto, Tania Córdoba, Olga Díaz, Camila Padilla, Diana Murillo, Halbin Serrano, Gustavo Lara, Josimar Barranco, Paula Domínguez, Edinson Orozco y Kelvin Varela.

Laboratorio de Servicios de Información (LABSIS):

Janneth Andrea Beltrán Ibáñez, Lina Paola Vásquez Prieto, Leonardo Arias.

Estudiantes:

Andrés Granados, Est. Biología, Universidad Magdalena
Valentina Ospina, Est. Biología Marina, UTADÉO
Sara Mazo, Est. Biología, UDEA
Ximena Camacho – Est Ing. Ambiental y Sanitaria, Unimagdalena.
Esteban Balaguera – Aprendiz SENA

NODOS, ENTIDADES PARTICIPANTES Y COLABORADORES

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE - MINAMBIENTE
Andrea Ramírez y Martha Arteaga

CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA – CORALINA
Erick Castro, Nacor Bolaños y Cindy Fortune

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA – CORPOGUAJIRA
Jaiker Gómez y Lianis Charry

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL MAGDALENA – CORPAMAG
Alfredo Martínez y Eliana Álvarez

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO– C.R.A.
Emilio Zapata y Efraim Leal

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE – CARDIQUE
Mady García e Idelfonso Castro

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE SUCRE - CARSUCRE
Tulio Ruíz Álvarez

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y SAN JORGE – CVS
Rafael Espinosa, Albeiro Arrieta y María Sánchez

CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE URABÁ-CORPOURABÁ
Jairo Vásquez, Diana Cuervo y Kelis Hinestroza

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCÓ – CODECHOCÓ
Yoileth Ibarguen, Alexis Castro y Danny Palomeque

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA - CVC
Luisa Baena Álvarez

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA -CRC
Luz Prieto y Julio Rodríguez

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO – CORPONARIÑO
Marcela Caviedes, Gerardo Arteaga y María Folleco

Citar informe completo como:

INVEMAR. 2019. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Luisa F. Espinosa y Ostín Garcés (Eds). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM: INVEMAR, MinAmbiente, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC, CRC y CORPONARIÑO. Informe técnico 2018. Serie de Publicaciones Periódicas No. 4 del INVEMAR, Santa Marta. 212 p.

Citar capítulo como:

Autores. 2019. Título. Intervalo de páginas. En: INVEMAR. 2019. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Luisa F. Espinosa y Ostín Garcés (Ed). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM: INVEMAR, MinAmbiente, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC, CRC y CORPONARIÑO. Informe técnico 2018. Serie de Publicaciones Periódicas No. 4 del INVEMAR, Santa Marta. 212 p.

ISSN versión impresa: 2357-6332

ISSN versión digital: 2389-8615

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
ÁREA DE ESTUDIO.....	2
METODOLOGÍA	3
1. FUENTES DE CONTAMINACIÓN AL MAR	11
2. DIAGNÓSTICO NACIONAL Y REGIONAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS	19
3. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA	26
4. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	39
5. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA	56
6. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO	73
7. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR.....	89
8. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE SUCRE	101
9. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.....	115
10. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.....	131
11. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE CHOCÓ.....	150
12. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA.....	164
13. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL CAUCA.....	177
14. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE NARIÑO	193
BIBLIOGRAFÍA.....	204

INTRODUCCIÓN

Con el propósito de contribuir con las bases científicas sobre la calidad ambiental marino costera de Colombia, para la formulación de planes y programas que posibiliten el manejo integrado del recurso hídrico y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales asociados, para garantizar la calidad de vida de los colombianos, la **Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia (REDCAM)**, ha venido monitoreando la calidad del agua marino costera del Caribe y Pacífico colombiano ininterrumpidamente desde el año 2001 hasta la actualidad.

La REDCAM es una actividad de cooperación interinstitucional, coordinada por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), con la participación de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR) con jurisdicción costera e insular, y apoyada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). Esta actividad ha permitido vigilar de forma permanente la calidad ambiental marina en ~350 estaciones de monitoreo, distribuidas en las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombianos; y se han identificado y caracterizado las fuentes antropogénicas de contaminación al mar.

Los datos del monitoreo, están almacenados en el Sistema de Información REDCAM que está siendo actualizado permanente y al cual tienen acceso a las entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y el público en general.

En el presente informe técnico, se presenta el diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y el Pacífico colombianos, con los resultados de los muestreos realizados en el segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018. El diagnóstico incluye variables fisicoquímicas, microbiológicas, contaminantes orgánicos (plaguicidas e hidrocarburos del petróleo) e inorgánicos (metales pesados) en sitios de interés ambiental, presentados en un contexto nacional, regional y departamental. Además, se muestran los resultados de contaminantes en sedimentos marinos en algunas estaciones, como complemento al monitoreo. El informe incluye además el caso estudio de fuentes de contaminación al mar en el departamento de Nariño.

ÁREA DE ESTUDIO

Para realizar el Diagnóstico Nacional de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras, correspondientes al segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018, se monitorearon aguas en total 316 estaciones, 213 en el Caribe, distribuidas en la zona costera de los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia y el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina; y 103 en el Pacífico, distribuidas entre los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño. En 72 de estas estaciones, se analizaron sedimentos, 56 en el Caribe y 16 en el Pacífico (Figura 1.1). Estas estaciones se ubican en sitios de importancia económica y ambiental, como golfos, bahías, lagunas costeras, ciénagas, playas, cuencas bajas y frentes de los principales ríos que drenan al mar Caribe y al océano Pacífico.



Figura 1.1. Mapa de la red de estaciones de monitoreo de la REDCAM (puntos de color rojo), en las costas del Caribe y del Pacífico colombianos.

METODOLOGÍA

FASE DE CAMPO

Los muestreos se realizaron entre junio y noviembre de 2017 y entre febrero y julio de 2018. En los departamentos de Magdalena, Atlántico, Sucre, Córdoba, Chocó, Cauca y Nariño, los muestreos fueron realizados por personal del INVEMAR, con el apoyo de las respectivas CAR; al igual que en La Guajira, con excepción de la zona norte donde el muestreo fue realizado por personal de CORPOGUAJIRA. En los departamentos de San Andrés, Bolívar, Antioquia y Valle del Cauca, el muestreo fue realizado por personal de las respectivas corporaciones, CORALINA, CARDIQUE, CORPOURABÁ y CVC, debido a que tienen laboratorios con capacidad técnica para hacer el monitoreo de manera autónoma.

En todas las estaciones de muestreo, se midió temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH, usando equipos portátiles previamente calibrados (Figura 1.2a); se recolectaron muestras de agua (Figura 1.2b y c) para analizar en el laboratorio las variables fisicoquímicas, microbiológicas, contaminantes orgánicos (hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno y plaguicidas organoclorados y organofosforados) y metales pesados disueltos; y en algunas estaciones, muestras de sedimento (Figura 1.2d) para medir materia orgánica, hidrocarburos del petróleo equivalentes de criseno, plaguicidas organoclorados y organofosforados, y metales pesados totales.



Figura 1.2. Medición de parámetros *in situ* (a) y recolección de muestras de agua (b y c) y de sedimentos (d), fotos: INVEMAR.

FASE DE LABORATORIO

CORALINA, CARDIQUE, CORPOURABÁ y CVC, realizaron los análisis de las muestras colectadas en las estaciones de sus respectivos departamentos, teniendo en cuenta los procedimientos internos de sus laboratorios.

El Laboratorio Ambiental de CORPOGUAJIRA, realizó las mediciones de coliformes totales (CTT), coliformes termotolerantes (CTE) y enterococos fecales (EFE) en el agua superficial de La Guajira.

En la Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina (LABCAM) del INVEMAR se analizaron las muestras de agua y sedimento recolectadas en los departamentos de Magdalena, Atlántico, Sucre, Córdoba, Chocó, Cauca, Nariño y La Guajira, con excepción de las variables microbiológicas, siguiendo metodologías estandarizadas, las cuales se describen en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Parámetros y metodologías utilizadas en la Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina (LABCAM) del INVEMAR para las muestras de la REDCAM.

Parámetro	Métodos de Análisis
Matriz agua	
Salinidad (Unidades)	Medición electrométrica de la conductividad con electrodo acoplado a sonda (Standard Methods 2520-B, APHA et al., 2012).
Temperatura (°C)	Medición electrométrica con termocupla acoplada a sonda portátil (Standard Methods 4500-HB, APHA et al., 2012).
pH (Unidades)	Medición potenciométrica con sonda portátil (Standard Methods 4500-H B; APHA et al., 2012).
Oxígeno disuelto (mg/L)	Medición en campo con electrodo de membrana (Standard Methods 4500-O G; APHA et al., 2012).
Demanda bioquímica de Oxígeno – DBO ₅ (mg/L)	Incubación sin dilución durante 5 días a 20 °C (Standard Methods N° 5210 B; APHA et al., 2012).
Sólidos suspendidos totales - SST (mg/L)	Filtración en membrana de fibra de vidrio, secado 103-105°C y gravimetría (Standard Methods N° 2540-D, APHA et al., 2012).
Nitritos N-NO ₂ ⁻ (µg/L)	Método colorimétrico de la sulfanilamida (Garay et al., 2003).
Nitratos N-NO ₃ ⁻ (µg/L)	Método colorimétrico basado en la reducción con cadmio y reacción por sulfanilamida (Garay et al., 2003).
Amonio N-NH ₄ ⁺ (µg/L)	Método colorimétrico del azul de indofenol (Garay et al., 2003).
Ortofosfatos P-PO ₄ ⁻³ (µg/L)	Método colorimétrico del ácido ascórbico (Garay et al., 2003).
Coliformes totales - CTT (NMP/100mL)	Fermentación en tubos múltiples método de números más probable (Standard Methods 9221-B; APHA et al., 2012).
Coliformes termotolerantes - CTE (NMP/100mL)	Fermentación en tubos múltiples método de número más probable (Standard Methods 9221-E, APHA et al., 2012).
Enterococos fecales – EFE (UFC/100mL)	Filtración por membrana (Standard Methods N° 9230 C, APHA et al., 2012).
Hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno - HPDD (µg/L)	Extracción líquido-líquido con diclorometano y cuantificación fluorométrica (UNESCO, 1984 ; Garay et al., 2003).
Plaguicidas* (ng/L)	Extracción líquido – líquido con diclorometano y lectura cromatográfica GC-MSD Modo SIM (PNUMA, 2008).
Metales disueltos: plomo, cadmio, cromo hexavalente, cobre, zinc, níquel y hierro (µg/L)	Extracción APDC-MIBK-HNO ₃ 1N y cuantificación por absorción atómica con llama (Standard Methods N° 3111-C, APHA et al., 2012 , Garay et al., 2003).

Parámetro	Métodos de Análisis
Sedimento	
Materia Orgánica – MO (mg/g) en peso seco	Digestión en frío con dicromato de potasio, método de Walkley y Black (IGAC, 1990).
Hidrocarburos aromáticos policíclicos-HAP** (µg/g) en peso seco	Extracción soxhlet con diclorometano-acetona (1:1) (The SW-846 Compendium N° 3540C, EPA, 1996). Cuantificación por cromatografía de gases acoplada a detector selectivo de masas (The SW-846 Compendium N° 8270D, EPA, 2014).
Plaguicidas * (ng/g) en peso seco	Extracción soxhlet con diclorometano: acetona, fraccionamiento en columna de sílica-alúmina y cuantificación por GC-MSD modo SIM (UNEP et al., 1992).
Metales totales: plomo, cadmio, cromo, cobre, zinc, níquel, hierro y mercurio (µg/L) en peso seco	Digestión asistida por microondas (Método EPA 3052, 1996) y cuantificación por espectrometría de absorción atómica con llama (Standard Methods N° 3500, APHA et al., 2012) y Mercurio en sólidos y solución por descomposición térmica, amalgamación y espectrometría de absorción atómica (EPA, 2007).

***Plaguicidas medidos:** aldrín, dieldrín, endrín, endrín aldehído, endrín cetona, ppDDT, ppDDD, ppDDE, α , β , γ y δ HCH, heptacloro, heptacloro epóxido, α y γ clordano, endosulfán I y II, endosulfán sulfato, metoxicloro, dichlorvos, mevinphos, ethoprop, sulfotep, phorate, dimethoate, diazinon, clorotalonil, ronnel, paratión, metilparatión, bromacil, malatión, fenthion clorpirifós, tricloronato, tokuthion, bolstar, cis y trans-permetrina.

****Hidrocarburos aromáticos medidos:** naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-cd)pireno, dibenzo(a,h)antraceno y benzo(ghi)perilene.

SISTEMA DE SOPORTE (BASE DE DATOS)

La información de los monitoreos de la calidad del agua superficial y de los sedimentos marinos y costeros, fue estandarizada y procesada para actualizar la base de datos de la REDCAM, la cual da soporte a los procesos de gestión del recurso hídrico marino-costero del país. Adicionalmente, se actualizaron los servicios web que se encuentran disponibles en el portal de “Monitoreo de Ambientes Marinos” en la página web del INVEMAR, a través del enlace <http://siam.invemar.org.co/redcam>, o desde la página principal del INVEMAR (Figura 1.3).

Cabe destacar que durante el 2018 se dio continuidad a los procesos de verificación, validación y ajustes del nuevo sistema de soporte multitemático para el monitoreo ambiental ARGOS. En este nuevo esquema, se estandarizaron e ingresaron los datos, quedando habilitados los diferentes módulos de consulta que incluyen indicadores de gestión, geovisor, consulta de datos y el indicador de la calidad de las aguas marinas-ICAM (Figura 1.3 y Figura 1.4).

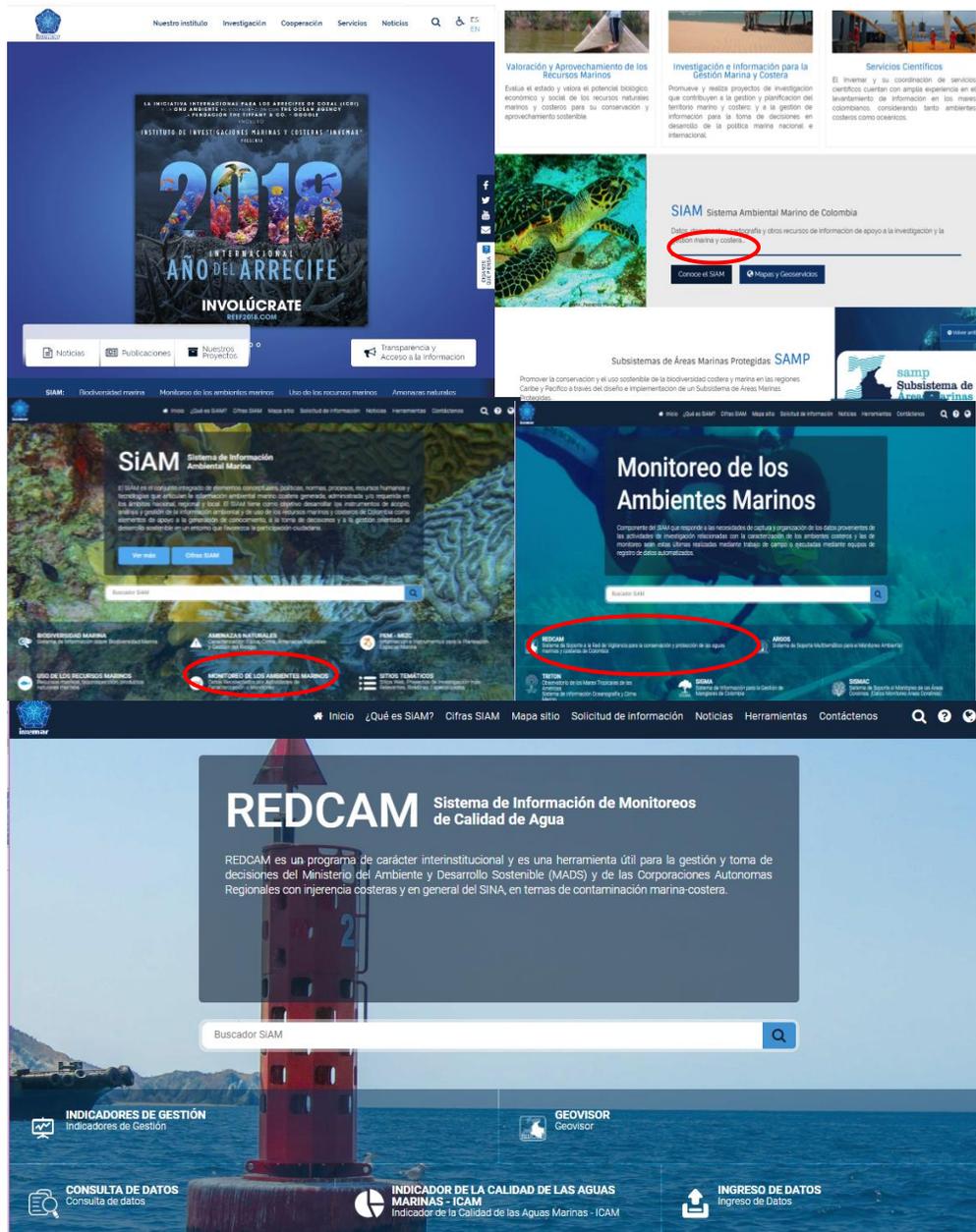


Figura 1.3. Ingreso al sistema de información REDCAM, desde el sistema de información ambiental marina - SIAM del INVEMAR.

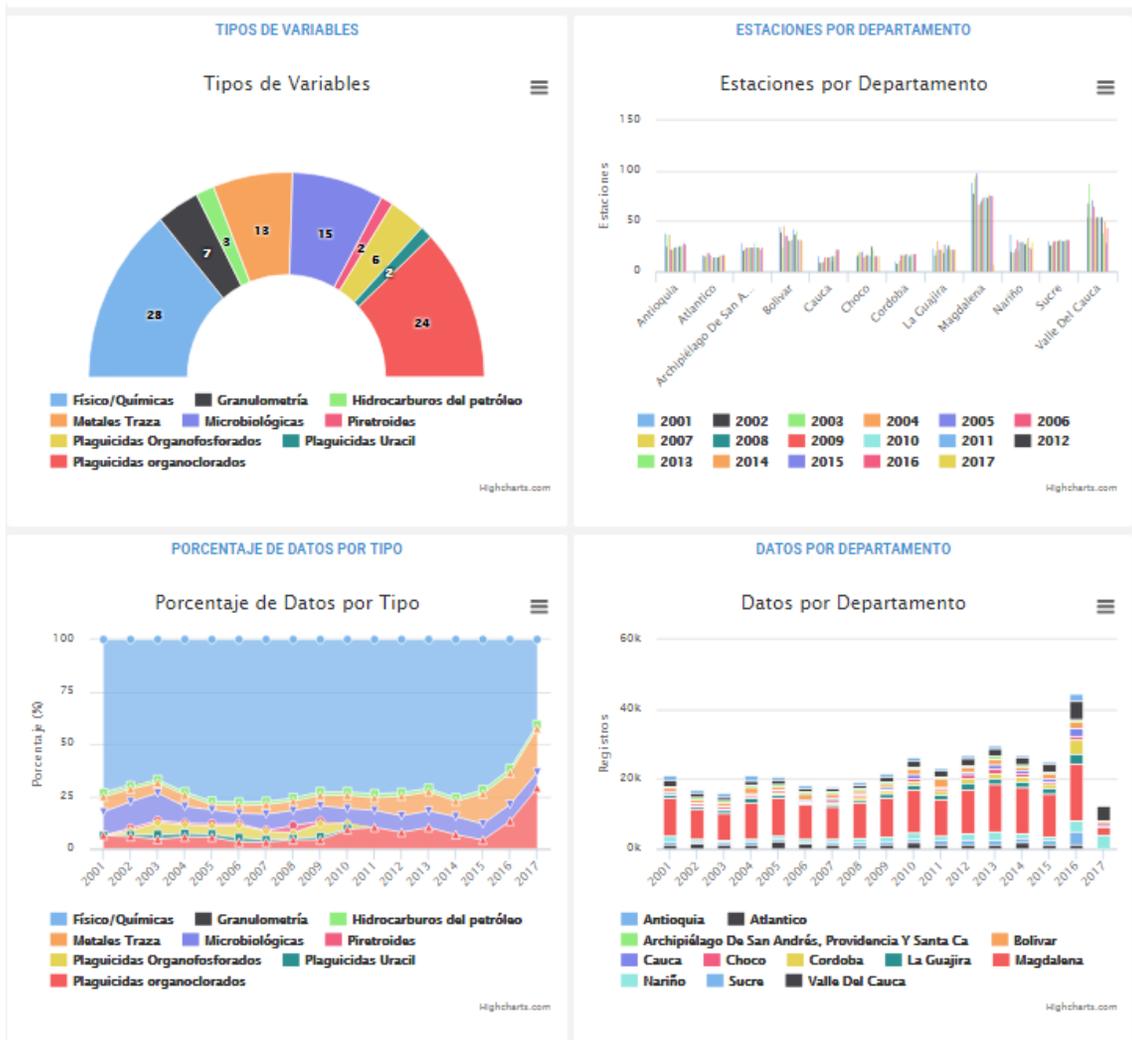


Figura 1.4. Servicios de la plataforma online de la REDCAM.

Si bien la cartografía dinámica se actualiza de forma simultánea con la carga de los datos al sistema, se requiere un proceso de validación para la visualización final en el geovisor, al cual se puede acceder a través del enlace <http://buritaca.invemar.org.co/geovisorredcam/>, donde se muestran los datos de forma dinámica e interactiva sobre mapas, aportando una dimensión y ubicación en el territorio marino costero.

El geovisor cuenta con nuevos módulos de acceso, como el de fuentes de contaminación al mar; las estaciones de monitoreo que al ser seleccionadas se pueden consultar sus coordenadas, tipo de sustrato, identificación - nombre, además el usuario puede ver la cantidad de variables medidas, así como otra información cartográfica de interés. A manera de ejemplo, en la Figura 1.5 se visualizan los datos en las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

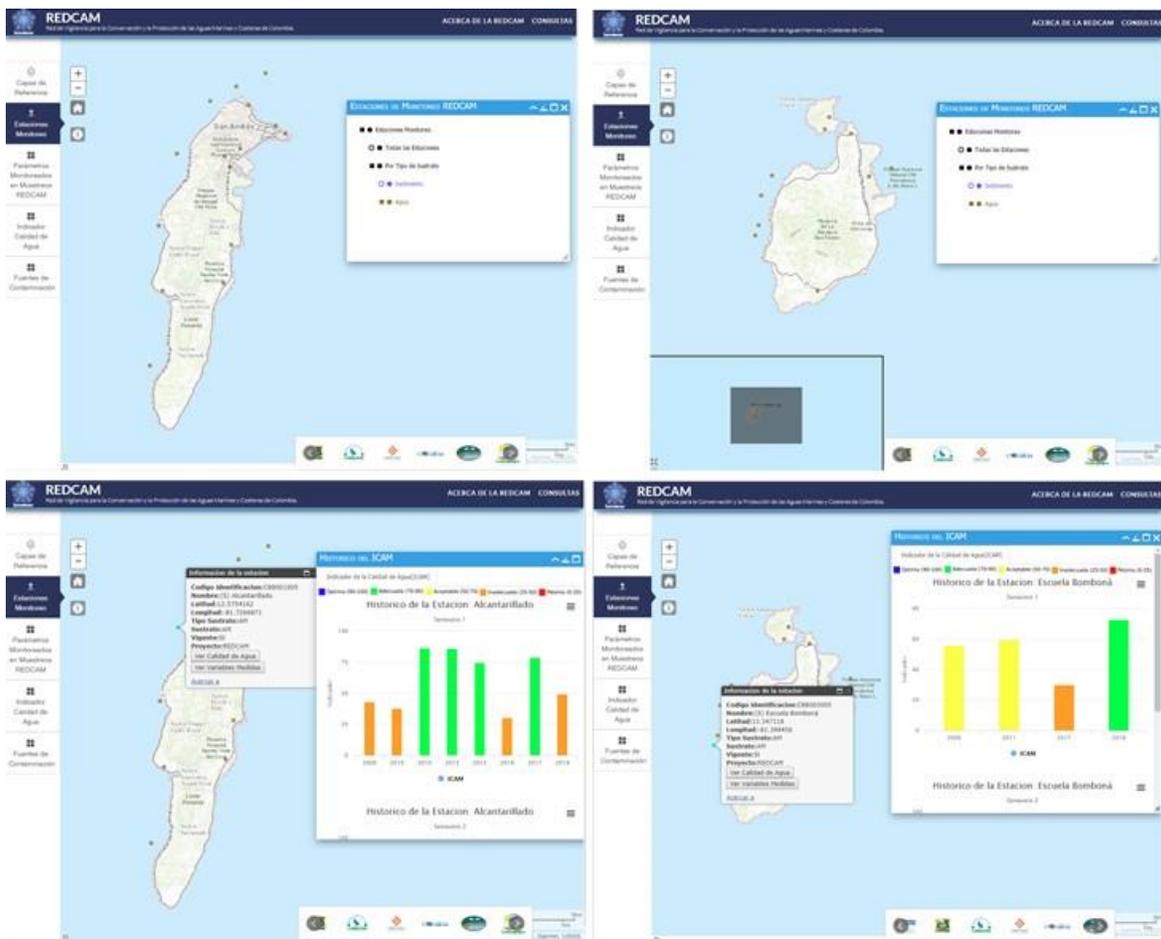


Figura 1.5. Geovisor REDCAM Colombia visualizando las estaciones de muestreo de las islas San Andrés y Providencia y, los datos con los resultados del ICAM desde el año 2009 al presente.

ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados de las variables de calidad de agua y sedimentos se analizaron con estadística básica y se compararon con los criterios de calidad descritos en el Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984) para las variables que están reglamentadas y con valores de referencias descritos en guías internacionales y en la bibliografía científica.

Adicionalmente, con el propósito de facilitar la interpretación de la calidad del agua marina y estuarina, se calculó el Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras para la preservación de flora y fauna (ICAM_{PFF}). Para calcular el indicador en agua marina, se usan las variables oxígeno disuelto, pH, nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos totales (SST), HPDD y coliformes termotolerantes (CTE); para aguas estuarinas, se utilizan las mismas variables, con excepción de los HPDD que son reemplazado por las concentraciones de clorofila a.

El ICAM_{PFF} utiliza una ecuación de promedio geométrico ponderado, categorizando la información en cinco niveles de calidad, definidas entre 0 y 100, en función de los valores de referencia o criterios de calidad nacionales o internacionales (Vivas-Aguas *et al.*, 2014a), los cuales representan según sus valores de aceptación o rechazo una calidad o condición del agua para la preservación de la flora y fauna (Tabla 1.2). Dependiendo del resultado de calidad del agua arrojado por el ICAM_{PFF}, se proponen algunas alternativas de manejo, mediante las cuales se puede reducir o mitigar el impacto sobre el ecosistema que esté siendo afectado (Tabla 1.2). Para mayor información, se puede consultar la hoja metodológica del indicador, a través del enlace <http://indicadores.invemar.org.co/icam>.

Tabla 1.2. Escalas de valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM_{PFF}), y opciones de medidas que se pueden optar según la valoración del indicador ICAM_{PFF} (Modificado de Marín, 2001).

Escala de calidad	Categorías	Descripción	Opciones de medidas a optar
Óptima	100-90	Calidad excelente del agua.	Continuar con el monitoreo.
Adecuada	90-70	Agua con buenas condiciones para la vida acuática.	Caracterización, diagnóstico y verificación.
Aceptable	70-50	Agua que conserva buenas condiciones y pocas restricciones de uso.	Monitoreo y evaluación fisicoquímicos y tóxicos semestral.
Inadecuada	50-25	Agua que presenta muchas restricciones de uso.	Monitoreo/bioensayos/medidas de control y vigilancia. Evaluación: fisicoquímicos y tóxicos, plan de contingencia trimestral.
Pésima	25-0	Aguas con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado.	Monitoreo y seguimiento /bioensayos/ evaluación: fisicoquímicos y tóxicos /plan de contingencia/ aplicación de medidas de choques trimestral.

FUENTES TERRESTRES Y MARÍTIMAS DE CONTAMINACIÓN AL MAR

CASO ESTUDIO: NARIÑO

Por: Ostin Garcés Ordóñez y Paola Sofía Obando-Madera



Isla de Tumaco, Nariño. Foto: Paola Obando.

1. FUENTES DE CONTAMINACIÓN AL MAR

1.1 CASO DE ESTUDIO 2018: DEPARTAMENTO DE NARIÑO

El departamento de Nariño se ubica en el suroccidente de Colombia, en la región del Pacífico. En su zona costera se encuentran ecosistemas estratégicos como los manglares, uno de los más representativos del departamento y de la región del Pacífico colombiano, por su cobertura y estado de conservación. Además de los manglares, se encuentran ecosistemas de playas, acantilados, playones intermareales y estuarios de importancia ambiental, económica y cultural (IDEAM *et al.*, 2007). Estos ecosistemas resguardan parte de la biodiversidad de la región y proveen a la población costera del departamento bienes y servicios ambientales importantes para su bienestar. No obstante, estos ecosistemas se ven afectados por factores de degradación ambiental, como el crecimiento poblacional, el inadecuado manejo de residuos, la contaminación y la explotación irregular de los recursos, entre otros (INVEMAR, 2018a).

Con el propósito de identificar las principales actividades y fuentes de contaminación marina en el departamento de Nariño, se revisó información secundaria disponible en la web y solicitada a las entidades administrativas municipales y a la Corporación Autónoma Regional de Nariño - CORPONARIÑO; y se realizó una salida de campo entre los días 03 y 04 de diciembre de 2018 en el municipio de Tumaco. En esta visita se hicieron entrevistas a funcionarios de las alcaldías municipales y empresas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios, propietarios de hoteles y personal de la comunidad, para conocer el manejo de los residuos municipales y las actividades productivas que se desarrollan en el municipio. Además, se hicieron recorridos para verificar y geoposicionar las actividades y fuentes de contaminación marina.

Como resultado del análisis de la información, se determinó que las principales fuentes de contaminación en la zona costera del departamento de Nariño son las aguas residuales domésticas, la inadecuada disposición de residuos sólidos, las escorrentías agrícolas, las escorrentías y aguas residuales de la minería, los residuos de la actividad portuaria y del tráfico marítimo y los derrames de petróleo producto de atentados al Oleoducto Transandino, accidentes portuarios y extracción ilegal de combustibles del oleoducto (Tabla 1.1; Figura 1.1). En la Figura 1.2 se presenta la distribución geográfica de las actividades socioeconómicas, FTCM, residuos contaminantes y cuerpos de agua receptores de la contaminación en la zona costera de Nariño.

Tabla 1.1. Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en el departamento de Nariño. Fuentes de información: Alcaldía de Tumaco, INVEMAR *et al.* (2017), Superservicios (2014a, 2014b, 2015, 2016, 2017).

Actividad / Fuente Contaminante	Sustancias contaminantes	Receptor
Residuos de la población	Aguas residuales de siete municipios costeros (El Charco, La Tola, Francisco Pizarro, Mosquera, Olaya Herrera, Tumaco y Santa Bárbara). Botaderos a cielo abierto, relleno sanitario Buchelly, vertimiento de residuos a ríos y esteros.	Nutrientes, microorganismos de origen fecal, plásticos y otros residuos sólidos, materia orgánica, sólidos suspendidos totales, hidrocarburos, grasas y aceites, lixiviados.
Descargas de tributarios	Ríos Mataje, Mira, Rosario, Chagüí, Mejicano, Curay, Patía, Satinga, Sanquianga e Iscuandé.	Sólidos en suspensión, materia orgánica, nutrientes inorgánicos, microorganismos de origen fecal.

Actividad / Fuente Contaminante		Sustancias contaminantes	Receptor
		residuos de plaguicidas, hidrocarburos y residuos sólidos.	
Derrames de hidrocarburos	Derrame de petróleo crudo del Oleoducto transandino, extracción ilegal de petróleo de oleoducto, accidentes de buques y de operaciones de cargue de buques con combustible	Hidrocarburos del petróleo, residuos oleosos peligrosos.	Río Mira, Rosario y Patía, bahía de Tumaco, océano Pacífico.
Actividades marítimas y portuarias	Residuos de la actividad marítima y portuaria, tráfico de embarcaciones, expendio de combustibles, terminales portuarios y muelles para embarcaciones	Hidrocarburos, aguas de lastre y de sentina, grasas y aceites, microorganismos.	Ríos del departamento, bahía de Tumaco, océano Pacífico.
Otras actividades productivas y socioeconómicas	Agricultura (cultivos de palma de aceite, café, caña panelera, cacao, caucho, tabaco y cultivos ilícitos).	Sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes, plaguicidas.	Ríos del departamento y océano Pacífico.
	Pesca y camaronicultura.	Residuos sólidos, materia orgánica.	Ríos y esteros del departamento, la bahía de Tumaco y el océano Pacífico.
	Turismo en playas.	Residuos sólidos, materia orgánica, nutrientes, microorganismos de origen fecal, sólidos en suspensión, hidrocarburos.	Océano Pacífico.
	Comercio.	Residuos sólidos, aguas residuales, materia orgánica, nutrientes, grasas y aceites.	Ríos y esteros del departamento, océano Pacífico.

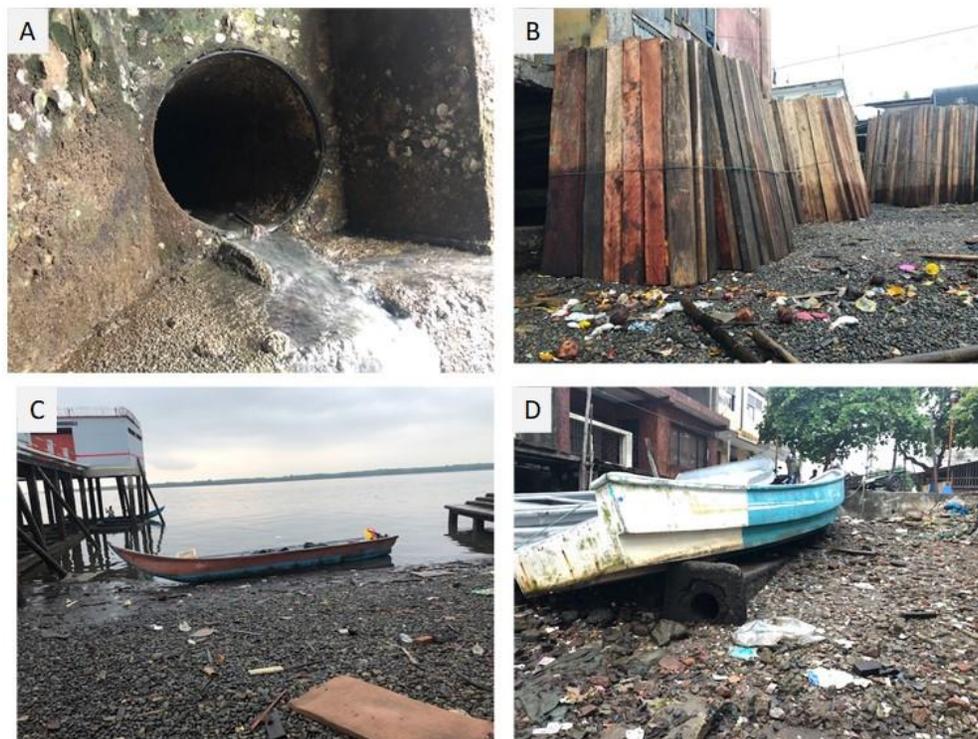


Figura 1.1. Fuentes de contaminación y actividades desarrolladas en la franja costera de Tumaco. A) Vertimiento de aguas residuales en muelles, B) transporte de manera y disposición de residuos líquidos en el muelle turístico, C) estación de servicio de combustibles, y D) vertimiento de aguas residuales domésticas de la población. Fotografías: Paola Obando.

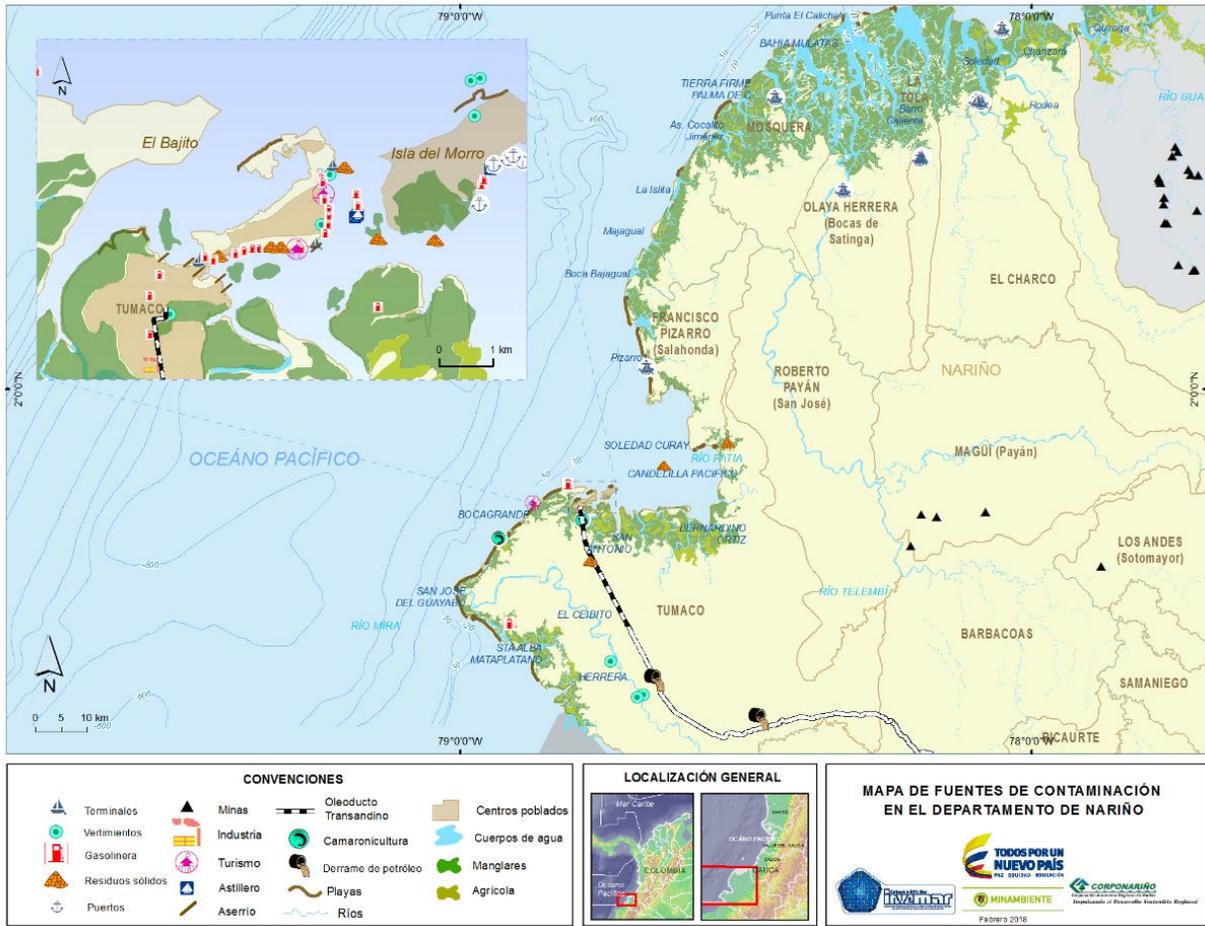


Figura 1.2. Mapa de la distribución de ecosistemas marino-costeros, centros poblados, actividades antropogénicas y fuentes terrestres y marinas de contaminación en el departamento de Nariño, Pacífico colombiano.

1.1.1 Residuos de la población costera

Administrativamente el departamento de Nariño se subdivide en 64 municipios, de los cuales siete son costeros: El Charco, La Tola, Mosquera, Olaya Herrera, Francisco Pizarro, Santa Bárbara y San Andrés de Tumaco. La población costera estimada a 2018 por [DANE \(2017\)](#) en estos municipios fue de 349.146 habitantes, de los cuales el 51% se ubica en las áreas rurales y el 49% en las cabeceras municipales (Figura 1.3).

La contaminación por residuos sólidos se produce principalmente en los sectores de casas palafíticas, que descargan los residuos orgánicos e inorgánicos directamente en el mar, y los aserríos (Figura 1.4; [Aguas de Tumaco, 2018a](#)). El saneamiento básico en los municipios costeros de Nariño es deficiente o inexistente ([Superservicios, 2015; 2016](#)), por lo cual, los residuos sólidos y líquidos de la población de estos municipios, no reciben un tratamiento y disposición final adecuados, afectando a los cuerpos de agua naturales, con aportes de materia orgánica, nutrientes inorgánicos, metales pesados, sólidos en suspensión, plásticos, plaguicidas y microorganismos de origen fecal, entre otras sustancias que deteriora la calidad de las aguas y restringe su uso ([INVEMAR, 2017b](#)).

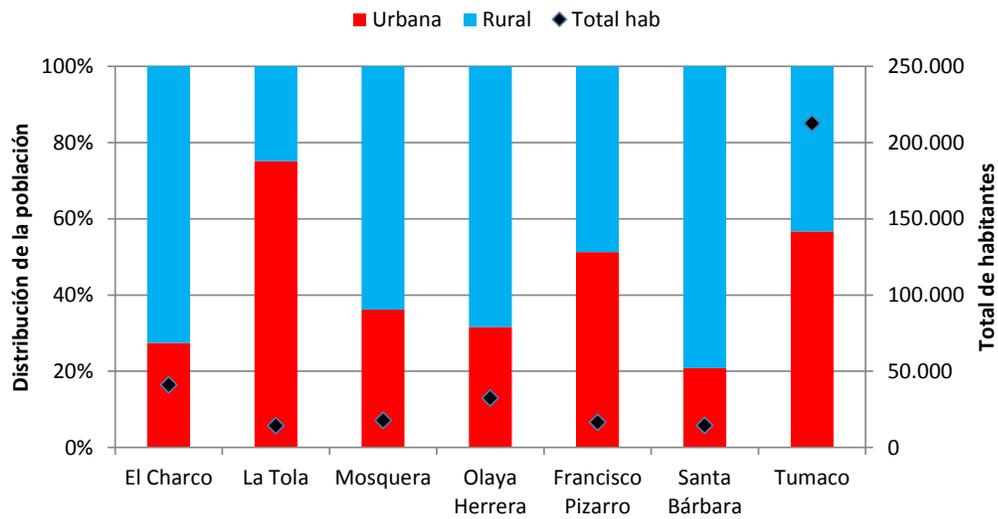


Figura 1.3. Distribución de la población humana en las zonas urbana y rural de los municipios costeros del departamento de Nariño. Fuente: Proyección poblacional DANE 2005-2020.



Figura 1.4. Actividades desarrolladas en la franja costera de Tumaco y residuos que generan. A y B) Residuos orgánicos e inorgánicos producidos en los muelles, C y D) Aserrín producto de los aserríos en cercanía a casas palafíticas en la Isla de Tumaco. Fotografías: Paola Obando.

En el municipio de San Andrés de Tumaco, la población humana estimada a 2018 es de 3.882 habitantes. Se estima que la población en Tumaco genera un caudal de 32.500 m³ de aguas residuales /día, con una carga contaminante de 10.600 kg de DBO₅/día, 2.500 kg de nitrógeno inorgánico total/día, 170 kg de fósforo total/día y 4,25x10⁺¹⁶ NMP de CTE/100 mL, que son dispuestos en letrinas, pozos de filtración y directamente a los cuerpos de agua naturales (UNGR, 2016). La cobertura del servicio de aseo es del 100% en el área urbana; la producción de residuos sólidos ordinarios de enero a octubre de 2018 fue de 20.977 ton, siendo febrero el mes en donde se produjo la menor cantidad de residuos (Figura 1.5), los cuales son dispuestos en el relleno sanitario Buchelly (Superservicios, 2016; Aguas de Tumaco, 2018b). La cobertura de acueducto se encuentra distribuida en 4 sectores: isla de Tumaco, isla el Morro, Tumaco continente y nuevo Tumaco, y en general en octubre de 2018 fue del 78,5%, en tanto según la UNGR (2016) el agua suministrada a las viviendas en el municipio, tiene una calidad inadecuada para el consumo humano.



Figura 1.5. Cantidad de residuos producidos en el casco urbano del municipio de Tumaco que son dispuestos en el relleno sanitario Buchelly. Fuente: Aguas de Tumaco (2018b).

En el municipio de El Charco, se estima una población a 2018 de 41.042 personas. El municipio cuenta con una planta de tratamiento de agua para consumo humano. La cobertura del servicio acueducto en la zona urbana es de 53,6% y el servicio de alcantarillado tiene una cobertura del 4% (PNUD, 2015). Se estima que la población en el municipio genera cerca de 5.500 m³/día de aguas residuales, con una carga contaminante estimada de 2.000 kg de DBO₅/día, 500 kg de nitrógeno inorgánico total/día, 33 kg de fósforo total/día y 8,21x10⁺¹⁵ NMP de CTE/100 mL, las cuales son vertidas sin tratamiento en los ríos Tapaje y Sequionda. La cobertura del servicio de aseo en el área rural es de 65%, el servicio incluye recolección, transporte, barrido de calles y áreas públicas en la zona urbana, y la disposición final de los residuos sólidos se realiza en botaderos a cielo abierto (UNGR, 2017; PNUD, 2015). En las zonas rurales del municipio no se cuenta con servicios de acueducto, alcantarilla y aseo (UNGR, 2017; PNUD, 2015).

En el municipio de La Tola hay una población proyectada a 2018 de 14.230 habitantes, a quienes se le suministra el agua para consumo humano, de pozos subterráneos ([UNGR, 2017](#)). Las aguas de sanitarios son dispuestas en pozos sépticos y letrinas en bajamar; la cobertura del servicio de aseo es de 8%, y no se cuenta con un sitio controlado para la disposición de residuos sólidos, por lo que son dejados en botaderos a cielo abierto y arrojados en cuerpos de agua naturales ([UNGR, 2017](#); [Superservicios, 2016](#)). Asimismo, las condiciones de saneamiento básico en los municipios de Mosquera, Olaya Herrera, Francisco Pizarro y Santa Bárbara son deficientes, las aguas residuales son vertidas sin ningún tratamiento a los cuerpos de agua naturales, principalmente al río Satinga y Patía, en donde se han registrado concentraciones entre 130 y 24.000 NMP de CTE/100 mL ([INVEMAR, 2017a](#)), valores que han superado los criterios de calidad para uso del agua por contacto primario y secundario (5.000 NMP/100 mL) según el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)); también los residuos sólidos son arrojados en botaderos a cielo abierto y en los ríos, transportándolos hacia los manglares, las playas y el océano Pacífico ([UNGR, 2017](#); [Superservicios, 2016](#)).

1.1.2 Minería

Una de las fuentes de contaminación al mar en el departamento de Nariño, es la minería. Según la Agencia Nacional de Minería, en Nariño hay 189 títulos mineros vigentes que representan cerca de 96.000 hectáreas, de los cuales 107 son para la explotación de materiales de construcción, 6 de materiales de construcción y otros minerales, 3 de níquel y otros minerales, 10 de oro y metales preciosos y 11 de otros minerales ([ANM, 2017](#)). Los municipios con mayor producción de metales preciosos son Barbacoas, Magüí Payán, Santa Bárbara, San Andrés de Tumaco y Roberto Payán. Por otra parte, se estima que cerca de 5.500 mineros ejercen la minería ilegal, afectando las fuentes hídricas en el departamento de Nariño ([Burgos, 2018](#)).

1.1.3 Derrames de hidrocarburos

En el municipio de Tumaco son muy recurrentes los derrames de petróleo crudo que afectan los ecosistemas marinos y costeros del municipio. Entre 1976 y 2015 se han presentado cerca de ocho eventos de derrame de hidrocarburos, entre los cuales están: 30.000 ton de crudo y 300 ton de fueloil en la bahía de Tumaco por el naufragio de buque Sain Peter en el año 1976; 1.500 barriles de crudo en la bahía de Tumaco en una maniobra del buque Daedalus en el año 1976 ([Cabrera y Reyna, 1997](#)); 180.00 barriles de crudo por el oleoducto Trans-Ecuatoriano que afectaron las costas de Tumaco en 1998; 3.500 barriles de crudo en el río Rosario en el 2000; 50 barriles de crudo South Blend por el rebosamiento de un tanque de almacenamiento en Tumaco que llegó hasta los manglares de la bahía en el año 2004 ([Bermúdez y Corredor, 2006](#)), el derrame de 4.000 barriles de crudo en el río Rosario y de 10.000 barriles de petróleo crudo en el río Mira, como consecuencia de dos atentados al Oleoducto Transandino en junio de 2015 ([INVEMAR, 2015c](#); [INVEMAR et al., 2017](#)).

Adicionalmente, el recurso hídrico en el departamento, principalmente el agua de los ríos Mira y Rosario se ven afectados por derrames de petróleo crudo por goteo y rebosamiento de piscinas,

donde se almacena el crudo que se extrae ilegalmente del oleoducto Transandino ([Semana, 2013](#); [El Tiempo, 2015](#); [INVEMAR et al., 2017](#)).

1.1.4 Actividades agropecuarias

Según el ministerio de Agricultura de Colombia ([MinAgricultura, 2016](#)), en el departamento de Nariño hay 249.396 ha de áreas sembradas, las cuales corresponden a cultivos de café (16%), papa (15%), plátano (11%), cacao (9%), palma de aceite (8%), caña panelera (7%), arveja (5%), frijol (5%), maíz tradicional (5%), coco (3%) y otros cultivos (19%). En el municipio de Tumaco se encuentran las mayores áreas de cultivo de palma de aceite (12.943 ha), plátano (7.000 ha) y Cacao (17.360 ha). El Charco tiene 2.460 ha de cultivos de plátano y 592 ha de cultivo de cacao. Las áreas de cultivo de cacao en Francisco Pizarro y Olaya Herrera son de 360 y 261 ha respectivamente.

En cuanto a las actividades pecuarias, según la [Gobernación de Nariño \(2014\)](#), la superficie de pastos para la ganadería en el departamento es de 282.287 ha, de las cuales 5.810 ha están en Tumaco, 902 ha en Olaya Herrera, 185 ha en La Tola, 104 ha en Francisco Pizarro, 56 ha en Santa Bárbara y 40 ha en Mosquera. En el departamento hay un inventario de 377.950 cabezas de ganado bovino y 1.357 porcinos ([Gobernación de Nariño, 2014](#)).

1.1.5 Actividades Marítimas

Los municipios costeros de Nariño, no tienen vías terrestres que los conecten, a excepción del municipio de Tumaco que tiene una vía que conduce al municipio de Pasto, por lo cual, el transporte de personas, productos agrícolas, ganado y mercancías se realiza por vía aérea, o por medios fluviales y marítimos, con embarcaciones con motor. Estas embarcaciones requieren combustibles, por lo cual, en las riberas de ríos y en la isla de El Morro en Tumaco, se encuentran expendios de gasolina, que durante el abastecimiento sufren pérdidas de residuos oleosos e hidrocarburos por goteo, los cuales quedan en las aguas y contribuyen a la contaminación.

1.1.6 Turismo

En el departamento de Nariño, el turismo es una de las actividades que genera ingresos económicos. La visita de personas que llegaron al departamento por vía aérea en el 2017 fue de 211.983 extranjeros no residentes y 206.930 nacionales; y por vía terrestre alcanza los 5.289.759 pasajeros ([CITUR, 2018](#)). La visita a parques nacionales naturales entre 2014 y 2017 osciló entre 28.000 y 41.000 personas ([CITUR, 2018](#)). En los municipios costeros, la actividad turística se desarrolla en mayor medida en Tumaco, en donde se encuentra la playa y la piscina natural de El Morro, una de las más atractivas, en donde se ubican los mejores hoteles de Tumaco, y cuenta con equipamientos para la recolección de residuos sólido, iluminación y algunos quioscos y locales comerciales en donde venden bebidas y alimentos para los turistas. Otro atractivo es el avistamiento de ballenas.

DIAGNÓSTICO NACIONAL Y REGIONAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS

Por: Paola Sofía Obando-Madera



Tumaco, Nariño. Foto: Paola Obando.

2. DIAGNÓSTICO NACIONAL Y REGIONAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS

La zona costera de los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia y Chocó y en la zona insular del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia, Santa Catalina, Caribe colombiano, hay una gran variedad de ecosistemas marinos y costeros que son la base para el desarrollo económico y social, producto de la diversidad de sus geoformas ([Ramos y Guerrero, 2010](#)), resaltando el relieve de la Sierra Nevada de Santa Marta, paisajes desérticos de La Guajira, deltas de los ríos Magdalena, Sinú y Atrato, los golfos de Morrosquillo y Urabá, los archipiélagos de las islas del Rosario y de San Bernardo. En esta región, se concentran la mayor densidad poblacional y una mayor ocupación de playas marinas ([Hernández-Ortiz et al., 2016](#)).

La costa Pacífico colombiano, comprende los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño. En la franja entre Panamá y Cabo Corrientes (Chocó), se presentan costas acantiladas por la serranía del Baudó; y desde el sur de Cabo Corrientes a Ecuador predomina una franja aluvial cubierta por manglares, desembocan numerosos ríos y esteros, y se encuentran pequeños tramos de acantilados ([Hernández-Ortiz et al., 2016](#)).

En las zonas marinas y costeras de Colombia desembocan 99 ríos principales, 43 en el mar Caribe y 56 en el Océano Pacífico. En el Caribe, se destacan los ríos Sinú, Atrato y Magdalena, los cuales de acuerdo con la ICA estimado por [IDEAM \(2018c\)](#) tienen en su perfil longitudinal aguas con calidad entre regular y muy mala; y en la costa Pacífica sobresalen los aportes que realizan los ríos San Juan, Mira y Micay ([INVEMAR, 2017b](#)).

Por otra parte, las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombiano, reciben diversas fuentes de contaminación, producto de las actividades socioeconómicas que se desarrollan, algunas de las cuales generan disposición inadecuada de residuos líquidos y sólidos, deteriorando la calidad del agua. Además se encuentran influenciadas por tensores naturales, como la variabilidad climática, eventos La Niña y El Niño, y a otros factores como los cambios en la intensidad de los vientos en cada ciclo anual y el desplazamiento de las zonas de Convergencia Intertropical ([GGWeather, 2018](#); [Ricaurte-Villota y Bastidas-Salamanca 2017](#)).

El agua es el eje transversal al desarrollo de la fauna y flora marina, en tanto su aprovechamiento eficiente y sustentable dependerá de la información y el conocimiento que se tenga de los sistemas hídricos, para así lograr una gestión integral que sea eficiente ante los efectos de la variabilidad de las condiciones de calidad de las aguas superficiales. Es por esto que con el propósito de evaluar y hacer seguimiento a las condiciones de las aguas superficiales marinas y estuarinas costeras, se desarrolló el índice de calidad de aguas marino-costeras para la preservación de flora y fauna (ICAMPFF), como una herramienta para interpretar la tendencia y variaciones de la calidad del agua superficial teniendo en cuenta los momentos de muestreo, épocas climáticas y la ubicación geográfica de los departamentos y estaciones ([Vivas-Aguas, et al., 2017](#)). En este capítulo se presenta el análisis detallado de los resultados del año 2017, destacando que en Antioquia se hicieron 6 muestreos, comparados con las tendencias de los años anteriores.

A nivel nacional, durante el año 2017, la calidad del agua en el 44% de los sitios monitoreados fue adecuada, en el 26% fue inadecuada, en el 25% fue aceptable, en el 7% fue pésima y en el

5% fue óptima (Figura 2.1). Con lo cual, comparado con los años 2015 y 2016, se mantiene la tendencia de aumento en las condiciones inadecuadas y leve disminución de las pésimas (Figura 2.2). Estos resultados muestran que son recurrentes las condiciones inadecuadas para la preservación de la fauna y flora marina, lo cual está asociado a la constante influencia de las fuentes puntuales y difusas de contaminación marina, producidas por actividades de minería, industria, portuarias, turismo, pesca y urbanismo presentes en los municipios costeros ([Ramos y Guerrero, 2010](#); [Arias-Espana et al., 2018](#)), cuyos residuos no son manejados y tratados adecuadamente ([MAVDT, 2004](#); [INVEMAR, 2017b](#)).

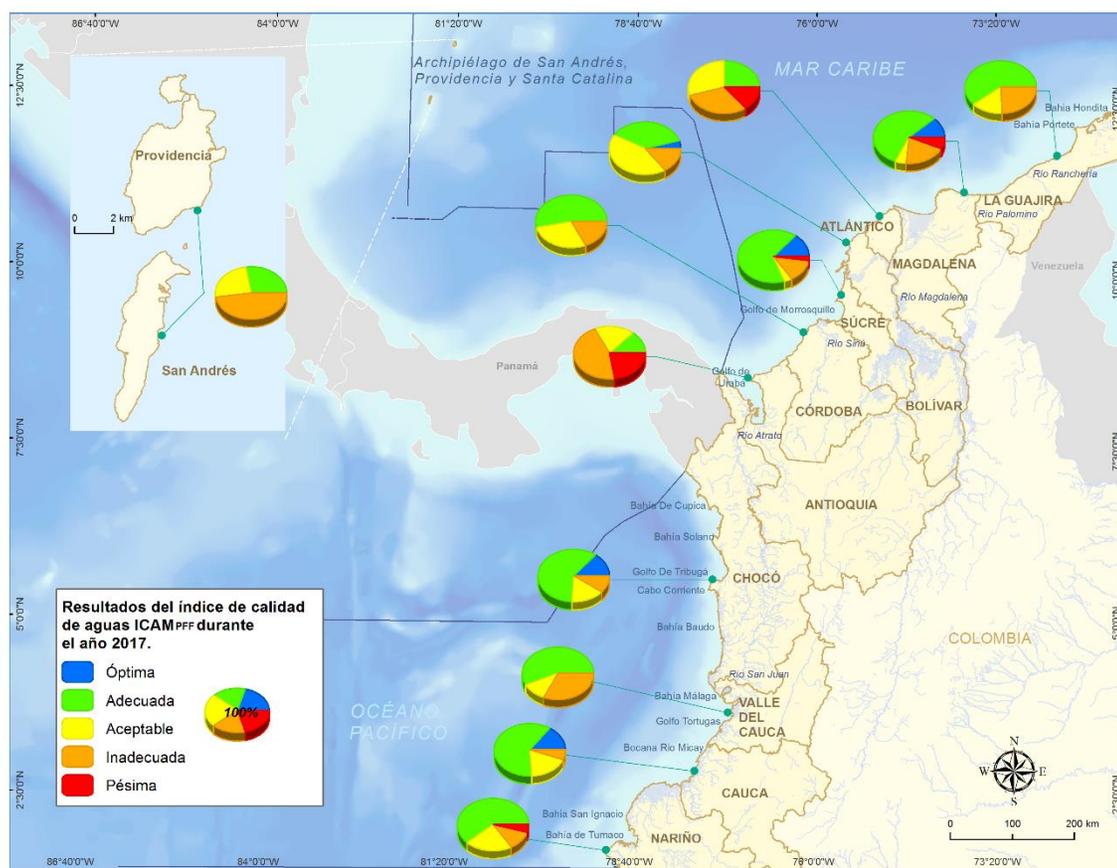


Figura 2.1. Calidad de las aguas marinas y costeras en los departamentos costeros de las regiones Caribe y Pacífico colombianos, evaluadas con el ICAM_{PFF} durante el año 2017.

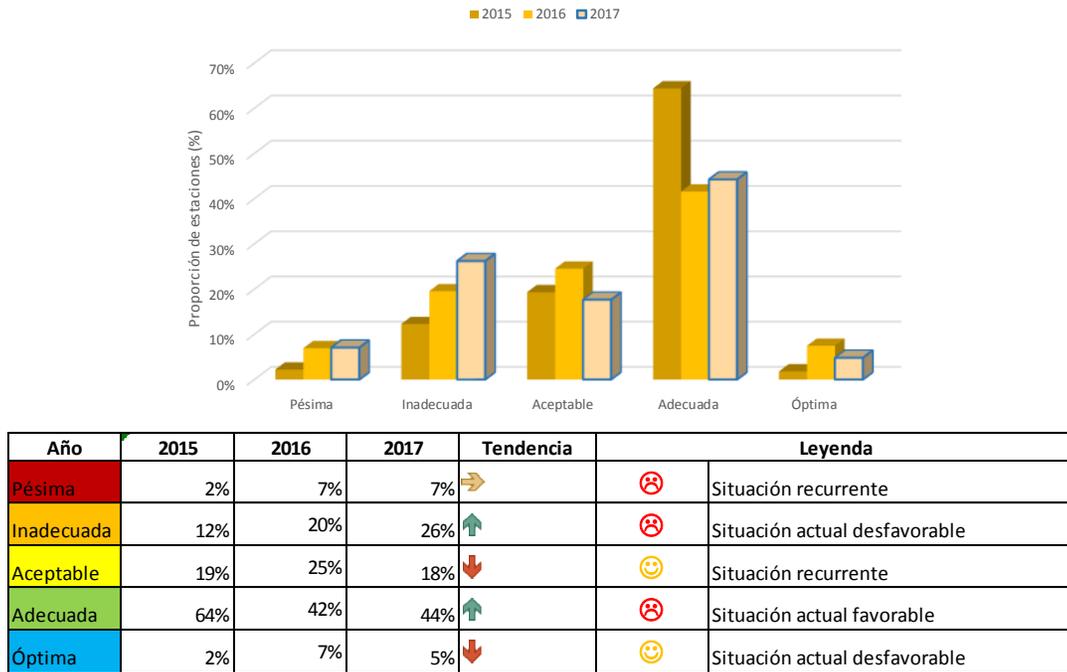


Figura 2.2. Tendencia comparativa de los cambios en la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia, evaluadas con el ICAMPFF entre los años 2015, 2016 y 2017.

El análisis detallado para las regiones, mostró que en el Caribe la calidad del agua en el 38% de los sitios estuvo entre pésima e inadecuada (Figura 2.3a), destacándose la tendencia pésima en los dos muestreos de los departamentos de Magdalena y en los 6 muestreos de Antioquia, este último con el 66% de los sitios, de los cuales al igual que en 2016, sobresalen las estaciones playas de Arboletes, Uveros y Lechugal, el muelle Armada, los frentes de los ríos Atrato, Leoncito y León, y las desembocaduras de los ríos Volcán, Caimán Nuevo, Turbo, San Juan, Necoclí, Damaquiel, Currulao y León (Figura 2.4). Este resultado se relaciona con la influencia de las descargas de más de 10 cuencas de tributarios en el golfo de Urabá, donde se destaca la cuenca del río Atrato (Castaño, 2002; MMA, 2002) que durante las lluvias recibe las escorrentías agrícolas de los cultivos de banano que representa el principal producto del agroindustrial del departamento (García-Valencia, 2007).

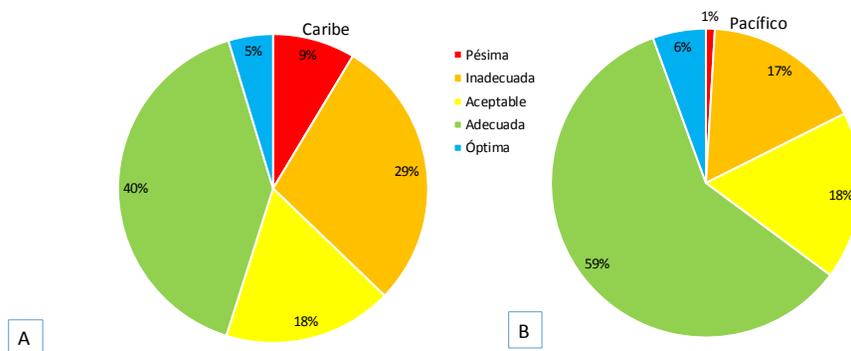


Figura 2.3. Distribución porcentual (%) de la calidad de las aguas marino-costeras, evaluada con el ICAMPFF en los departamentos costeros de la región Caribe (A) y Pacífico (B) colombiano en el año 2017.

Durante los dos muestreos de 2017, fueron recurrentes las condiciones entre pésima e inadecuada en 11 estaciones del Archipiélago de San Andrés, entre ellas se destacan el muelle de Santa Isabel, bahía El Cove, Escuela Bomboná y Santa Catalina; en La Guajira, en cabo de la Vela y las playas Camarones y Manaure; en Magdalena, bahía Concha, playa Cristal, muelle Cabotaje, emisario 8, playa municipal y en los frentes de los ríos Gaira y Manzanares; en Atlántico, las playas Salgar, Santa Verónica y Punta Astillero; en Bolívar en Tierra Bomba y Escollera Submarina; en Sucre en Punta Rincón, las playas de Tolú en hotel Montecarlo y Playa Mar; y en Córdoba en Moñitos y las playas de Puerto Escondido y Venados. En todas estas estaciones, las condiciones de calidad pésima e inadecuada se asocian con la introducción de aguas domésticas residuales y lixiviados de basureros que producen incrementos en las concentraciones de nutrientes inorgánicos, coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos totales, entre otros contaminantes (Figura 2.4).

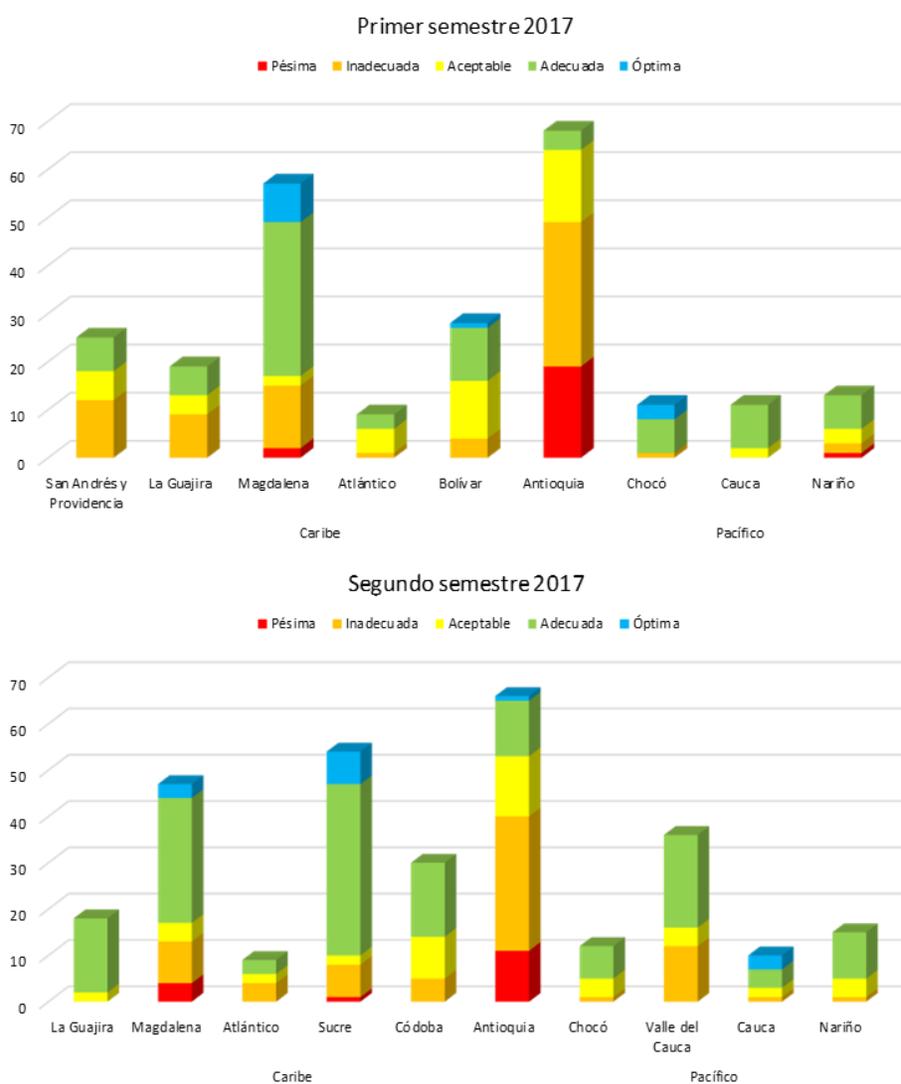


Figura 2.4. Distribución porcentual (%) de la calidad de las aguas marinas y costeras, evaluadas con el ICAM_{PF} durante el año 2017 en cada uno de los departamentos del Caribe y Pacífico colombianos, de acuerdo a los resultados obtenidos en el primer y segundo muestreo.

En la región Pacífico, en los departamentos Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, el 18% de los sitios presentaron una calidad del agua entre pésima e inadecuada (Figura 2.3b), con una mayor tendencia a condiciones inadecuadas durante el segundo muestreo del año. Al igual que en el año 2016, en Nariño, en la estación Arco el Morro, la calidad del agua fue pésima, y en estero el Pajal y frente a Sociedad Portuaria fue inadecuada (Figura 2.4). Estos resultados que continúan atribuyéndose a la influencia directa de los vertimientos de aguas residuales, generan altas concentraciones de nitratos, sólidos suspendidos totales y coliformes termotolerantes. En el Valle del Cauca, las condiciones inadecuadas se presentaron en frente Cabaña Amarilla, Carvajal, Muelle Juanchaco, hotel Palm View, hotel Medellín y en la playa Magüipi.

Es de destacar que a pesar de que las concentraciones de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos no fueron determinantes en las condiciones de calidad del agua en los nuestros del año 2017, se detectaron trazas en todos los departamentos costeros, en particular en Magdalena, en las estaciones frente al río Manzanares y puente calle 22; y en Nariño, en el Arco el Morro. Su presencia se atribuye al uso de combustible y sus derivados, utilizados en el desarrollo de actividades como el tránsito de embarcaciones, venta en expendios informales de gasolina y a las escorrentías de los ríos que reciben aportes de los asentamientos humanos.

En síntesis, la calidad de las aguas superficiales marinas y costeras en el año 2017, estuvo influenciada por los vertimientos de aguas residuales, producto de la carencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales y por las escorrentías en las cuencas de los tributarios que llegan a la zona costera, por precipitaciones y por eventos naturales de variación climática.

CAPÍTULOS DIAGNÓSTICOS DEPARTAMENTALES



Estero en playa de Nuquí. Foto: Ostin Garcés.

ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

Por: Paola Sofía Obando Madera



Old Point. Foto: Mario Forbes (CORALINA)

EQUIPO TÉCNICO CORALINA

Cindy Fortune – Coordinador de Laboratorio de Calidad Ambiental

Gilleann Taylor – Microbióloga

Vida Smith – Bacterióloga

Franz Davis – Ingeniera Química

Johan Mancilla – Ingeniero Ambiental

3. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina es una de las áreas potenciales de patrimonio de la humanidad, considerado como parte del hotpot de arrecifes del Caribe Occidental y Caribe terrestre ([Howard y Taylor, 2005](#)), siendo una de las reservas marinas más extensa del mundo debido a la presencia de ecosistemas estratégicos como los arrecifes coralinos, praderas de pastos marinos, manglares, cayos y bosque seco tropical ([CORALINA e INVEMAR, 2012](#)).

El presente capítulo contiene el diagnóstico de la calidad de las aguas y sedimentos marinos y costeros durante los monitoreos realizados en octubre de 2017 y mayo de 2018. La información del diagnóstico es útil para la gestión ambiental y el manejo integral del ambiente marino en jurisdicción de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - CORALINA.

3.1 ZONAS DE MONITOREO

En la zona marino-costera del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, la REDCAM cuenta con 25 estaciones de muestreo, distribuidas en tres zonas (Figura 3.1), las cuales se describen a continuación:

Zona San Andrés Norte donde se concentra la mayor población y desarrollo turístico, por las extensas playas y arrecifes de coral; **zona San Andrés Sur** que es el área donde predominan las actividades de buceo, transporte marítimo y se ubica el relleno sanitario “Magic Garden”; y la **Zona Providencia** que abarca las islas de Providencia y Santa Catalina. Las estaciones se distribuyen sobre las áreas de pastos marinos, formaciones coralinas y bosques de manglar, y playas turísticas; además en estas islas se presentan vertimientos de aguas residuales, el relleno sanitario que opera como botadero a cielo abierto, una quebrada temporal y el muelle en la zona de unión con Santa Catalina ([INVEMAR, 2018a](#)).

Los muestreos fueron realizados por personal técnico de CORALINA, los días 9 y 23 de octubre de 2017 (en adelante segundo semestre 2017) y los días 9 y 20 de mayo de 2018 (en adelante primer semestre 2018). De acuerdo con [IDEAM \(2018b\)](#), en octubre de 2017 las precipitaciones estuvieron entre 20 –60 mm, y en mayo 2018 estuvo entre 40 – 100 mm.

El Laboratorio de CORALINA midió *in situ* las variables temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH en el agua superficial; realizó los análisis de nutrientes inorgánicos disueltos, sólidos suspendidos y microbiológicos; y envió las muestras para el análisis de metales pesados y extractos para análisis de hidrocarburos y plaguicidas, al LABCAM del INVEMAR.

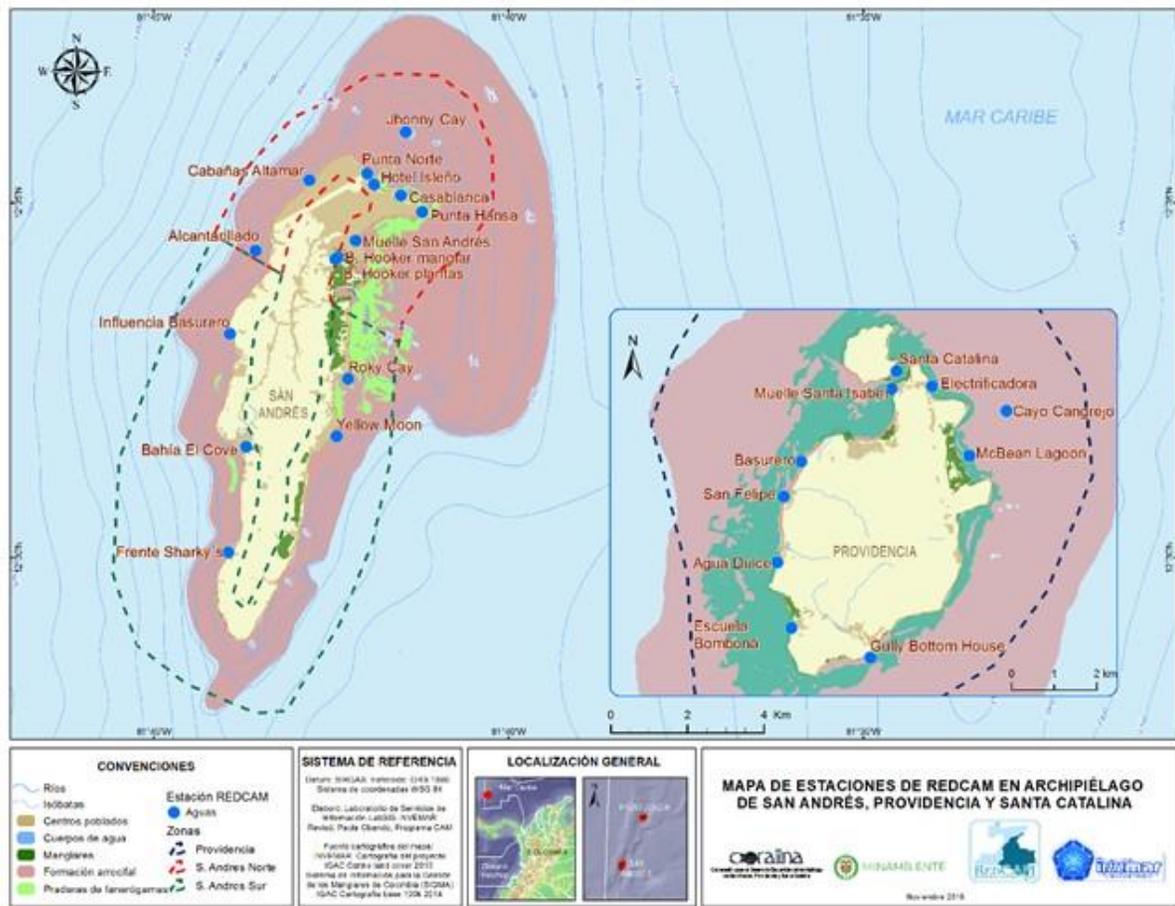


Figura 3.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial y los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo.

3.2 CALIDAD DE AGUAS

Las fuentes de contaminación a las aguas marinas y costeras del archipiélago, se derivan de actividades portuarias, comerciales, turísticas, entre otras, que generan residuos sólidos y líquidos, que sumado a la baja cobertura de alcantarillado, la sobreexplotación de recursos pesqueros y las escorrentías difusas, contribuyen al deterioro de los ecosistemas, afectando los servicios ecosistémicos (CORALINA e INVEMAR, 2012; INVEMAR, 2018a).

Durante los muestreos de 2017 y 2018, la temperatura del agua superficial osciló entre 27,5 y 31,2 °C (Figura 3.2), con valores que se mantuvieron en el rango histórico de la REDCAM. Presentando las temperaturas más bajas en la isla de Providencia. Cabe destacar que de acuerdo a Díaz *et al.* (1995), estas condiciones térmicas en las aguas superficiales permiten el mantenimiento de gradientes verticales de temperatura óptimas para el desarrollo y mantenimiento de corales formadores de arrecifes.

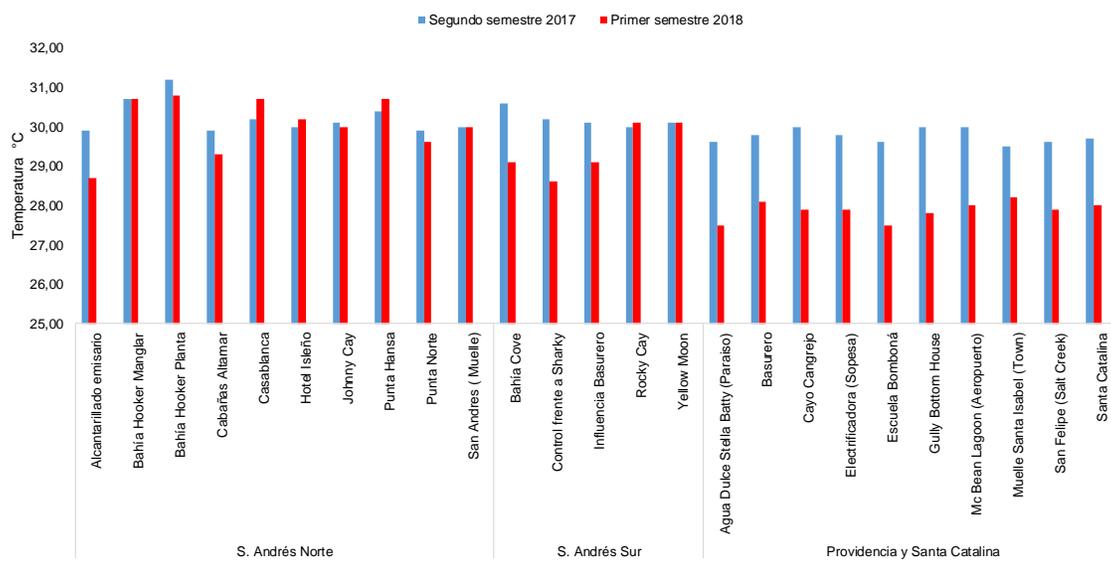


Figura 3.2. Temperatura del agua superficial en las estaciones del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018.

Durante el segundo semestre 2017, la salinidad del agua superficial en las estaciones REDCAM de la isla de San Andrés, estuvo entre 18,5 y 36,9, clasificando como aguas marinas oligohalina y polihalina según lo propuesto por [Knox \(2001\)](#); en el primer semestre 2018 la salinidad del agua superficial osciló entre 35,8 y 38,1, que corresponde a agua marina polihalina. En general, las salinidades más bajas se presentaron en octubre de 2017, asociado con el aumento de las precipitaciones ([IDEAM, 2018b](#)) que forman drenajes intermitentes o “gullies” que desembocan en el mar ([Garzón et al., 2015](#)). Las estaciones con mayor variación de salinidad fueron las asociadas a ecosistemas de manglar, Bahía Hooker Planta y Bahía Hooker Manglar que recibe los aportes de la Cuenca Oriental, segunda cuenca de mayor importancia en la isla ([Garzón et al., 2015](#)). En el caso de la zona de Providencia y Santa Catalina, las salinidades registradas estuvieron entre 34,9 y 36,6 lo que califica a estas aguas como marinas polihalinas ([Knox, 2001](#)).

Las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) se presentan en la Figura 3.3. En la isla de San Andrés, en las estaciones Bahía Hooker Manglar y Bahía El Cove, durante los muestreos realizados en el segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018, y en las islas de Providencia y Santa Catalina, en las estaciones Gully Bottom House, Electrificadora, Muelle Santa Isabel y Santa Catalina, durante el muestreo realizado en primer semestre 2018, el OD, estuvo por debajo del nivel permisible para la preservación de flora y fauna (4,0 mg O₂/L; [MinSalud, 1984](#)). Esta situación ha sido recurrente y está relacionada con los procesos de acumulación de materia orgánica en el manglar y áreas cercanas a vertimientos de aguas residuales o lixiviados de basureros. Durante los procesos de degradación de esta materia orgánica, hay consumo de oxígeno; cabe destacar que las concentraciones bajas de OD, pueden ocasionar mortalidades en algunas especies marinas, así como reducir el crecimiento de las mismas o producir malformaciones en la formación de huevos y larvas, por ello es un parámetro de gran importancia para evaluar la salud de sistemas acuáticos ([Breitburg, 2002](#); [Montalvo et al., 2008](#)).

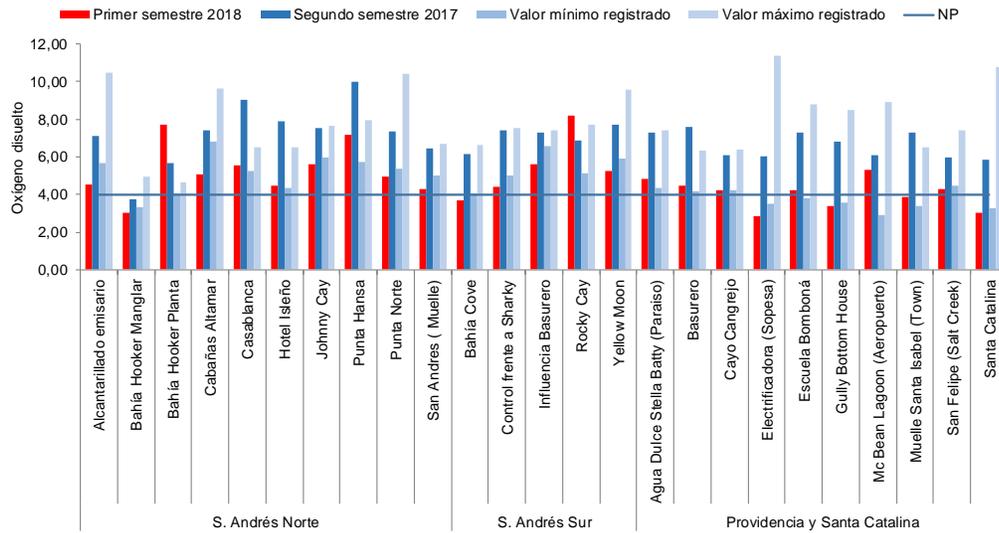


Figura 3.3. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua superficial de las estaciones del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. NP es el nivel permisible para la preservación de flora y fauna establecido en el Decreto 1594 de 1984 (4,0 mg O₂/L; [MinSalud, 1984](#)).

Los valores de pH registrados en el segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018 oscilaron entre 7,40 y 8,36 para las estaciones ubicadas en la isla de San Andrés y entre 7,80 y 8,15 en Providencia y Santa Catalina (Figura 3.4), cumpliendo con el criterio de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas marinas y estuarinas (6,5 – 8,5; [MinSalud, 1984](#)). Las estaciones Punta Hansa y Casablanca presentaron valores de pH más altos comparados con los valores máximos registrados por el monitoreo histórico de la REDCAM ([INVEMAR, 2018a](#)), lo cual se encuentra asociado a los altos valores de oxígeno disuelto reportados durante los muestreos de octubre 2017 y mayo 2018 (Figura 3.4).

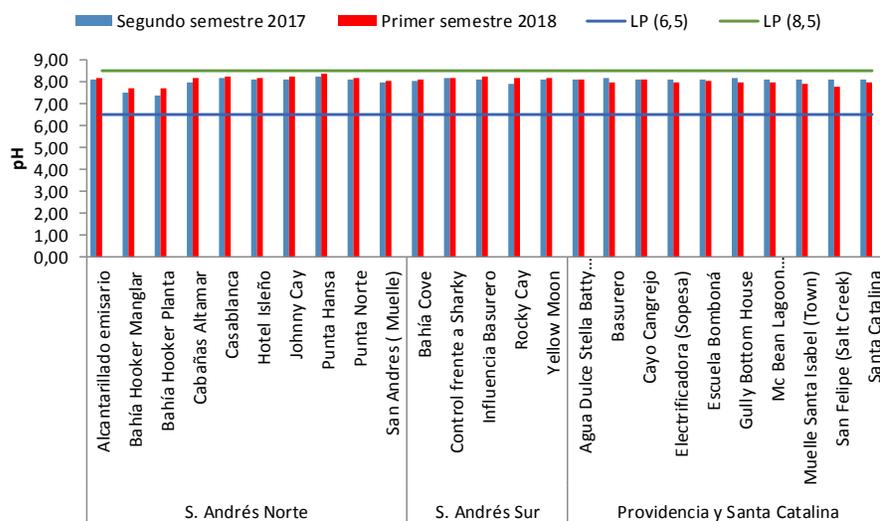


Figura 3.4. pH del agua superficial en las estaciones del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina en los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. Las líneas horizontales de color verde y azul, corresponden a los límites permisibles (LP) para la preservación de fauna y flora en aguas marinas y estuarinas de establecidos en el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)).

Los sólidos suspendidos totales (SST) en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se presentan en la Figura 3.5. En el primer semestre de 2018, en la estación Bahía Hooker Planta se registró la mayor concentración de SST (11 mg/L), siendo una situación recurrente que se asocia a los aportes de sedimentos provenientes del manglar y los residuos domésticos de la población. En las demás estaciones los valores no superaron el rango histórico, lo cual, favorece la producción primaria y el desarrollo y supervivencia de organismos como los corales ([Weber-Scannell y Duffy, 2007](#); [Fabricius, 2005](#)).

Históricamente, las concentraciones de SST en las estaciones del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina han estado por debajo de 50 mg/L ([INVEMAR, 2018a](#)), con excepción de la estación Escuela Bomboná en el primer semestre del 2009, cuando se registró una concentración de 98 mg de SST /L que estuvo asociada al aumento de la escorrentía, por las altas precipitaciones que registró el IDEAM. En los últimos años, en esta estación, las concentraciones registradas han oscilado entre 1 mg/L y 14 mg/L de SST.

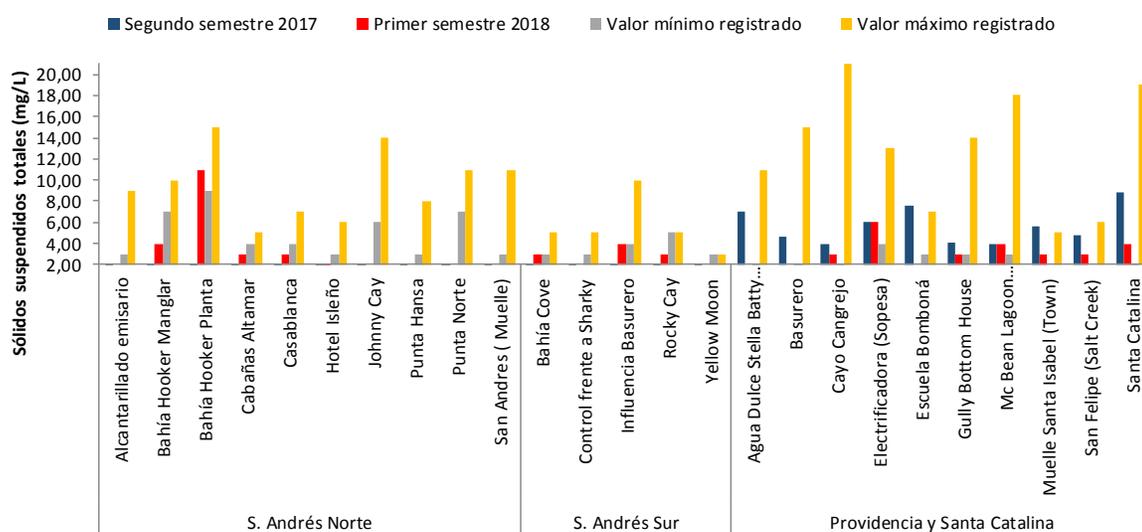


Figura 3.5. Concentración de Sólidos suspendidos totales (SST) en el agua superficial de las estaciones del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y el primer semestre 2018.

En cuanto a los nutrientes inorgánico disueltos, la mayor concentración de nitratos ($N-NO_3^-$) se registró en la estación Bahía Hooker Planta, durante el segundo semestre 2017 ($523 \mu g N-NO_3^- /L$; Figura 3.6a), situación que ha sido recurrente y ha aumentado en los últimos años, superando los máximos registrados históricamente por la REDCAM. Si bien, estas concentraciones no sobrepasan los valores referenciados a nivel internacional para la protección de la vida marina ($2.900 - 3.600 \mu g NO_3^- /L$; [CCME, 2010](#)), se evidencia un enriquecimiento de nutrientes que puedo asociarse a la productividad de los manglares y a las descargas de aguas residuales.

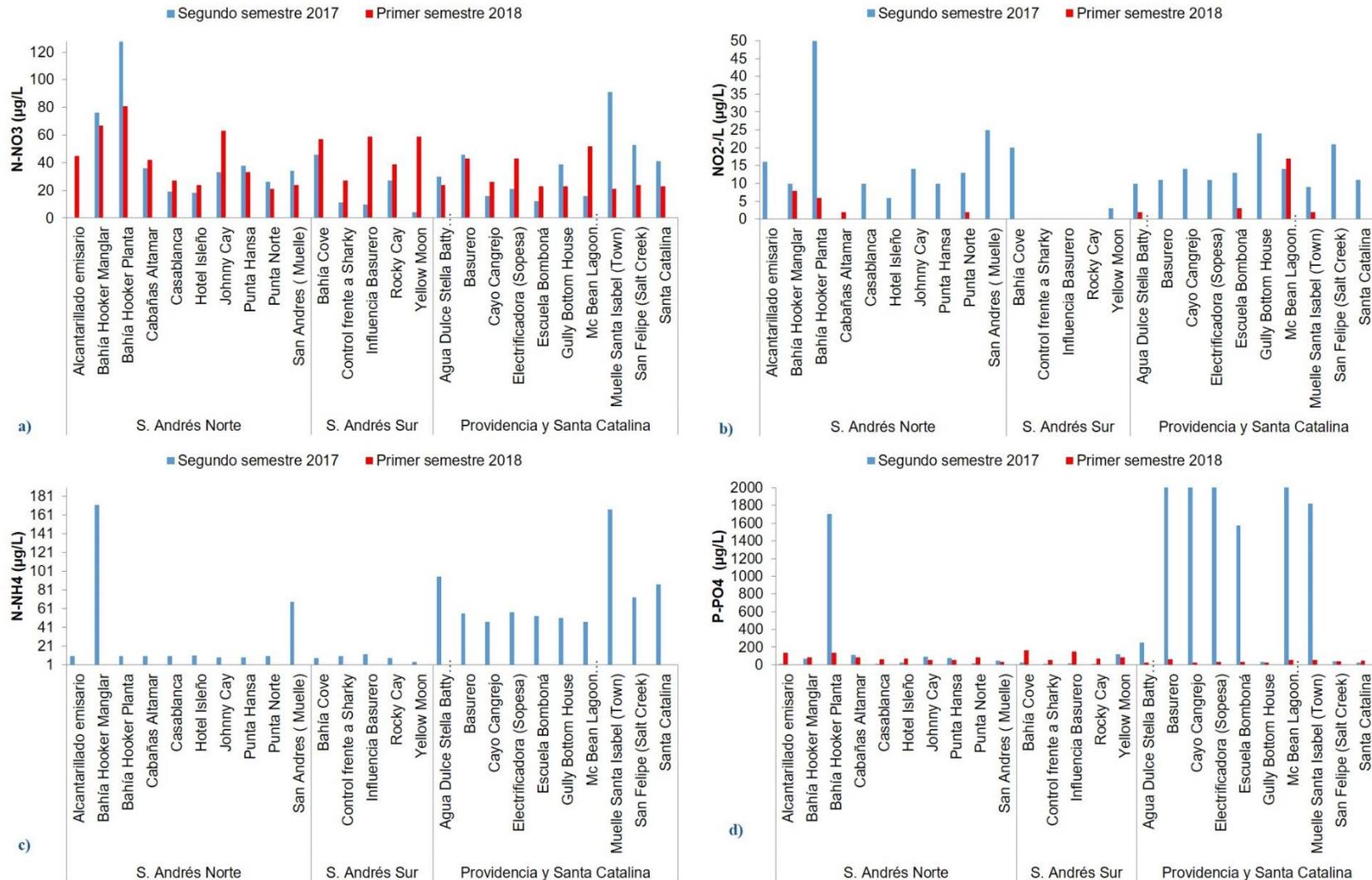


Figura 3.6. Concentración de nutrientes inorgánicos disueltos: a) nitratos (N-NO₃-), b) nitritos (N-NO₂-), c) amonio (N-NH₄⁺) y d) ortofosfatos (P-PO₄-3), en el agua superficial de las estaciones de muestreo del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y el primer semestre 2018.

De igual manera las mayores concentraciones de nitritos ($\text{N-NO}_2^-/\text{L}$), se registraron en la estación Bahía Hooker Planta, durante el segundo semestre 2017 (Figura 3.6b), concentración que superó el registro histórico de la REDCAM ($273 \mu\text{g N-NO}_2^-/\text{L}$), mientras que en el primer semestre 2018 la mayoría de las estaciones presentaron valores por debajo del límite de cuantificación ($<2,0 \mu\text{g NO}_2^-/\text{L}$), con excepción de la estación Mc Bean Lagoon (Aeropuerto) donde se registró una concentración de $17 \mu\text{g N-NO}_2^-/\text{L}$.

Las concentraciones de amonio ($\text{N-NH}_4^+/\text{L}$) registradas durante el segundo semestre 2017 oscilaron entre 4 y $172 \mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$ (Figura 3.6c), mientras que el primer semestre 2018 estuvieron por debajo del límite de cuantificación. Situación que se ha presentado en años anteriores y que se ha asociado a los aportes de escorrentía que aumentan con las precipitaciones y a la disposición de material orgánico por introducción de aguas residuales sin tratamiento previo (Gavio *et al.*, 2010).

En el muestreo del segundo semestre 2017, en la isla de Providencia y Santa Catalina, las concentraciones de ortofosfatos ($\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$) oscilaron entre 27 y $2.820 \mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$ (Figura 3.6d). Las mayores concentraciones se registraron en las estaciones Basurero, Cayo Cangrejo, Electrificadora (Sopesa), Mc Bean Lagoon (Aeropuerto) y Muelle Santa Isabel (Town); y en la isla de San Andrés, en Bahía Hooker Planta ($1.703 \mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$).

La calidad microbiológica de las aguas del Archipiélago fue determinada a través de las mediciones de los coliformes totales (CTT), coliformes termotolerantes (CTE) y enterococos fecales (EFE). En las islas de San Andrés y Providencia, se registraron altas concentraciones de CTE que sobrepasaron el límite permisible para el uso recreativo de contacto primario (natación y buceo; 200 NMP/100 mL) estipulado en la legislación nacional (MinSalud, 1984), principalmente durante el segundo semestre 2017, en las estaciones bahía Hooker manglar y plantas, punta Hansa, punta Norte, bahía el Cove y muelle Santa Isabel (Tabla 3.1). Condición que se mantuvo en el muestreo de primer semestre 2018 en bahía Hooker plantas, indicando la recurrencia en los aportes de aguas residuales a esta zona. Además, se destaca que en el muestreo del segundo semestre 2017 las concentraciones de CTT en bahía Hooker plantas y manglar superaron el límite de contacto primario (1.000 NPM/100 mL; MinSalud, 1984).

Tabla 3.1. Concentración de coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) en el agua superficial de las estaciones del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y por contacto secundario se tomaron del Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984).

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)				CTE (NMP/100 mL)			
		Segundo muestre 2017	Primer muestre 2018	Rango histórico	Percentil 90	Segundo muestre 2017	Primer muestre 2018	Rango histórico	Percentil 90
San Andrés Norte	Alcantarillado	<2	5	<2 - 80.003	15.500	<2	<2	<2 - 16.000	11.000
	B. Hooker manglar	>1.600	>1.600	2 - 16.000	3.310	>1.600	<2	2 - 16.000	1.600
	B. Hooker plantas	>1.600	>1.600	13 - 16.000	10.060	>1.600	350	2 - 16.000	1.600
	Cabañas Altamar	<2	<2	<2 - 1.700	1.200	<2	<2	<2 - 540	130
	Casablanca	5	5	<2 - 1.600	1.176	2	17	<2 - 1.600	165
	Hotel Isleño	170	170	2 - 16.000	260	26	<2	<2 - 1.600	210
	Jhonny Cay	33	33	<2 - 16.000	1.600	33	46	<2 - 1.600	844
	Muelle San Andrés	2	2	2 - 16.000	2.400	2	<2	<2 - 5.400	920
	Punta Hansa	920	920	<2 - 920	139	540	<2	<2 - 540	85,9
Punta Norte	>1.600	>1.600	2 - 11.000	600	>1.600	<2	2 - 11.000	557	
San Andrés Sur	Bahía El Cove	350	27	4 - 16.000	1.600	350	27	4 - 16.000	1.532
	Frete Sharky's	<2	22	<2 - 1.600	772	<2	22	<2 - 240	94

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)				CTE (NMP/100 mL)			
		Segundo muestre 2017	Primer muestre 2018	Rango histórico	Percentil 90	Segundo muestre 2017	Primer muestre 2018	Rango histórico	Percentil 90
	Influencia Basurero	5	< 2	<2 - 1.600	122	2	< 2	<2 - 280	44
	Rocky Cay	170	240	<2 - 1.600	239	27	240	<2 - 240	198
	Yellow Moon	5	240	<2 - 11.000	185	2	130	<2 - 11.000	75
Providencia	Agua Dulce	350	13	4 - 3.500	1.040	8	13	2 - 900	262
	Basurero	2	49	2 - 540	395	<2	49	<2 - 350	144
	Cayo Cangrejo	2	< 2	<2 - 540	234	2	< 2	<2 - 540	22,8
	Electrificadora	17	8	2 - 1.600	395	2	8	<2 - 1.600	336
	Escuela Bomboná	13	79	2 - 1.600	1.000	5	79	2 - 540	426
	Gully Bottom House	14	130	2 - 1.600	425	14	130	2 - 1.600	350
	McBean Lagoon	2	< 2	<2 - 540	430	2	< 2	<2 - 350	46
	Muelle Santa Isabel	540	170	11 - 1.600	1.600	220	170	2 - 1.600	1.600
	San Felipe	920	130	2 - 2.200	1.600	47	130	2 - 1.600	284
Santa Catalina	17	8	2 - 1.600	512	8	8	<2 - 1.600	270	
Límite permisible contacto primario		1.000				200			
Límite permisible contacto secundario		5.000				-			

En cuanto las concentraciones de enterococos fecales (EFE), durante el muestreo del primer semestre 2017 fueron superiores a las 500 UFC/100 mL, en las estaciones bahía Hooker manglar, muelle San Andrés y Bahía el Cove (Tabla 3.2), lo que implica de acuerdo a la [OMS \(2003\)](#) que existe un riesgo mayor al 10% de contraer enfermedades gastrointestinales agudas (EGI) y al 3,9% de contraer enfermedades febriles agudas (ERFA). Durante el muestreo del primer semestre 2018, se registraron concentraciones bajas de EFE, sin embargo, en Providencia las estaciones Electrificadora (Sopesa) y Mc Bean Lagoon (aeropuerto) sobrepasaron los 40 UFC/100 mL, por lo que las probabilidades de contraer EGI estuvo entre el 1% y 5%, y de ERFA entre el 0,3 % y 1,9% (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Concentración de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones de playa del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. El valor de referencia para el riesgo de contraer enfermedades Gastrointestinales (EGI) y Respiratoria Febril Aguda (ERFA) fue tomado de la [OMS \(2003\)](#).

Zona	Estación	EFE (UFC/100 mL)			
		Muestreo		Rango histórico	Percentil 90
		Segundo muestre 2017	Primer muestre 2018		
San Andrés Norte	Alcantarillado emisario	7	1	1 - 1.200	1.200
	Bahía Hooker Manglar	1.100	<1	2 - 8.700	4.140
	Bahía Hooker Planta	>1.200	6	6 - 9.300	3.073
	Cabañas Altamar	2	<1	<1 - 1.200	723
	Casablanca	1	<1	<1 - 1.200	755
	Hotel Isleño	14	<1	<1 - 1.200	521
	Johnny Cay	8	1	<1 - 1.200	432
	San Andrés (Muelle)	1.800	30	5 - 1.800	882
	Punta Hansa	<1	<1	<1 - 1.200	615
Punta Norte	33	<1	<1 - 80	80	
San Andrés Sur	Bahía Cove	1.400	<1	<1 - 1.200	1.200
	Frente a Sharky's	1	<1	<1 - 6.000	4.080
	Influencia Basurero	2	<1	<1 - 780	426
	Rocky Cay	6	<1	<1 - 580	230
Providencia	Yellow Moon	<1	<1	<1 - 50	49,8
	Agua Dulce Stella Batty (Paraíso)	<1	3	<1 - 500	376
	Basurero	<1	5	<1 - 955	661

Zona	Estación	EFE (UFC/100 mL)			
		Muestreo		Rango histórico	Percentil 90
		Segundo muestre 2017	Primer muestreo 2018		
	Cayo Cangrejo	<1	<1	<1 - 700	656
	Electrificadora (Sopesa)	<1	57	<1 - 290	206
	Escuela Bomboná	<1	21	<1 - 220	215
	Gully Bottom House	<1	5	<1 - 80	78,4
	Mc Bean Lagoon (Aeropuerto)	<1	90	<1 - 560	466
	Muelle Santa Isabel (Town)	87	17	1 - 1.200	528
	San Felipe (Salt Creek)	<1	40	<1 - 270	260
	Santa Catalina	<1	2	<1 - 200	184
Valores de referencia OMS (2003)		≤40 UFC/100 mL, <1% de contraer EGI y <0,3% de contraer ERFA.			
		41–200 UFC/100 mL, 1–5% de EGI y 0,3-1,9% de ERFA.			
		201–500 UFC/100 mL, 5–10% de EGI y 1,9–3,9% de ERFA.			
		>500 UFC/100 mL, >10% de EGI y >3,9% de ERFA			

En las aguas superficiales del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, las concentraciones de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes al criseno (HPDD) durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, estuvieron por debajo del límite de cuantificación de la técnica implementada en el LABCAM (<0,07 µg/L), con excepción de las estaciones alcantarillado emisario, bahía Hooker manglar y plantas, muelle San Andrés, bahía el Cove e influencia basurero, en el muestreo del primer semestre 2018, cuando se registraron concentraciones entre 0,12 µg/L y 1,5 µg/L (Figura 3.7). No obstante, estas concentraciones se encuentran por debajo del valor de referencia para aguas costeras con contaminación baja (>5 <10 µg/L) y de aguas marinas contaminadas (>10 µg/L) (UNESCO, 1984; Zanardi *et al.*, 1999; Acuña-González *et al.*, 2004).

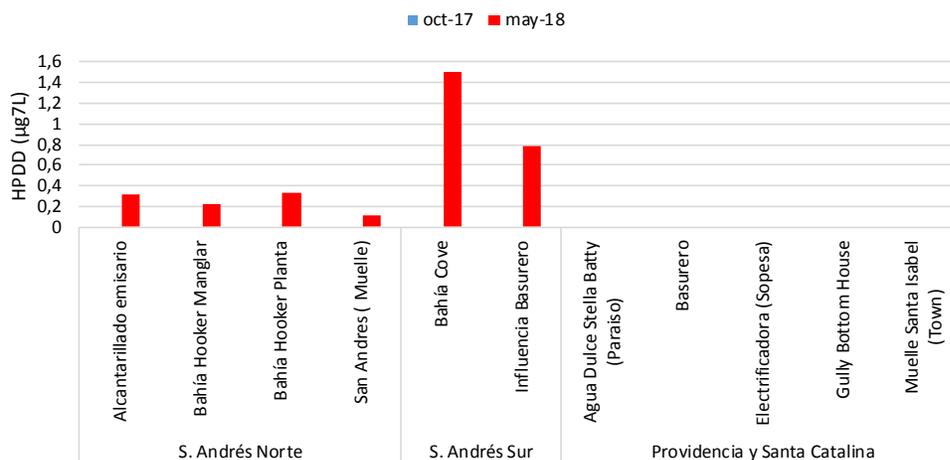


Figura 3.7. Concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) en el agua superficial de las estaciones del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018.

Los 20 plaguicidas organoclorados medidos en los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, en las 11 estaciones de muestreo, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR.

Las concentraciones de los metales disueltos se presentan en la Tabla 3.3 y Tabla 3.4. El plomo (Pb), cadmio (Cd) y Níquel (Ni), estuvieron por debajo de los límites de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR, durante los muestreos de octubre 2017 y mayo 2018. El zinc (Zn), en las estaciones muelle de San Andrés y bahía Hooker planta, y el hierro (Fe) en la estación alcantarillado emisario, estuvieron por debajo de las referencias para efectos crónicos para agua marina y estuarina (Buchman, 2008, CONAMA, 2005, EPA, 2016). El cobre (Cu), durante el muestreo de mayo 2018, en las estaciones bahía Hooker planta, influencia basurero, Stella Batty y Electrificadora (Sopesa), superó el límite de referencia de Buchman (2008) para efectos agudos de 2 µg Cu/L, por lo que representan un riesgo para los organismos de la zona.

Tabla 3.3. Concentraciones de metales pesados disueltos en el agua superficial de las estaciones del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, durante el muestreo del segundo semestre 2017. Valores con el símbolo (<) indica el límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR. Los valores de referencia para efectos crónicos y agudos fueron tomados de Buchman (2008), CONAMA (2005) y EPA (2016).

Zona	Estación	Fecha	Plomo (µg Pb/L)	Cadmio (µg Cd/L)	Cobre (µg Cu/L)	Zinc (µg Zn/L)	Níquel (µg Ni/L)	Hierro (µg Fe/L)
S. Andrés Norte	Alcantarillado emisario	23/10/2017	<3,1	<0,42	<0,9	<6,9	<1,0	<4,7
	Bahía Hooker Manglar	23/10/2017	<3,1	<0,42	<0,9	<6,9	<1,0	12,1
	Bahía Hooker Planta	23/10/2017	<3,1	<0,42	1,09	<6,9	<1,0	<4,7
	San Andrés (Muelle)	23/10/2017	<3,1	<0,42	<0,9	7,04	<1,0	<4,7
S. Andrés Sur	Bahía Cove	23/10/2017	<3,1	<0,42	<0,9	<6,9	<1,0	<4,7
	Influencia Basurero	23/10/2017	<3,1	<0,42	<0,9	<6,9	<1,0	<4,7
Providencia y Santa Catalina	Agua Dulce Stella Batty	9/10/2017	<3,1	<0,42	<0,9	<6,9	<1,0	<4,7
	Basurero	9/10/2017	<3,1	<0,42	<0,9	<6,9	<1,0	<4,7
	Electrificadora (Sopesa)	9/10/2017	<3,1	<0,42	<0,9	<6,9	<1,0	6,43
	Gully Bottom House	9/10/2017	<3,1	<0,42	<0,9	<6,9	<1,0	<4,7
	Muelle Santa Isabel (Town)	9/10/2017	<3,1	<0,42	<0,9	<6,9	<1,0	<4,7
Valores de referencia para efectos crónicos			8,1	8,8	1,3	81	8,2	50
Valores de referencia para efectos agudos			65	40	2	90	74	300

Tabla 3.4. Concentraciones de metales pesados disueltos en el agua superficial en las estaciones del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, durante el muestreo del primer semestre 2018. Valores con el símbolo (<) indica el límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR. Los valores de referencia para efectos crónicos y agudos fueron tomados de Buchman (2008), CONAMA (2005) y EPA (2016).

Zona	Estación	Fecha	Plomo (µg Pb/L)	Cadmio (µg Cd/L)	Cobre (µg Cu/L)	Zinc (µg Zn/L)	Níquel (µg Ni/L)	Hierro (µg Fe/L)
S. Andrés Norte	Alcantarillado emisario	9/05/2018	<12,5	<2,50	<2,50	<5,00	<7,50	13,1
	Bahía Hooker Manglar	9/05/2018	<12,5	<2,50	<2,50	<5,00	<7,50	<12,5
	Bahía Hooker Planta	9/05/2018	<12,5	<2,50	2,54	5,51	<7,50	22,3
	San Andrés (Muelle)	9/05/2018	<12,5	<2,50	<2,50	5,98	<7,50	<12,5
S. Andrés Sur	Bahía Cove	9/05/2018	<12,5	<2,50	<2,50	<5,00	<7,50	<12,5
	Influencia Basurero	9/05/2018	<12,5	<2,50	3,01	<5,00	<7,50	<12,5
Providencia y Santa Catalina	Agua Dulce Stella Batty	21/05/2018	<12,5	<2,50	2,96	<5,00	<7,50	<12,5
	Basurero	21/05/2018	<12,5	<2,50	<2,50	<5,00	<7,50	<12,5
	Electrificadora (Sopesa)	21/05/2018	<12,5	<2,50	5,79	<5,00	<7,50	<12,5
	Gully Bottom House	21/05/2018	<12,5	<2,50	<2,50	<5,00	<7,50	<12,5
	Muelle Santa Isabel (Town)	21/05/2018	<12,5	<2,50	<2,50	<5,00	<7,50	<12,5
Valores de referencia para efectos crónicos			8,1	8,8	1,3	81	8,2	50
Valores de referencia para efectos agudos			65	40	2	90	74	300

3.2.1 Calidad del agua de acuerdo con el ICAM_{PPF}

La aplicación del ICAM_{PPF}, en el segundo semestre 2017, solo se realizó en las estaciones de la zona Providencia. El resultado mostró que en la mayoría de las estaciones la calidad del agua fue inadecuada; en las estaciones Gully Buton y Santa Catalina, fue adecuada; en la estación San Felipe fue aceptable; y la estación muelle Santa Isabel fue pésima (Figura 9.8), este último resultado debido a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto y las altas concentraciones de coliformes termotolerantes y ortofosfatos. Cabe destacar que esta situación se presentó en octubre, mes en donde se produjeron las mayores precipitaciones del año, lo que favoreció la escorrentía y transporte de vertimientos de aguas residuales hasta el mar.

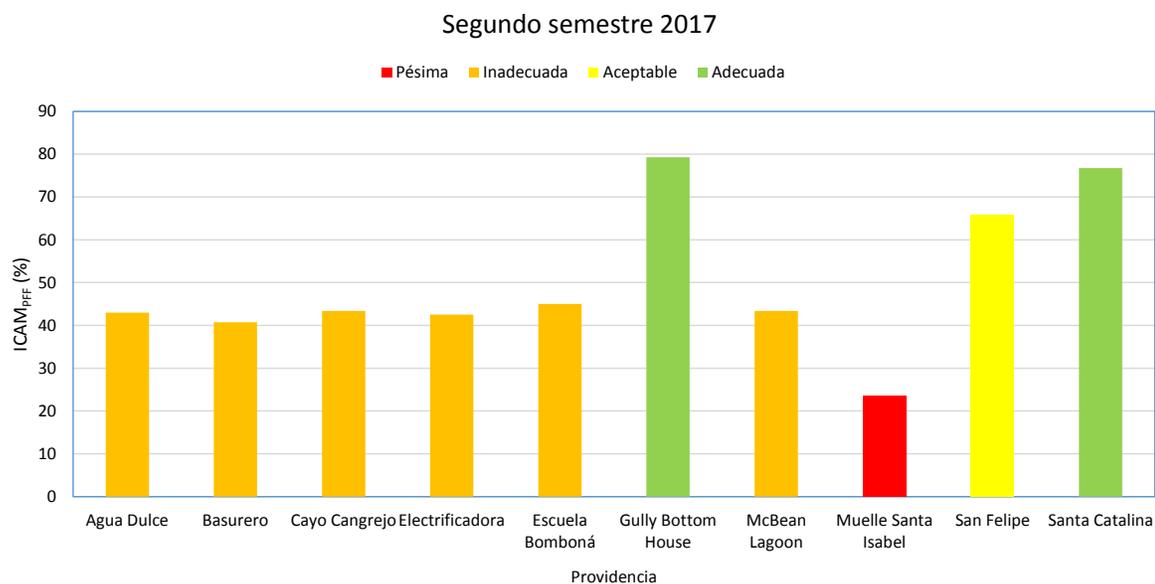


Figura 3.8. Calidad de las aguas en las estaciones marinas en la isla de Providencia y Santa Catalina, en el muestreo del segundo semestre 2017, evaluada con el del ICAM_{PPF}.

En el primer semestre 2018, el ICAM_{PPF}, se calculó en todas las estaciones. En las tres zonas la calidad del agua estuvo entre adecuada e inadecuada, siendo recurrentes las condiciones inadecuadas en Alcantarillado y Bahía el Cove (Figura 1.9), lo que evidencia la constancia en la presencia de tensores que generan deterioro a las condiciones favorables para la preservación de la fauna y flora marina. Cabe destacar que en la zona de Providencia.

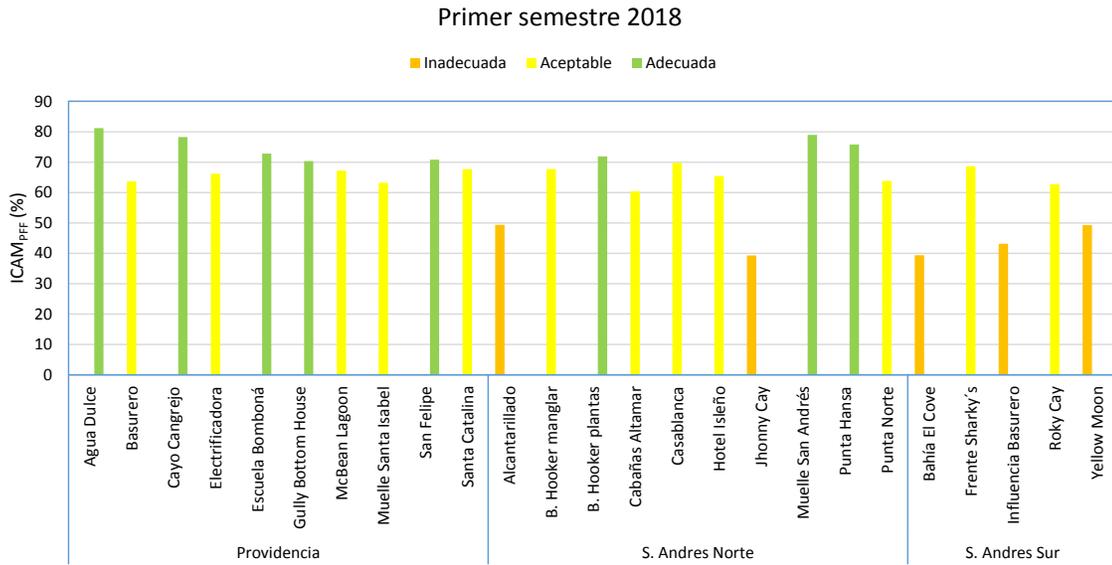


Figura 3.9. Calidad de las aguas en las estaciones marinas del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en el muestreo del primer semestre 2018, evaluadas con el del ICAM_{PFF}.

3.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ La calidad del agua superficial marinas y costeras del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, estuvo marcada por bajas concentraciones de oxígeno disuelto y altas concentraciones de los nutrientes inorgánicos disueltos y microorganismos indicadores de contaminación fecal; lo cual está relacionado con la baja cobertura de alcantarillado y el inadecuado manejo de las aguas residuales en el Archipiélago.
- ❖ Se evidenció durante el muestreo de mayo 2018, la presencia de cobre en concentraciones que superaron los valores de referencia de efectos agudos. Se recomienda investigar la posible fuente directa que puede ser tanto natural como antrópica, seguir con el monitoreo de la matriz agua e iniciar el análisis en sedimentos de los sitios en los que se registró este metal.
- ❖ No se presentó contaminación por plaguicidas organoclorados en el agua marina del Archipiélago.
- ❖ Si bien se registraron concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos equivalente de criseno que no superaron los valores de referencia para aguas contaminadas, su presencia recurrente indica que hay actividades de uso de combustibles y sus derivados que deben ser monitoreadas para evitar el aumento de la contaminación por estos hidrocarburos derivados del petróleo.

LA GUAJIRA

Por: Victoria Andrea Castillo-Olaya y Luisa F. Espinosa



Bahía Hondita. Foto: Victoria Castillo

EQUIPO TÉCNICO CORPOGUAJIRA

Melany Merlano Diaz – Analista
Victoria Caballero Romero – Analista
Karol García Bonilla – Profesional Especializado
Lianis Charry Molina– Responsable Calidad Laboratorio
Jaiker Gómez Sierra – Coordinador Laboratorio Ambiental

4. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

La zona marino costera del departamento de La Guajira es reconocida por presentar una alta productividad biológica, debida a la carga de nutrientes producto del fenómeno de surgencia que se presenta durante la época seca (de diciembre a abril y de mayo a septiembre). Este fenómeno es modulado por la circulación de los vientos alisios del noreste, permitiendo una alta abundancia de especies de importancia pesquera y comercial ([Andrade et al., 2003](#); [INVEMAR, 2002](#); [Páramo et al., 2009](#)). A su vez, el departamento de La Guajira es reconocido por presentar lluvias escasas (de septiembre a noviembre) debidas al desplazamiento hacia el norte de la Zona de Convergencia Tropical.

Estas características físicas, permiten que en la zona costera del departamento se establezca una gran variedad de ecosistemas marinos y costeros, entre los cuales se destacan extensas praderas de pastos marinos, playas de arena, lagunas costeras, manglares y áreas coralinas principalmente de octocorales ([Chasqui et al., 2013](#); [Gómez-Cubillos et al., 2015](#)), de los cuales provienen el sustento de la mayoría de las poblaciones que habitan a lo largo de la zona costera de La Guajira. No obstante, las múltiples actividades socioeconómicas que se desarrollan en la zona como la pesca, minería, agricultura, ganadería, actividades portuarias, comercio, turismo, entre otras ([ANH y PNUD, 2014](#); [DANE, 2017](#)) generan impactos negativos a los ecosistemas, debido entre otros a la generación de residuos contaminantes ([Superservicios, 2014b](#)), arrastre de aguas de escorrentías y vertimientos directos en el mar, que generan el deterioro de la calidad ambiental ([INVEMAR, 2017b](#)).

El presente capítulo el diagnóstico de la calidad ambiental de las aguas y sedimentos marinos y costeros durante los muestreos realizados en el segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018. La información del diagnóstico es útil para la gestión ambiental y el manejo integral del medio ambiente marino por parte de la Corporación Autónoma Regional de La Guajira - CORPOGUAJIRA.

4.1 ZONAS DE MONITOREO

Para evaluar la calidad de las aguas marinas y costeras en el Pacífico del departamento de La Guajira, la REDCAM cuenta con 25 estaciones distribuidas en tres zonas (Figura 4.1):

La zona **Guajira Alta** que corresponde a la sección norte del departamento, en la cual se desarrollan actividades portuarias para la exportación de carbón y la importación de mercancías en los puertos Bolívar y Nuevo, y el municipio de Manaure. En esta zona se encuentran nueve estaciones de muestreo de agua superficial, las cuales están ubicadas en Bahía Hondita, Cabo de la Vela, Manaure Mar afuera, Muelle Manaure Salina, Playa Manaure, Puerto Bolívar, Puerto Nuevo, Frente a Puerto Brisa y Punta Cabo de la Vela.

La zona de **Riohacha** que corresponde a la sección con mayor influencia de poblaciones urbanas. En esta zona se encuentran seis estaciones de muestreo, Frente a Ranchería, Muelle Riohacha, Playa Mayapo, Playa Riohacha, Rio Ranchería y Vertimiento Riohacha.

La zona **Guajira baja**, corresponde al área de mayor precipitación en el departamento en la cual se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas. En esta zona se encuentran ubicadas diez

estaciones, Frente a Camarones, Frente a Cañas, Frente a Jerez, Frente a Palomino, Junto a Termo Guajira, Playa Camarones, Playa Dibulla, Río Cañas, Río Jerez y Río Palomino.

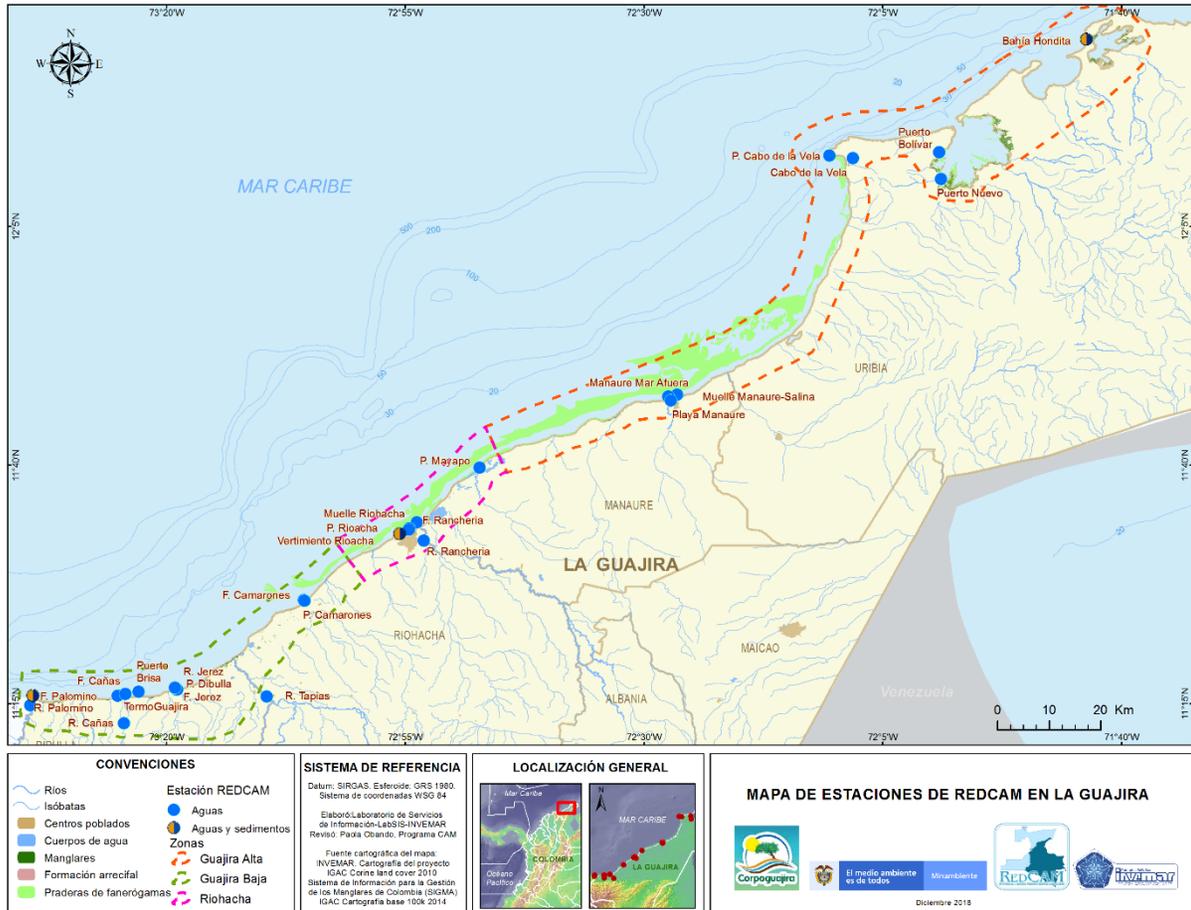


Figura 4.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de La Guajira. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial y los puntos bicolors (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo.

Los muestreos fueron realizados por personal de INVEMAR, con el apoyo de funcionarios de CORPOGUAJIRA, los días 24 y 26 de octubre de 2017 (en adelante segundo semestre 2017) y entre el 6 y 8 de marzo de 2018 (en adelante primer semestre 2018). Durante el muestreo de octubre de 2017, se registraron precipitaciones entre un 0 y 40%, muy por debajo de lo normal en el norte del departamento y entre un 80 y 120%, precipitaciones normales en el sur del departamento. Durante el muestreo de marzo de 2018, se registraron precipitaciones entre un 0 y 40% muy por debajo de lo normal ([IDEAM, 2018b](#)).

4.2 CALIDAD DE AGUAS

En el muestreo del segundo semestre 2017, la temperatura del agua superficial en las estaciones REDCAM de la zona costera del departamento de La Guajira estuvo entre 23,1 y 37,2°C; y durante el muestreo del primer semestre 2018, entre 23,2 y 30,6 °C (Tabla 4.1). Las temperaturas más bajas registradas durante el muestreo del primer semestre 2018, se deben al fenómeno de surgencia estacional que se presenta con mayor fuerza entre los meses de diciembre a marzo-julio, el cual arrastra aguas frías hacia la superficie, ([Andrade y Barton, 2005](#); [Álvarez-León et al., 1995](#)). A su vez, cabe resaltar que durante el muestreo del segundo semestre 2017, en la estación Puerto Bolívar ubicada en la zona de Guajira Alta, se registró una temperatura superficial del agua por encima del rango histórico reportado por la REDCAM de 2001 a 2016 (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Temperatura del agua superficial del agua en las estaciones del departamento de La Guajira, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018.

ZONA	ESTACIÓN	Segundo semestre 2017	Primer semestre 2018	Promedio histórico	Rango histórico
Guajira alta	Bahía Hondita	24,6	25,5	24,6	24,6 – 24,6
	Cabo de la Vela	29,2	26,0	28 ± 2,1	23,4 – 31,9
	Manauare Mar afuera 2	28,7	27,3	28 ± 1,6	25,1 – 30,7
	Muelle Manauare. Salina	28,6	27,0	28 ± 1,8	25,2 – 31,2
	Playa Manauare	28,4	27,6	29 ± 1,9	25,8 – 32,4
	Puerto Bolívar	31,9	27,0	28 ± 1,8	24,9 – 30,6
	Puerto Nuevo	30,0	27,1	28 ± 1,7	25,3 – 31,45
	Frente a Puerto Brisa	29,9	26,0	29,9	29,9 - 29,9
	Punta Cabo de la Vela	28,8	27,2	27 ± 2,5	22,9 – 32,75
Guajira baja	Frente a Camarones	29,1	26,8	28 ± 1,6	25,3 – 30,9
	Frente a Cañas	29,1	26,3	28 ± 2	22,9 – 30,8
	Frente a Jerez	28,7	26,0	28 ± 1,9	23,9 – 30,7
	Frente a Palomino	27,6	26,8	27 ± 2	23,3 – 31,6
	Junto a TermoGuajira	37,2	30,6	29 ± 3,7	21,9 – 39,6
	Playa Camarones	29,1	27,0	28 ± 1,6	25,7 – 30,7
	Playa Dibulla	29,3	26,3	28 ± 2,3	24 – 34
	Río Cañas	25,7	23,7	26 ± 1,5	24,3 – 31,3
Río Jerez	25,1	24,3	25 ± 2	22,4 – 30,4	
Riohacha	Río Palomino	23,1	23,2	25 ± 2,2	20,6 – 29,5
	Frente a Ranchería	29,9	28,2	29 ± 2,1	25,7 – 33
	Muelle Riohacha	29,7	28	29 ± 2	25,7 – 32,9
	Playa Mayapo	27,9	26,3	28 ± 2,2	24,9 – 31,7
	Playa Riohacha	30	28,1	29 ± 2,2	25,65 – 33,6
	Rio Ranchería	29,5	28,5	29 ± 1,9	26,3 – 33,3
Vertimiento Riohacha	30,6	28,1	29 ± 2,2	25,6 – 33,3	

La salinidad del agua superficial en las estaciones en la zona costera de La Guajira durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018 osciló entre 0 y 37,6 unidades y 0,03 y 38,6 unidades, respectivamente (Figura 4.2), siendo más bajas durante el muestreo de octubre, debido al incremento de los aportes de agua dulce, modulados por la época climática de lluvias, a diferencia del muestreo realizado en el primer semestre 2018, correspondiente a la época seca, en donde se presentaron precipitaciones anómalas 23% por

debajo de lo normal ([IDEAM, 2018b](#)). De acuerdo con la clasificación de [Knox \(2001\)](#), el agua de todas las estaciones de la zona Guajira Alta, corresponde a aguas marinas polihalinas (34-38); el agua de las estaciones ríos Palomino, Jerez y Cañas en la zona Guajira Baja se clasifican como agua dulce; durante el muestre del segundo semestre 2017, la las estaciones Frente Camarones, Termoguajira, y las playas Camarones y Dibulla, como agua marina mesohalina (>30-34) y las demás estaciones, como agua marina oligohalina (>17-30), y durante el muestreo del primer semestre 2018, con excepción de las estaciones de los ríos, todas las estaciones de la zona Guajira Baja se caracterizan como aguas marinas polihalinas (34-38). En la zona Riohacha durante los dos muestreos, el agua se caracteriza como aguas marinas polihalinas (34-38), con excepción de la estación Riohacha que corresponde a agua dulce (Figura 4.2).

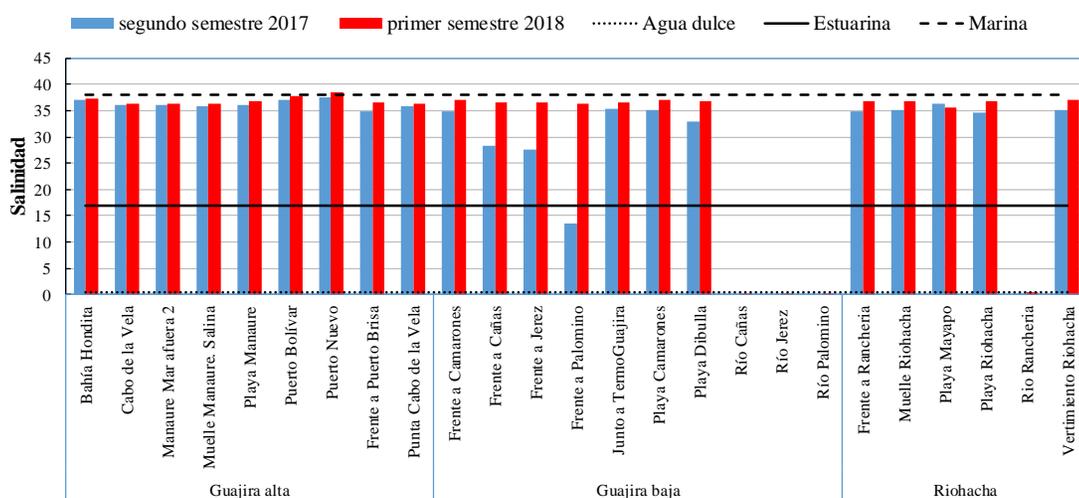


Figura 4.2. Salinidad del agua superficial de las estaciones del departamento de La Guajira, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018.

En el muestreo del segundo semestre 2017, la concentración de oxígeno disuelto (OD) fluctuó entre 3,12 y 7,29 mg O₂/L (Figura 4.3), en las estaciones Frente Camarones y Playa Camarones, las concentraciones de OD estuvieron por debajo del criterio de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulces, marinas y estuarinas, de acuerdo con el Decreto 1594 de 1984 (4 mg O₂/L; [MinSalud, 1984](#)). Durante el muestreo del primer semestre 2018, la concentración de OD fluctuó entre 4,10 y 8,73 mg O₂/L (Figura 4.3), valores que se consideran adecuados para la biota acuática, al estar por encima del criterio de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce, marinas y estuarinas ([MinSalud, 1984](#)).

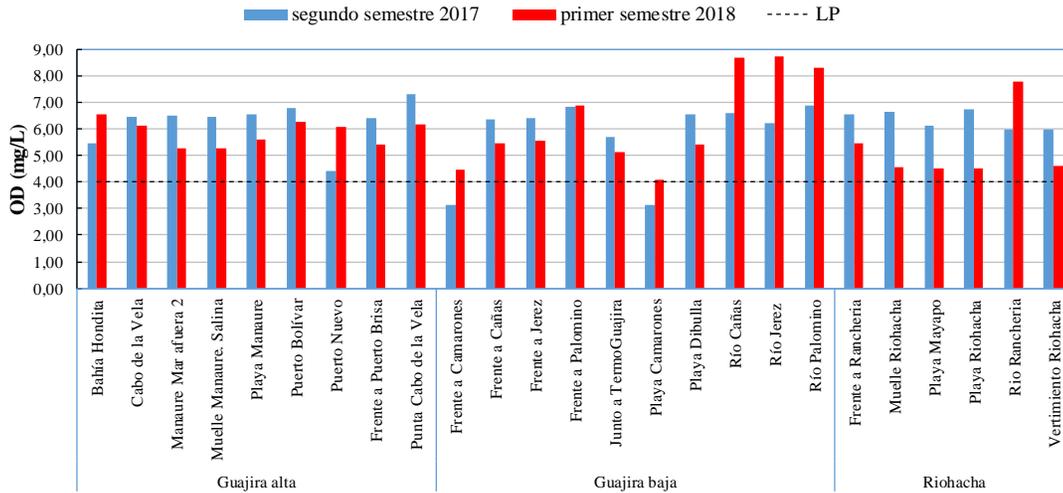


Figura 4.3. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua superficial de las estaciones del departamento de La Guajira, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. NP es el nivel permisible para la preservación de flora y fauna establecido en el Decreto 1594 de 1984 (4,0 mg O₂/L; [MinSalud, 1984](#)).

El pH osciló entre 7,16 y 8,26, durante el muestreo del segundo semestre 2017 (Figura 4.4), valores que estuvieron dentro de los rangos permisibles para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce, marinas y estuarinas según el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)); durante el muestreo del primer semestre 2018, el pH osciló entre 7,40 y 8,49 (Figura 4.4), valores que igualmente estuvieron dentro de los rangos permisibles para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce, marinas y estuarinas.

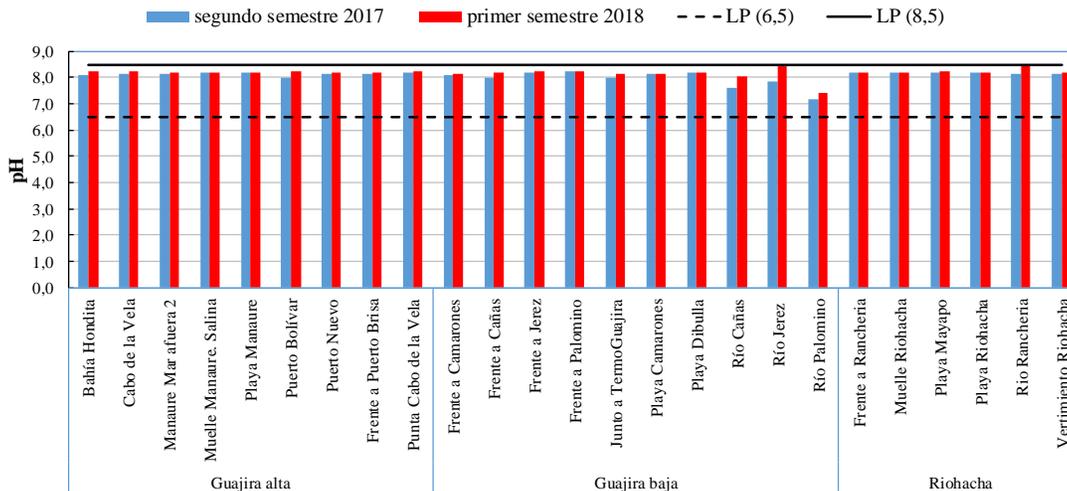


Figura 4.4. pH del agua superficial de las estaciones del departamento de La Guajira durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. Las líneas horizontales continua y punteada, corresponden a los límites permisibles (LP) para la preservación de fauna y flora en aguas marinas y estuarinas de establecidos en el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)).

En el muestreo del segundo semestre 2017, la concentración de sólidos suspendidos totales (SST), osciló entre 7,3 y 171,8 mg/L. Teniendo como referencia la clasificación de la calidad de las aguas por SST propuesta por [CONAGUA \(2015\)](#), el 88% de las estaciones tuvo buena calidad (<75 mg/L); las estaciones Bahía Hondita y Cabo de la Vela, ubicadas en la zona Guajira alta, presentaron aguas con calidad aceptable (75 y 150 mg/L); y la estación Río Ranchería (171,8 mg/L), agua contaminada con SST (Figura 4.5). Durante el muestreo del primer semestre 2018, las concentraciones de SST oscilaron entre menos al límite de detección del método usado en el laboratorio de CORPOGUAJIRA (<4,2 mg/L) y 256 mg/L (Figura 4.5). Cabe destacar que en este muestreo en la mayoría de las estaciones la concentración de SST aumentó, especialmente en las estaciones Río Palomino, río Tapia y Frente Ranchería, donde la el agua se considera contaminada por SST, de acuerdo con la clasificación de [CONAGUA \(2015\)](#).

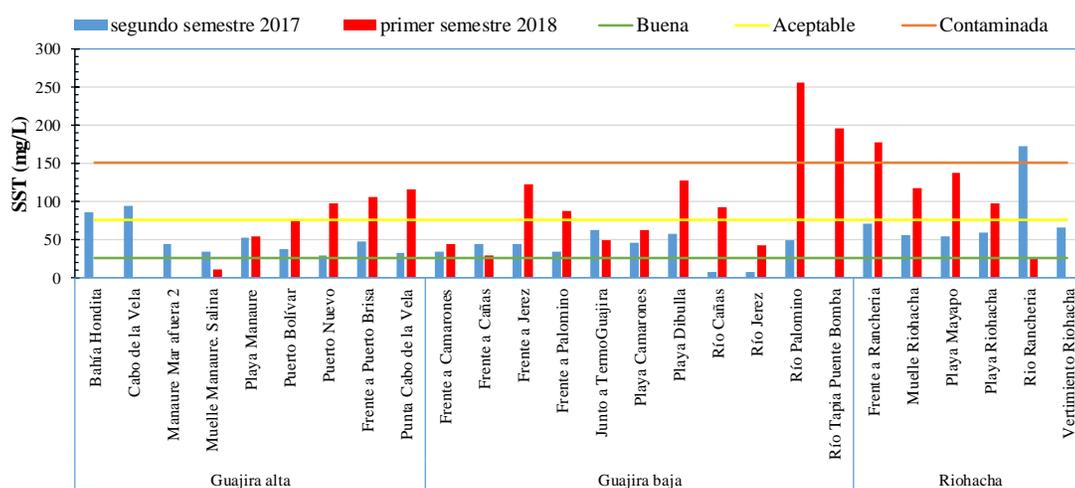


Figura 4.5. Concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el agua superficial en las estaciones del departamento de La Guajira, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y el primer semestre 2018.

Las concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos registradas en los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, se muestran en la Figura 4.6. En la estación Río Ranchería, se registraron altas concentraciones de nutrientes, principalmente en el muestreo del segundo semestre 2017 (época de lluvias). El río Ranchería es el principal receptor de los residuos provenientes de las diferentes actividades socioeconómicas y los residuos de poblaciones como Distracción, Fonseca, Barrancas, Hato Nuevo y Albania y parte de los municipios de Riohacha, San Juan del Cesar, Maicao y Manauare ([MAVDT et al., 2009](#); [Doria y Vivas-Aguas, 2016](#)), lo cual podría estar influyendo en la dinámica de las concentraciones de nutrientes registradas en la estación sumado a la escorrentía producto de la época de lluvias.

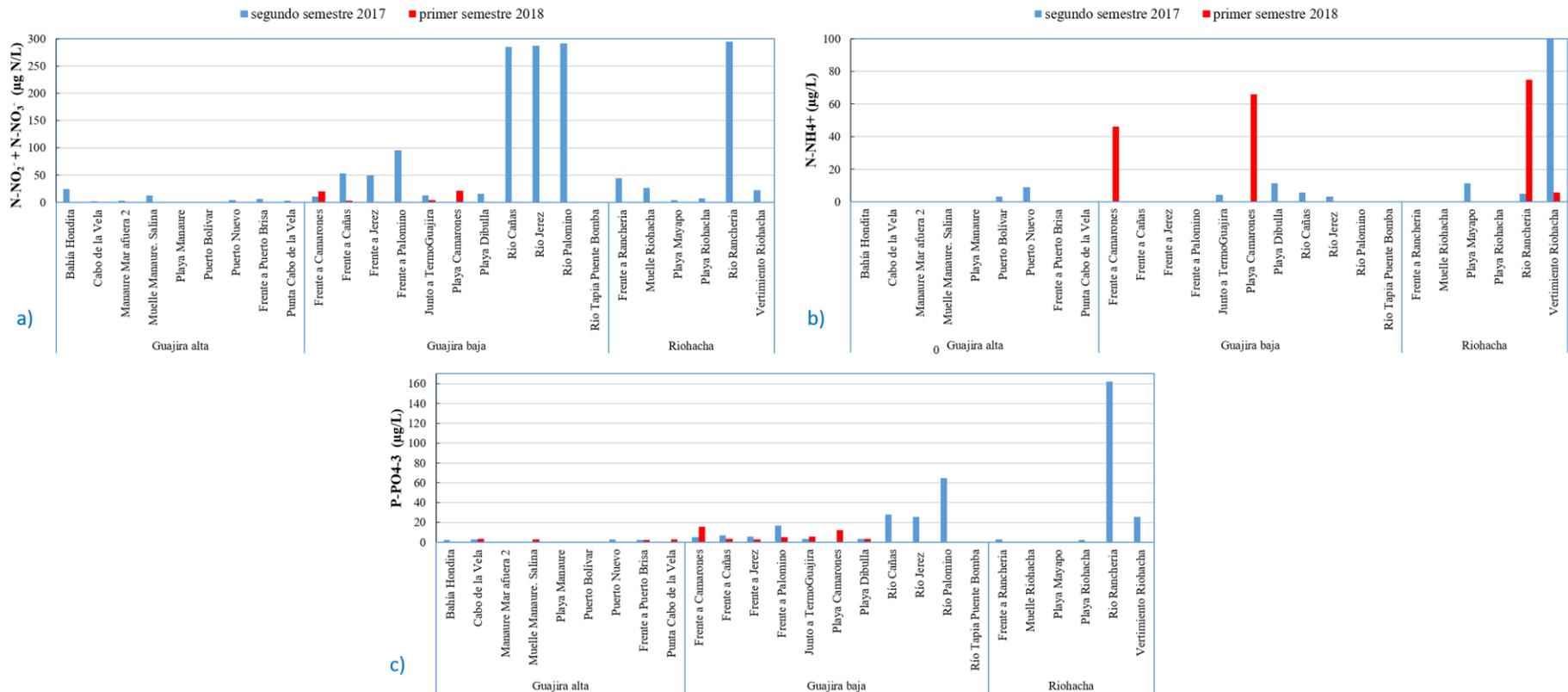


Figura 4.6. Concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos: a) nitritos ($N-NO_2^-$) + nitratos ($N-NO_3^-$), b) amonio ($N-NH_4^+$), y c) ortofosfatos ($P-PO_4^{3-}$), en el agua superficial de las estaciones del departamento de La Guajira, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y el primer semestre 2018.

Las concentraciones de nitritos más nitratos ($\text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$), fueron más altas en el muestreo del segundo semestre 2017, comparadas con las del primer muestreo 2018, especialmente en las estaciones de los ríos Ranchería, Jerez, Cañas y Palomino, en la estación Playa Camarones (84 μg de N-/L) y Frente a Camarones (80,20 μg de N-/L) (Figura 4.6a). Durante el muestreo del primer semestre 2018, en el 40% de las estaciones, las concentraciones de $\text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método empleado del método utilizado por el LABCAM del INVEMAR (<2,1 μg de N-/L).

Durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, en la mayoría de las estaciones, las mayores concentraciones de amonio (N-NH_4^+) estuvieron por debajo del límite de detección del método analítico utilizado por el LABCAM del INVEMAR (<3,10 μg N- NH_4^+ /L; Figura 4.6b), con excepción de las estaciones Vertimiento Riohacha y Río Ranchería durante los dos muestreos, y Puerto Bolívar, Puerto Nuevo, Junto a TermoGuajira, Río Cañas, Río Jerez y Playa Mayapo, durante el muestreo del segundo semestre 2017; y en las estaciones Playa Camarones y Frente a Camarones en el muestreo del primer semestre 2018 (Figura 4.6b). En la zona de Guajira baja las concentraciones registradas, puede estar atribuido a vertimientos de aguas residuales de origen doméstico de la población de Camarones.

La concentración de ortofosfatos en el muestreo del segundo semestre 2017 fueron más altas que las registradas en el muestreo del primer semestre 2018 (Figura 4.6c), asociado posiblemente con la época de lluvias, las cuales permiten un mayor aporte de nutrientes producto de las escorrentías. No obstante, en las estaciones Frente Camarones, Río Cañas y Río Jerez se registraron concentraciones más altas durante el muestreo del primer semestre 2018 (Figura 4.6c), lo cual posiblemente esté asociado a vertimientos de aguas residuales y escorrentías ([INVEMAR, 2017a](#)).

La calidad microbiológica del agua en las estaciones de muestreo, se evaluó con las concentraciones de coliformes totales (CTT), coliformes termotolerantes (CTE) y enterococos fecales (EFE). En el muestreo del segundo semestre 2017, los CTT oscilaron entre 6,8 y 16.000 NMP/100 mL, registrándose las mayores concentraciones en las estaciones Río Ranchería (16.000 NMP/100 mL), Río Cañas (9.200 NMP/100 mL), Frente a Cañas (>1600 NMP/100 mL) y Río Palomino (5.400 NMP/100 mL; Tabla 4.2). En el 14% de las estaciones, la concentración de CTT estuvo por encima del límite permisible para el uso recreativo del agua para contacto primario (1.000 NMP/100 mL) y en un 15% (equivalente a 4 estaciones) las concentraciones de CTT estuvieron por encima del límite permisible para contacto secundario (5.000 NMP/100 mL; Tabla 11.2) de acuerdo con lo dispuesto en el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)). Durante el muestreo del primer semestre 2018, las concentraciones de CTT disminuyeron en todas las estaciones, con excepción de Bahía Hondita, sobrepasando el límite permisible para el uso recreativo del agua para contacto primario (1.000 NMP/100 mL; Tabla 4.2).

Las concentraciones de CTE durante el muestreo del segundo semestre 2017, fluctuaron entre 6,8 y 9.200 NMP/100 mL, siendo las estaciones Vertimiento Riohacha en la zona de Riohacha, Río Palomino en la zona de Guajira baja y Puerto Nuevo en la zona de Guajira alta, las estaciones con las concentraciones más altas (Tabla 4.2). El 31% de las estaciones muestreadas en el segundo semestre 2017 sobrepasaron el límite permisible para uso recreativo (natación y buceo) por contacto primario (200 NMP/100 mL; Tabla 4.2), confirmando contaminación de origen fecal por vertimientos de aguas residuales sin tratamiento. Al igual que para los CTT, las

concentraciones de CTE durante el muestreo del primer semestre 2018 disminuyeron y ninguna estación sobrepasó el límite permisible para uso recreativo por contacto primario.

Tabla 4.2. Concentraciones de coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) medidas en el agua superficial de las estaciones del departamento de La Guajira, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y por contacto secundario se tomaron del Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984). No medidos (-).

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)		CTE (NMP/100 mL)	
		Segundo muestreo 2017	Primer muestreo 2018	Segundo muestreo 2017	Primer muestreo 2018
Guajira alta	Bahía Hondita	130	>1600	17	>1600
	Cabo de la Vela	130	4,5	6,8	2,0
	Manaure Mar afuera 2	240	<1,8	6,8	<1,8
	Muelle Manaure. Salina	240	7,8	9,3	7,8
	Playa Manaure	170	<1,8	11	<1,8
	Puerto Bolívar	79	2,0	9,3	2,0
	Puerto Nuevo	920	6,8	920	<1,8
	Frente a Puerto Brisa	6,8	—	<1,8	—
	Punta Cabo de la Vela	1.600	—	—	—
Guajira baja	Frente a Camarones	6,8	13	14	4,5
	Frente a Cañas	>1.600	7,8	<1,8	2,0
	Frente a Jerez	540	<1,8	170	<1,8
	Frente a Palomino	1.600	2,0	47	2,0
	Junto a TermoGuajira	23	—	540	—
	Playa Camarones	79	23	7,8	23
	Playa Dibulla	920	13	7,8	7,8
	Río Cañas	9.200	790	47	<1,8
	Río Jerez	2.400	1.300	460	68
	Río Palomino	5.400	490	1.300	<1,8
Río Tapia Puente Bomba	—	3.500	700	460	
Riohacha	Frente a Ranchería	31	<1,8		<1,8
	Muelle Riohacha	23	13	17	13
	Playa Mayapo	170	2	7,8	<1,8
	Playa Riohacha	79	—	26	—
	Río Ranchería	16.000	—	22	—
	Vertimiento Riohacha	540	<1,8	9.200	<1,8
Límite permisible contacto primario		1.000		200	
Límite permisible contacto secundario		5.000		-	

Las concentraciones de enterococos fecales (EFE) en el agua marina de las estaciones de la zona costera del departamento de La Guajira, colectada en el segundo muestreo 2017 oscilaron entre 0 y 99 UFC/100mL, ésta última registrada en la estación Puerto Nuevo (Tabla 4.3). Cabe resaltar que la estación Vertimiento Riohacha presentó una concentración de EFE incontable, indicando un riesgo de más del 10% de contraer enfermedades gastrointestinales aguas (EGI) y más del 3,9% de contraer enfermedades febriles agudas (ERFA), de acuerdo con los dispuesto por la OMS (2003). Durante el muestreo del segundo semestre 2017 el 64% de las estaciones presentaron un riesgo de menos de 1% de contraer EGI y menos de un 9,3% de contraer ERFA. En las estaciones Puerto Nuevo, Frente a Cañas, Frente a Jerez y Playa Dibulla, en el muestreo del segundo semestre 2017, tuvieron un riesgo entre en 5 y 10% de contraer EGI y entre 1,9 y

3,9% de contraer ERFA (Tabla 11.3). Durante el muestreo del primer semestre 2018, en la estación Bahía Hondita, las concentraciones de EFE en el agua tuvieron un riesgo entre en 5 y 10% de contraer EGI y entre 1,9 y 3,9% de contraer ERFA; y en Playa Camarones, un riesgo de 1–5% de contraer EGI y 0,3-1,9% de contraer ERFA (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Concentración de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones del departamento de La Guajira, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. El valor de referencia para el riesgo de contraer enfermedades Gastrointestinales (EGI) y Respiratoria Febril Aguda (ERFA) fue tomado de la OMS (2003). No medido (-).

Zona	Estación	EFE (UFC/100 mL)	
		Segundo muestreo 2017	Primer muestreo 2018
Guajira alta	Bahía Hondita	39	320
	Cabo de la Vela	29	<1
	Manaure Mar afuera 2	1	<1
	Muelle Manaure. Salina	0	23
	Playa Manaure	5	3
	Puerto Bolívar	0	17
	Puerto Nuevo	99	7
	Frente a Puerto Brisa	0	-
	Punta Cabo de la Vela	4	<1
Guajira baja	Frente a Camarones	0	72
	Frente a Cañas	66	-
	Frente a Jerez	47	<1
	Frente a Palomino	0	1
	Junto a TermoGuajira	0	-
	Playa Camarones	0	167
	Playa Dibulla	42	1
	Río Cañas	-	-
	Río Jerez	-	-
Río Palomino	-	-	
Riohacha	Frente a Ranchería	0	<1
	Muelle Riohacha	0	-
	Playa Mayapo	4	<1
	Playa Riohacha	8	-
	Río Ranchería	-	-
	Vertimiento Riohacha	Incontable	1
Valores de referencia OMS (2003)	≤40 UFC/100 mL, <1% de contraer EGI y <0,3% de contraer ERFA.		
	41–200 UFC/100 mL, 1–5% de EGI y 0,3-1,9% de ERFA.		
	201–500 UFC/100 mL, 5–10% de EGI y 1,9–3,9% de ERFA.		
	>500 UFC/100 mL, >10% de EGI y >3,9% de ERFA		

Los hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) en las estaciones del departamento de La Guajira oscilaron entre el límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM (<0,07 µg/L) y 2,2 µg/L, durante el muestreo del segundo semestre 2017; y entre <0,07 y 0,4 µg/L, durante el muestreo del primer semestre 2018 (Figura 4.7). Durante el muestreo del segundo semestre 2017, la concentración más elevada de HPDD se registró en la estación Río Ranchería (2,2 µg/L) en la zona de Riohacha, seguido de las estaciones Puerto Bolívar (2,1 µg/L) en la zona Guajira alta y Río Jerez (1,48 µg/L) en la zona Guajira baja. Cabe destacar que estas concentraciones no superaron el valor de referencia para

aguas contaminadas con petróleo ($>10 \mu\text{g/L}$; [Zanardi et al., 1999](#); [Acuña-González et al., 2004](#)), pero se consideran aguas con contaminación baja ya que están en el rango de 1,0 a 5,0 $\mu\text{g/L}$ ([Acuña-González et al., 2004](#)). Durante el muestreo del primer semestre 2018, en todas las estaciones de muestreo, la concentración de HPDD no superó la concentración de referencia para aguas con contaminación no significativa, por lo cual se consideran aguas no contaminadas con estas sustancias (Figura 4.7).

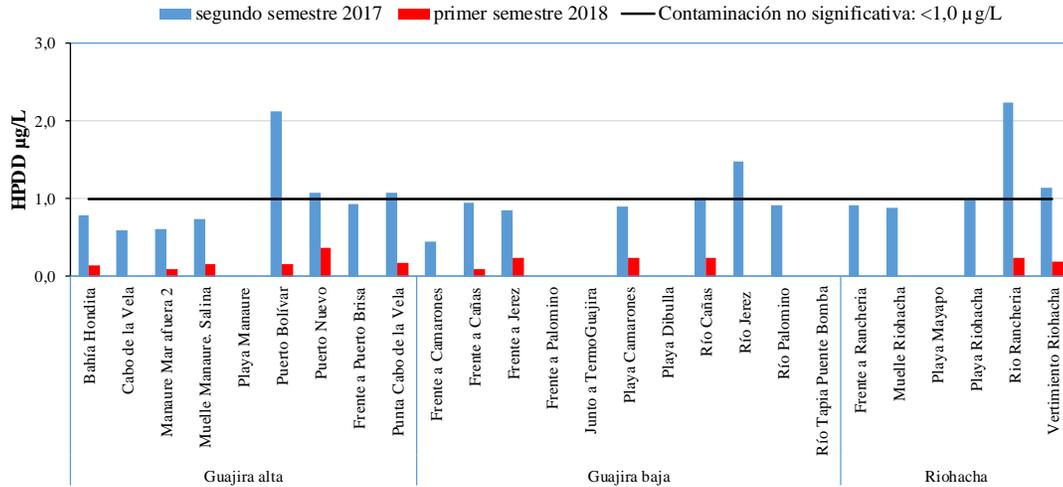


Figura 4.7. Concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) en el agua superficial en las estaciones del departamento de La Guajira durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. La línea continua representa el límite por debajo del cual la contaminación por HPDD es no significativa (tomado de [Acuña-González et al., 2004](#)).

En el muestreo del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, se cuantificaron 45 plaguicidas (organoclorados y organofosforados) en el agua superficial, los cuales en todas las estaciones estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR. Históricamente, en estaciones cercanas a los ríos y sus frentes en el departamento de La Guajira, se han registrado plaguicidas como Endrín, Endrín Cetona Metil Paratión, Clorotalonil y Bromacil, asociados con su uso en actividades agrícolas. Por esta razón se requiere continuar con el monitoreo de estos compuestos.

Durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, en el agua de las estaciones del departamento de La Guajira, los metales disueltos Pb, Zn y Ni estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR, (Tabla 4.4). Durante el muestreo de octubre de 2017, se registraron concentraciones de Cd, Cr, Cu y Fe, las cuales no representaron riesgo para la biota acuática, ya que se encontraron por debajo del valor de referencia para efectos crónicos y agudos en aguas marinas y dulces ([Buchman, 2008](#); [CONAMA, 2005](#)). Durante el muestreo del primer semestre 2018, las concentraciones de Cd, Cr y Cu estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método empleado en el LABCAM y el Fe entre $<10,0$ y $23,0 \mu\text{g Fe/L}$ (Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Concentración de metales disueltos en el agua superficial de las estaciones del departamento de La Guajira, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. Valores con el símbolo (<) indica el límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR. Los valores de referencia para efectos crónicos y agudos fueron tomados de [Buchman \(2008\)](#), [CONAMA \(2005\)](#) y [EPA \(2016\)](#). (-) No solicitados.

Zona	Estación	Octubre 2017							Marzo 2018						
		Pb (µg/L)	Cd (µg/L)	Cr ⁶⁺ (µg/L)	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)	Ni(µg/L)	Fe (µg/L)	Pb (µg/L)	Cd (µg/L)	Cr ⁶⁺ (µg/L)	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)	Ni(µg/L)	Fe (µg/L)
Guajira alta	Bahía Hondita	<2,00	0.28	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	13.9	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
	Cabo de la Vela	<2,00	0.34	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	18.4	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
	Manaure Mar afuera 2	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
	Muelle Manaure. Salina	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
	Frente a Puerto Brisa	<2,00	0.31	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
	Punta Cabo de la Vela	<2,00	0.21	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	-	-	<5,00	-	-	-	-
Guajira baja	Frente a Camarones	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	13.5
	Frente a Cañas	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
	Frente a Jerez	<2,00	0.25	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	15.1	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
	Frente a Palomino	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
	Junto a TermoGuajira	<2,00	0.28	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
	Playa Camarones	<2,00	0.23	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
	Río Cañas	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	20.7	-	-	<5,00	-	-	-	-
	Río Jerez	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	21.0	-	-	<5,00	-	-	-	-
Río Palomino	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	25.2	-	-	<5,00	-	-	-	-	
Riohacha	Frente a Ranchería	<2,00	0.33	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	20.2	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	13.7
	Muelle Riohacha	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	20.3
	Playa Riohacha	<2,00	0.29	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
	Río Ranchería	<2,00	<0,20	<5,00	2.42	<10,0	<2,50	16.8	-	-	<5,00	-	-	-	-
	Vertimiento Riohacha	<2,00	0.25	5.9	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	<2,00	<0,20	<5,00	<1,00	<10,0	<2,50	23.0
Referencia	Efectos agudos (agua dulce)	65	2,0	16	13	120	470	-	65	2,0	16	13	120	470	-
Referencia	Efectos crónicos (agua dulce)	2,5	0,25	11	9	120	52	1000	2,5	0,25	11	9	120	52	1000
Referencia	Efectos agudos (agua mar)	210	40	1100	4,8	90	74	300	210	40	1100	4,8	90	74	300
Referencia	Efectos crónicos (agua mar)	8,1	8,8	50	3,1	81	8,2	50	8,1	8,8	50	3,1	81	8,2	50

4.2.1 Calidad del agua de acuerdo con el ICAM_{PPF}

La aplicación del ICAM_{PPF} mostró que durante el muestreo del segundo semestre 2017, la calidad del agua superficial del 81% de las estaciones marinas evaluadas fue adecuada, el 14% aceptable y solamente una estación (Vertimiento Riohacha) tuvo calidad inadecuada (Figura 4.8). La calidad inadecuada se debió a las altas concentraciones de nutrientes, sólidos suspendidos totales y coliformes termotolerantes.

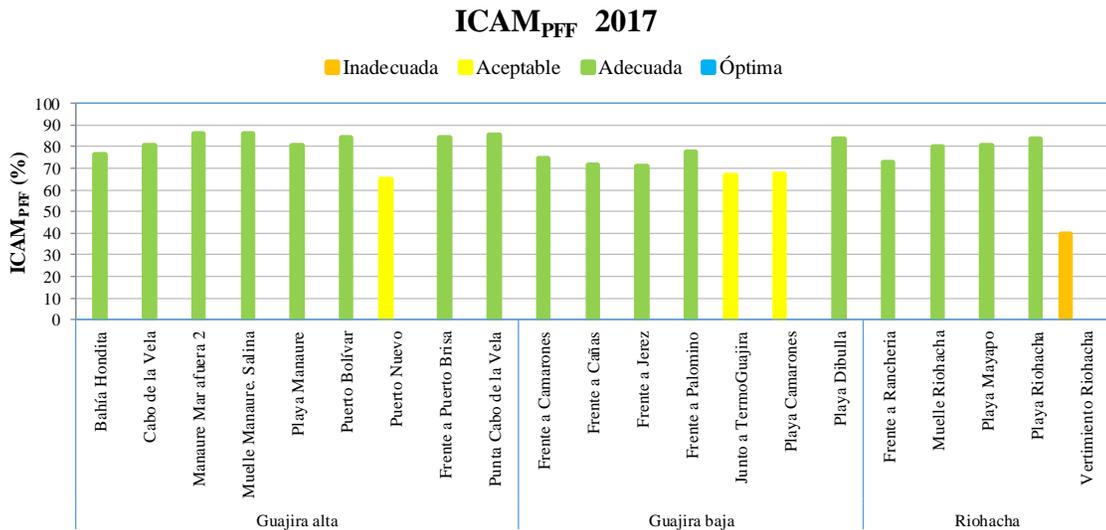


Figura 4.8. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas de la REDCAM en el departamento de La Guajira, en el muestreo de octubre de 2017 evaluadas con el del ICAM_{PPF}.

Durante el primer muestreo 2018, no fue posible calcular el ICAM en las estaciones Cabo de la Vela y Frente a Puerto Brisa, debido a que en estas estaciones no se midieron los sólidos suspendido totales (SST), ni los coliformes termotolerantes (CTE), variables críticas para el cálculo (Figura 4.9). En general durante el muestreo del primer semestre 2018, se observó un detrimento de calidad del agua en las estaciones del departamento de La Guajira, si bien se mantuvo un alto porcentaje de estaciones con calidad adecuada (63%), las estaciones Bahía Hondita, Playa Manaure y Frente a Cañas, pasaron de condición adecuada a aceptable, debido al incremento en la concentración CTE; y las estaciones frente a Camarones, Playa Camarones y Playa Dibulla, pasaron a calidad inadecuada; solamente se observó una mejora de la calidad del agua en la estación Playa Palomino que paso de tener calidad adecuada a calidad óptima (Figura 4.9).

ICAM_{PFF} 2018

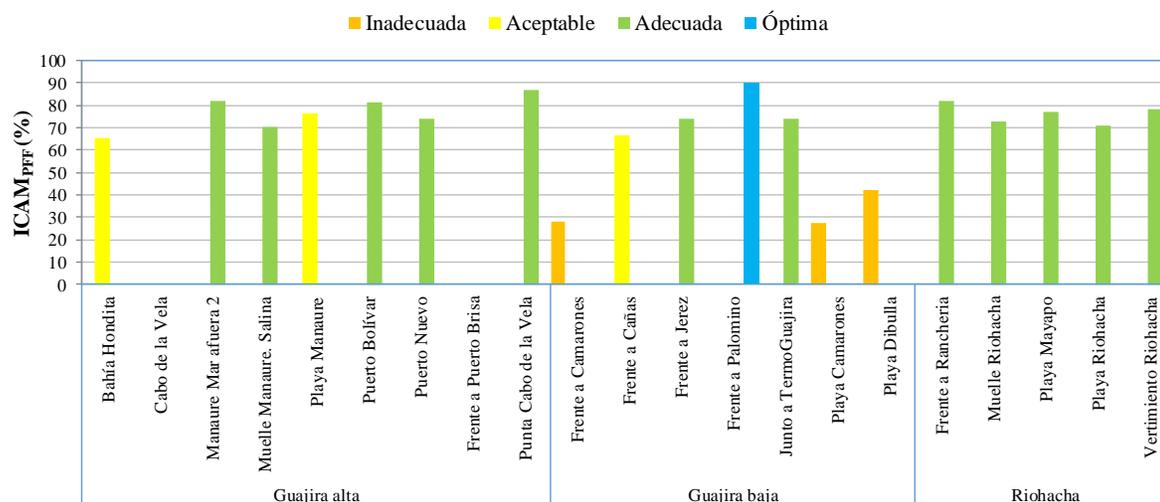


Figura 4.9. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas de la REDCAM en el departamento de La Guajira en el muestreo de octubre de 2017 evaluadas con el del ICAM_{PFF}.

4.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

En los sedimentos de las dos estaciones del departamento de La Guajira, se registraron concentraciones de materia orgánica (MO) entre 5,55 y 21,3 mg/g durante el muestreo del primer semestre 2017; y entre 3,79 y 12,8 mg/g (Tabla 4.5). Las concentraciones de MO responden a la dinámica de la zona de estudio, durante la época lluviosa, la MO aportada bien sea por aguas residuales o proveniente de los ecosistemas marinos y costeros pueda quedar suspendida en la columna de agua y cuando las lluvias disminuyen, puede sedimentarse o ser resuspendida por el viento y ser transportada hacia el mar Caribe (Tamaris y Rodríguez, 2015).

Tabla 4.5. Contenido de materia orgánica oxidable (MO) en el sedimento de las estaciones del departamento de La Guajira, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018.

Zona	Estación	Materia Orgánica Oxidable (mg/g)	
		Segundo semestre 2017	Primer semestre 2018
Riohacha	Vertimiento Riohacha	5.55	3.79
Guajira alta	Bahía Hondita	9.94	9.39
	Puerto Brisa	21.3	12.8

Los metales Pb, Cd y Ni medidos en los sedimentos de las estaciones Vertimiento Riohacha, Bahía Hondita y Puerto Brisa, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado por el LABCAM del INVEMAR, tanto en el muestreo del segundo semestre 2017, como en el muestreo del primer semestre 2018 (Tabla 4.5). De igual manera el Cr y el Cu, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado por el LABCAM, con excepción de la estación Bahía Hondita, durante el segundo muestreo 2017; sin embargo, las concentraciones de estos dos metales no superaron los valores de referencia para Efectos umbral (TEL), ni para efectos probables (PEL) propuestos por la NOAA (Buchman, 2008). Los metales Zn y Ni, se

registraron en todas las estaciones, durante los dos muestreos, con excepción de la estación Vertimientos Riohacha, donde la concentración de Zn estuvo por debajo del límite de cuantificación del método usado por el LABCAM. Cabe destacar que las concentraciones de Zn, no superaron los valores de referencia TEL ni PEL. Para el Fe, no se cuenta con valores de referencia para efectos; sin embargo, se requieren de investigación para estimar las concentraciones naturales de este metal en la zona costera del departamento y determinar su biodisponibilidad, a fin de reducir la incertidumbre de este resultado.

Tabla 4.6. Metales pesados disueltos medidos en el sedimento de las estaciones REDCAM del departamento de La Guajira en octubre de 2017 y marzo de 2018.

Muestreo	Estación	Pb (µg/g)	Cd (µg/g)	Cr (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	Ni (µg/g)	Fe (µg/g)
Segundo semestre 2017	Vertimiento Riohacha	<15,0	<12,5	<20,0	<5,00	10.9	<15,0	3.58
	Bahía Hondita	<15,1	<12,5	<20,0	<5,00	16.3	<15,0	5.84
	Puerto Brisa	<15,0	<12,5	34.4	9.08	54.0	<15,0	19.3
Primer semestre 2018	Vertimiento Riohacha	<15,0	<12,5	<25,0	<5,00	<10,0	<75,0	2.02
	Bahía Hondita	<15,0	<12,5	<25,0	<5,00	17.0	<75,0	2.41
	Puerto Brisa	<15,0	<12,5	<25,0	<5,00	27.4	<75,0	3.18
Referencia TEL		30,2	0,68	52,3	18,7	124	15,9	-
Referencia PEL		112,0	4,2	160,0	108,0	271	42,8	-

Las concentraciones de 57 plaguicidas organoclorados y organofosforados fueron determinadas en los sedimentos colectados durante la salida del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, en las estaciones Puerto Brisa, Bahía Hondita y Vertimiento Riohacha, en todas las estaciones las concentraciones de estos compuestos estuvieron por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por LABCAM o no fueron detectados, indicando que en estas estaciones no hay contaminación por residuos de plaguicidas.

4.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ La calidad del agua superficial de las estaciones del departamento de La Guajira, determinada mediante el Indicador de calidad del agua para preservación de fauna y flora – ICAM_{PFF}, durante el mes de octubre de 2017 estuvo entre aceptable y adecuada, ya que las condiciones fisicoquímicas de las aguas estuvieron dentro de los valores de referencia y criterios de calidad de la legislación nacional y bajas concentraciones de contaminantes orgánicos. En marzo del 2018, la calidad del agua desmejoró aumentando el número de estaciones en calidad aceptable e inadecuada, debido al aumento de la concentración de sólidos suspendidos totales y de coliformes termotolerantes que indican vertimientos de aguas residuales domésticas.
- ❖ En general, la calidad microbiológica del agua superficial de las estaciones marinas del departamento de La Guajira en el mes de octubre de 2017 fueron aptas para el uso recreativo por contacto primario y secundario, de acuerdo a los criterios de la Legislación Nacional; por el contrario durante el muestreo del segundo semestre 2017, en las estaciones ubicadas en los ríos la calidad microbiológica del agua superficial no fue apta para contacto primario, ni para contacto secundario evidenciando el problema del vertido de aguas residuales que

requieren de un tratamiento adecuado para reducir los impactos tanto en los ecosistemas como en las poblaciones costeras.

- ❖ Las aguas superficiales de las estaciones del departamento del Chocó, no presentan contaminación por plaguicidas, por metales Pb, Cd, Cu, Zn y Ni, ni por hidrocarburos, con excepción de las estaciones Puerto Bolívar, río Jerez y Río Ranchería, en las cuales se presentaron concentraciones de hidrocarburos, que indican contaminación baja. Por ello se recomienda una mayor vigilancia en el manejo de este tipo de residuos en áreas cercanas a estas estaciones, con el fin de prevenir y conservar los ecosistemas marinos y costeros del departamento de La Guajira.
- ❖ El sedimento de las estaciones del departamento de la Guajira no presenta contaminación por residuos de plaguicidas, ni por metales; no obstante, debido a la presencia de Fe y Zn, se recomienda realizar investigación para determinar las concentraciones naturales de estos metales y su biodisponibilidad, a fin de reducir la incertidumbre en la evaluación del riesgo ambiental.

MAGDALENA

Por: Ostin Garcés-Ordóñez y Luisa Fernanda Espinosa



Playa Cristal, Parque Nacional Natural Tayrona. Foto: Max Martínez.

EQUIPO TÉCNICO CORPAMAG

Alfredo Martínez – Subdirector de Gestión Ambiental
Eliana Álvarez Pineda – Ing. Ambiental, Profesional Especializada

5. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

En la zona marino costera del departamento del Magdalena se encuentran ecosistemas como playas de arena, arrecifes coralinos, pastos marinos, manglares, litorales rocosos y fondos sedimentarios, los cuales se consideran estratégicos para la región y el país, debido a sus funciones ecosistémicas que contribuyen al equilibrio ecológico, y por la provisión de bienes y servicios ambientales que influyen en la cultura y la economía de la población humana del departamento, por su importancia en la actividad de turismo, en la pesca y en las actividades portuarias, entre otros ([Ecoversa, 2014](#)). Además, se encuentran numerosos ríos que nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta y desembocan en la zona costera del Magdalena, los cuales proveen agua para el consumo humano y para las actividades de agricultura y ganadería, entre otras, que se desarrollan en su cuenca ([Ecoversa, 2014](#)). No obstante, por el desarrollo desordenado de las actividades productivas y el uso inadecuado del recurso hídrico, sumado a cambios en el clima, y la deficiencia en el saneamiento básico, principalmente de las aguas residuales municipales, la calidad del agua en la zona marino costera en algunas áreas del departamento del Magdalena se ha deteriorado, restringiendo sus usos ([INVEMAR, 2018a](#)).

El presente capítulo contiene el diagnóstico de la calidad de las aguas y sedimentos marinos y costeros durante los monitoreos realizados en la temporada lluviosa de 2017 y seca de 2018. La información del diagnóstico es útil para la gestión ambiental y el manejo integral del medio ambiente marino por parte de la Corporación Autónoma Regional del Magdalena - CORPAMAG.

5.1 ZONAS DE MONITOREO

En la zona marino-costera del departamento del Magdalena, la REDCAM cuenta con 45 estaciones de muestreo, distribuidas en cinco zonas (Figura 5.1), las cuales se describen a continuación:

Zona **Buritaca**, comprende la cuenca baja de los ríos que descienden de la Sierra Nevada de Santa Marta, como Don Diego, Buritaca, Guachaca y Mendiaguaca, los cuales circulan por extensas áreas agrícolas, principalmente de banano y café. En esta zona hay nueve estaciones de muestreo de agua superficial y seis estaciones de sedimento (Figura 5.1).

Zona **Parque Tayrona**, incluye estaciones como el río Piedras, las playas Cristal y Neguanje y las bahías Chengue y Concha. Esta zona se caracteriza por ser un área natural protegida por el Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, en donde se encuentran ecosistemas estratégicos como arrecifes coralinos, praderas de pastos marinos, playas de arena, litoral rocoso y manglares, entre otros. En esta zona hay seis estaciones de agua superficial y dos de sedimentos (Figura 5.1).

Zona **Santa Marta**, donde se llevan a cabo actividades portuarias importantes para la economía de la región, turismo de sol y playa, y comercio. Esta zona recibe vertimientos de aguas residuales, a través del emisario submarino, del río Manzanares y del rebosamiento de las alcantarillas, durante las temporadas lluviosas. Cabe resultar que una porción importante de la población de Santa Marta, Taganga y el Rodadero, no están conectados al sistema de alcantarillado y realizan los vertimientos de aguas residuales directamente en cuerpos de agua

o sobre el terreno (INVEMAR y MinAmbiente, 2011). En esta zona hay 18 estaciones de muestreo de agua superficial y cinco estaciones de sedimentos que corresponde a los frentes de los ríos Manzanares y Gaira, muelle Cabotaje y playa El Rodadero (Figura 5.1).

Zona **Costa Sur**, cubre el área comprendida entre Pozos Colorados y Costa Verde, donde operan tres puertos carboníferos y en donde se realizan actividades turísticas de sol y playa. En esta zona hay 11 estaciones de muestreo de agua superficial y cuatro de sedimentos (Figura 5.1).

Zona **CGSM**, corresponde a la estación frente a la Boca de La Barra que se ubica en la zona de conexión del mar Caribe con la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) y las estaciones de los ríos Aracataca, Fundación y Sevilla que provienen de la Sierra Nevada de Santa Marta, los cuales circulan por áreas agrícolas de la zona Bananera y desembocan en la CGSM. En la estación frente a la Boca de La Barra se tomaron muestras de agua superficial y sedimentos y en las estaciones de los ríos Aracataca, Fundación y Sevilla se tomaron muestras de sedimentos para el análisis de contaminantes (Figura 5.1).

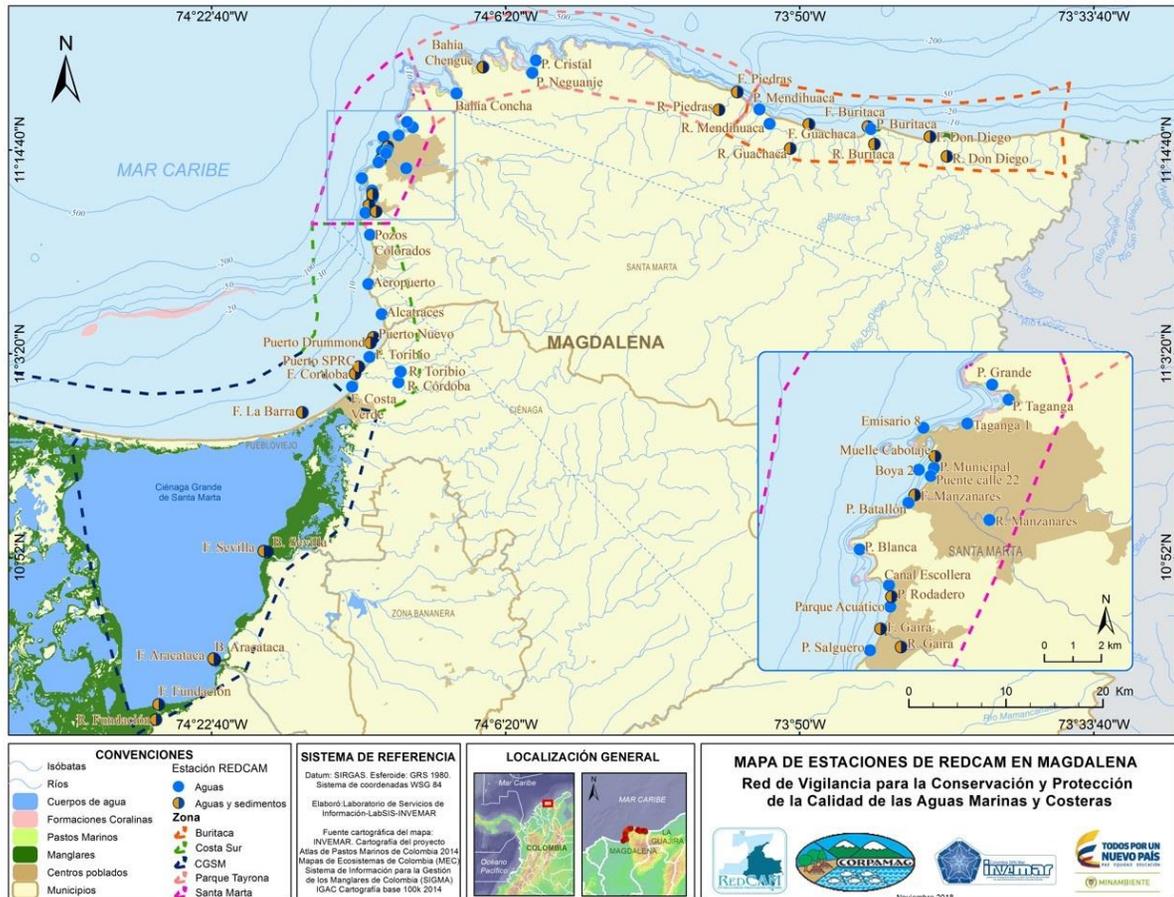


Figura 5.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento del Magdalena. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolores (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo.

Los muestreos fueron realizados entre los días 25 y 26 de septiembre de 2017 (en adelante, época lluviosa de 2017) y en los días 17, 19 y 21 de febrero de 2018 (en adelante, época seca de 2018). Según IDEAM (2018a), en el mes de septiembre de 2017 se registraron precipitaciones entre 100 y 300 mm, y entre el mes de febrero de 2018, precipitaciones entre 0 y 50 mm.

5.2 CALIDAD DE LAS AGUAS

La calidad de las aguas marinas y costeras del departamento del Magdalena se determinaron analizando variables físicas, químicas y bióticas, teniendo en cuenta aspectos antrópicos que influyen en la calidad del recurso (Decreto 3930 de 2010).

La salinidad del agua superficial durante los muestreos de las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018, se presenta en la Figura 5.2. Teniendo como referencia la escala de clasificación de las aguas descrita en Knox (2001), las estaciones frentes de los ríos Gaira, Manzanares, Córdoba y en la zona de Marina-CGSM, corresponden a agua estuarina; las estaciones de playas, se clasifican como agua marina oligohalina (>17-30), mesohalina (>30-34) y polihalinas (>34-38); y las estaciones de los ríos, como agua dulce.

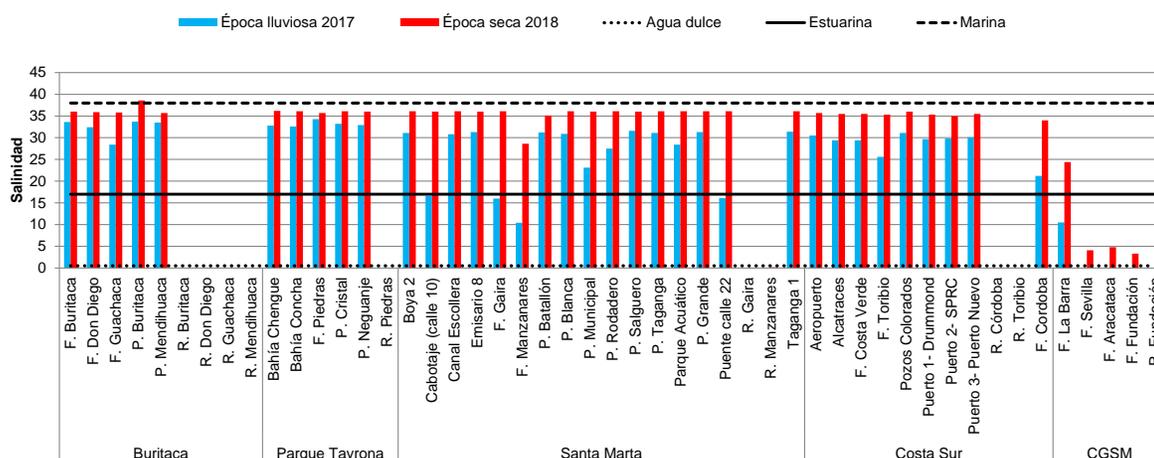


Figura 5.2. Salinidad del agua superficial de las estaciones del departamento del Magdalena, durante los muestreos de las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018. Las líneas horizontales indican los rangos de clasificación de las aguas por salinidad propuestos por Knox (2001): agua dulce (<0,5), agua salobre (>0,5-17), agua marina (>17-38) y salmuera (>38).

El oxígeno disuelto (OD) osciló entre 0,65 y 10,6 mg O₂/L en la época lluviosa de 2017, y entre 2,54 y 11,5 mg O₂/L en la época seca de 2018, valores que en la mayoría de las estaciones estuvieron por encima del criterio de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulces, marinas y estuarinas, según el Decreto 1594 de 1984 (4 mg O₂/L; MinSalud, 1984; Figura 5.3), con excepción de las estaciones Cabotaje (0,68 mg O₂/L), playa Municipal (1,25 mg O₂/L) y Puente calle 22 (3,25 mg O₂/L) en la época lluviosa de 2017, momento en el que se presentó una contingencia del sistema de alcantarillado que produjo el desbordamiento del agua residual hacia la bahía de Santa Marta, generando el descenso de las concentraciones de OD y un incremento en las concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal. De igual manera, en el río Fundación se registraron valores bajos de

oxígeno disuelto (2,54 mg O₂/L) en la época seca de 2018, cuando el río tenía un caudal bajo y aguas turbias. Es importante aclarar que, en el muestreo de la época lluviosa de 2017, no se midió el OD en las estaciones de las estaciones de la zona Marina-CGSM, ya que estas estaciones se incluyeron en el muestreo de 2018.

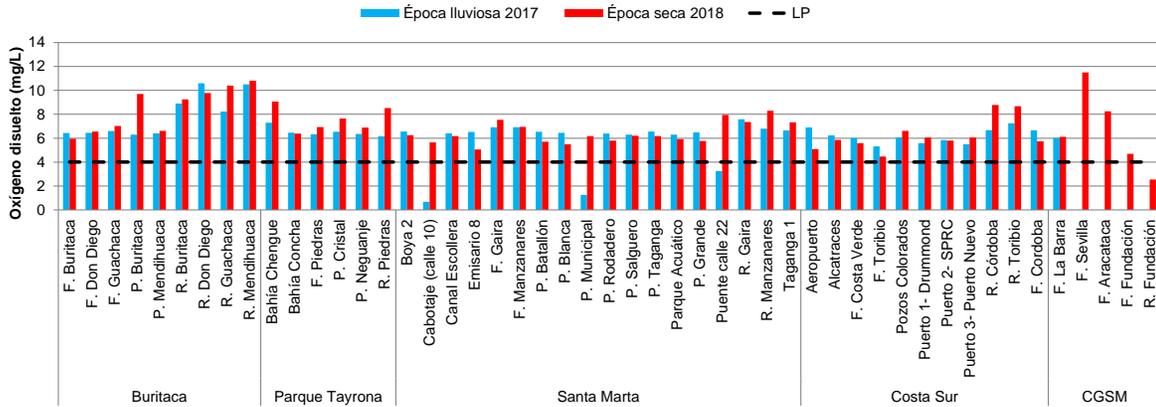


Figura 5.3. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua superficial de las estaciones del departamento del Magdalena, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018. La línea punteada indica el nivel permisible para la preservación de flora y fauna establecido en el Decreto 1594 de 1984 (>4,0 mg de O₂/L; [MinSalud, 1984](#)).

El pH osciló entre 7,04 y 9,33, valores que en general estuvieron dentro de los rangos permisibles para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce, marinas y estuarinas (Decreto 1594 de 1984; Figura 5.4). Solo en los frentes de los ríos Sevilla y Aracataca, el pH estuvo por encima del criterio de calidad para aguas marinas y estuarinas (6,5-8,5), debido a las condiciones de alta productividad primaria que se han reportado en la CGSM, lo cual influyen en el pH, por el consumo del dióxido de carbono disuelto en el agua ([INVEMAR, 2018b](#)).

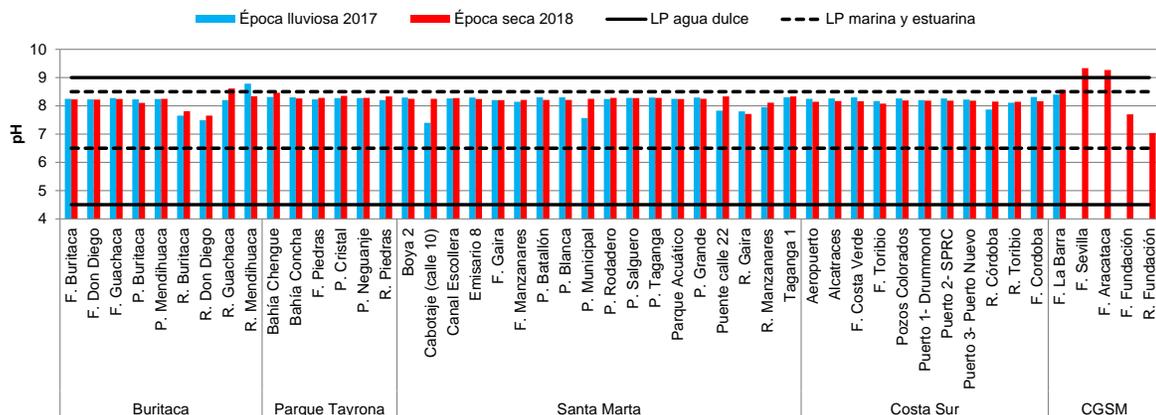


Figura 5.4. pH del agua superficial de las estaciones del departamento del Magdalena, durante los muestreos las épocas lluviosa 2017 y seca 2018. La línea negra continua corresponden al rango permisible para preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce, y las líneas negras punteadas el rango permisible en aguas cálidas marinas y estuarinas establecidos en el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)).

Los sólidos suspendidos totales (SST) en el agua superficial oscilaron entre 0,5 y 524 mg/L (Figura 5.5). En las estaciones de las playas Buritaca y Cabotaje, puente calle 22 y en el río Córdoba, el agua superficial estuvo en el rango de calidad aceptable, condición que está asociada a los aportes del río Buritaca, escorrentías en la época lluviosa y a vertimientos y rebosamiento de aguas residuales en Santa Marta. Por otra parte, en las estaciones de las bahías Concha, Chengue y Neguanje que hacen parte del Parque Natural Tayrona, las concentraciones de SST estuvieron por debajo de 25 mg de SST/L, clasificando de excelente calidad (>150; [CONAGUA, 2015](#)), concentraciones que además son favorables para la supervivencia de corales, según el valor de referencia (50 mg de SST/L) descrito en [Fabricius \(2005\)](#).

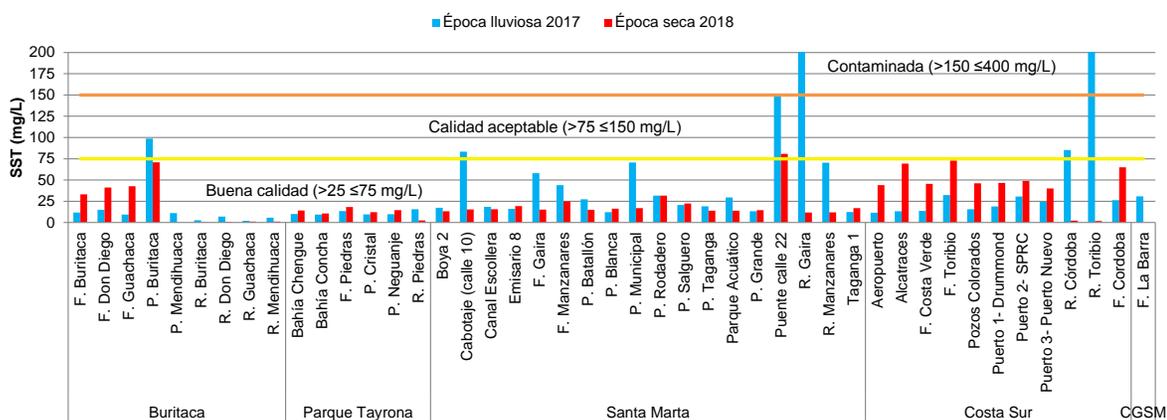


Figura 5.5. Concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Magdalena, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018. Las líneas de color indican los rangos de clasificación de calidad de las aguas propuesto por [CONAGUA \(2015\)](#).

Las concentraciones de los nutrientes inorgánicos disueltos determinados en los muestreos de las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018, se muestran en la Figura 5.6. Estos nutrientes tienen importancia ambiental, debido a que cuando se encuentran en altas concentraciones, generan problemas de eutrofización ([Cárdenas y Sánchez, 2013](#)) o florecimientos algales, lo cual deteriora la calidad del agua para la preservación de la fauna acuática, como se han presentado en varias oportunidades en la bahía de Santa Marta y en la CGSM ([INVEMAR, 2015a](#); [2015b](#); [INVEMAR, 2017c](#)).

Las mayores concentraciones de amonio ionizado ($N-NH_4^+$) se registraron en la época lluviosa de 2017, en las estaciones muelle Cabotaje (18.281 $\mu g N-NH_4^+/L$), playa municipal (12.648 $\mu g N-NH_4^+/L$) y puente calle 22 (14.042 $\mu g N-NH_4^+/L$; Figura 5.6a), debido al rebosamiento de las aguas residuales por las alcantarillas y como se mencionó previamente, por el vertimiento ocasionado por una contingencia ocurrida en septiembre de 2017, en la ciudad de Santa Marta. En la época seca de 2018, la mayor concentración de amonio se registró en la estación emisario 8 (248 $\mu g N-NH_4^+/L$), debido a los vertimientos de aguas residuales de la ciudad de Santa Marta a través del emisario submarino.

Históricamente en las estaciones de la zona Santa Marta, se han registrado altas concentraciones de amonio ([Garcés-Ordóñez et al., 2016](#); [INVEMAR, 2018a](#)). En la estación Muelle Cabotaje las mayores concentraciones se registraron en los años 2009 (508 $\mu g N-NH_4^+/L$), 2010 (2.448

$\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$), 2012 (1.298 $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$) y 2015 (2.292 $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$ en octubre y 1.429 $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$ en noviembre); en la estación Emisario 8, los mayores registros se obtuvieron en el 2013 (368 $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$), 2014 (205 $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$) y 2015 (292 $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$); y en el río Manzanares, en el 2010 (2.265 $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$), 2013 (767 $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$), 2014 (284 $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$) y 2015 (860 $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$). El aumento de las concentraciones en los años mencionados coinciden con la ocurrencia del evento La Niña, épocas de mayor pluviosidad para el departamento ([IDEAM, 2017](#)) que causaron inundaciones, escorrentías urbanas y rebosamiento de las aguas residuales en las redes de alcantarillado ([Garcés-Ordóñez et al., 2016](#); [INVEMAR, 2018a](#)).

Las concentraciones de nitritos (N-NO_2^-) oscilaron entre el límite de cuantificación del método usado en el LABCAM (0,7 $\mu\text{g de N-NO}_2^-/\text{L}$) y 30,7 $\mu\text{g de N-NO}_2^-/\text{L}$. La concentración más alta se registró en el río Manzanares (Figura 5.6b), donde hay vertimientos constantes de aguas residuales, provenientes de las viviendas que se ubican en la ribera del río, en esta estación las aguas tienen olor fétido y coloración verdosa. Históricamente, en la estación río Manzanares se han registrado las concentraciones de nitritos más altas, alcanzando en el 2005 482 $\mu\text{g de N-NO}_2^-/\text{L}$ ([Garcés-Ordóñez et al., 2016](#)). Las concentraciones de nitritos en las estaciones de los ríos, han sido aptas para uso pecuario ya que están por debajo del criterio de calidad para este uso, descrito en el Decreto 1594 de 1984 (10.000 $\mu\text{g de N-NO}_2^-/\text{L}$; [MinSalud, 1984](#)).

Los nitratos (N-NO_3^-) oscilaron entre el límite de cuantificación (2,1 $\mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$) y 734 $\mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$, las mayores concentraciones se registraron en el río Piedras, frente del río Manzanares, y en los ríos Gaira y Toribio, en la época lluviosa 2017 y en los ríos Piedras y Manzanares en la época seca de 2018 (Figura 5.6c). En la zona de Buritaca y el río Piedras de la zona del Parque Tayrona, las altas concentraciones se asocian a escorrentías agrícolas, ya que estos cuerpos de agua recorren áreas agrícolas donde el uso de fertilizantes es común. En los ríos Manzanares y Gaira las elevadas concentraciones de nitratos se asocian con los vertimientos de aguas residuales. En el río Toribio hay aportes de aguas residuales y escorrentías agrícolas, ya que en algunos tramos existen áreas cultivadas.

Las mayores concentraciones de ortofosfatos (P-PO_4^{3-}) se registraron en las estaciones del muelle Cabotaje (1.811 $\mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$), playa Municipal (1.811 $\mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$) y puente calle 22 (1.708 $\mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$) en la época lluviosa de 2017 (Figura 5.6d), debido a la contingencia en las redes de alcantarillado de la ciudad de Santa Marta. Históricamente las concentraciones de ortofosfatos han oscilado entre 2,4 y 1.089 $\mu\text{g de P-PO}_4^{3-}/\text{L}$, concentración registrada en el año 2009, en la estación río Piedras, lo cual está asociado con las actividades agrícolas que se desarrollan en la cuenca ([INVEMAR, 2018a](#)).

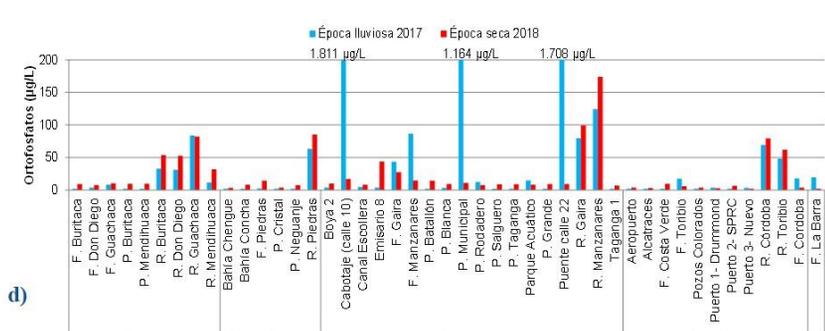
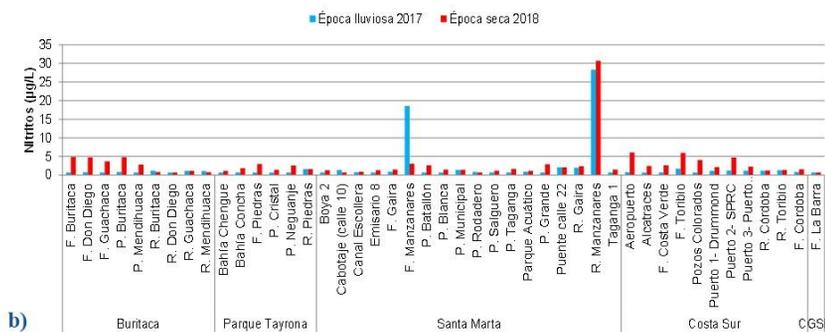
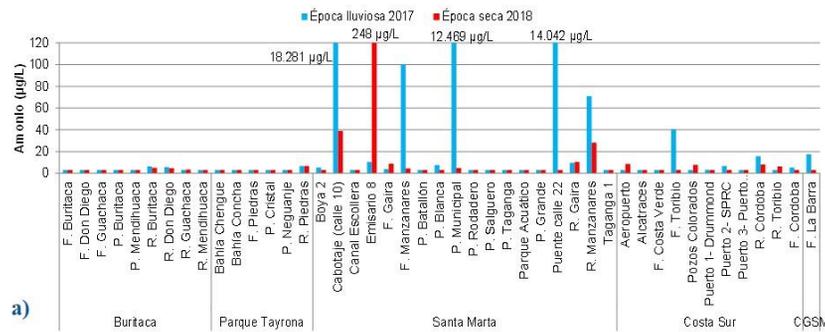


Figura 5.6. Concentración de nutrientes inorgánicos disueltos: a) amonio ($N-NH_4^+$), b) nitritos ($N-NO_2^-$), c) nitratos ($N-NO_3^-$) y d) ortofosfatos ($P-PO_4^{3-}$), en el agua superficial de las estaciones del departamento del Magdalena, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018.

La calidad microbiológica del agua, se evaluó con las concentraciones de coliformes totales (CTT) y coliformes termotolerantes (CTE). Adicionalmente, en las playas se cuantificaron los enterococos fecales (EFE).

Tabla 5.1. Concentraciones de coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Magdalena, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018. Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y por contacto secundario se tomaron del Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984).

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)				CTE (NMP/100 mL)			
		Época lluviosa 2017	Época seca 2018	Rango histórico	Percentil 90	Época lluviosa 2017	Época seca 2018	Rango histórico	Percentil 90
Buritaca	P. Buritaca	240	350	4 - 210.000	59.305	34	6,1	2 - 160.000	4.905
	P. Mendihuaca	4,5	240	7 - 210.000	15.624	1,8	1,8	2 - 13.000	1.628
	R. Buritaca	33.000	23.000	200 - 200.000	47.620	2.000	2.000	52 - 79.000	9.025
	R. Don Diego	17.000	17.000	790 - 240.000	41.873	200	2.300	18 - 240.000	12.025
	R. Guachaca	49.000	21.000	230 - 340.000	31.735	2.000	1.800	78 - 24.000	5.430
	R. Mendihuaca	49.000	33.000	200 - 210.000	31.700	2.000	7.800	10 - 54.000	8.000
Parque Tayrona	Bahía Chengue	13	79	1 - 2.400	1.928	1,8	2	1 - 371	553
	Bahía Concha	1,8	49	2 - 31.400	876	1,8	1,8	2 - 610	852
	P. Cristal	46	23	2 - 2.500	1.056	7,8	1,8	1 - 1.300	134
	F. Piedras	110	540	2 - 1.800	751	7,8	540	2 - 1.800	68
	P. Neguanje	1,8	79	2 - 2.420	1.233	1,8	4,5	1 - 687	190
	R. Piedras	130.000	13.000	660 - 160.000	64.250	6.800	7.800	200 - 160.000	13.798
Santa Marta	Boya 2	1600	79	2 - 2.420	2.054	1.600	1,8	2 - 770	662
	Cabotaje (calle 10)	110.000.000	13.000	18 - 29.000.000	5.855.115	11.000.000	7.900	18 - 11.000.000	653.587
	Canal Escollera	9.200	240	8 - 35.000	6.256	5.400	1,8	2 - 35.000	5.440
	Emisario 8	330	110.000	18 - 542.000	261.116	170	110.000	18 - 540.000	276.530
	F. Gaira	17.000	49	45 - 130.000	87.902	4.900	4	60 - 33.000	20.544
	F. Manzanares	4.000.000	7.900	5 - 16.000	9.150	400.000	7.900	2 - 2.200	1.840
	P. Batallón	350	920	2 - 99.000	8.244	79	540	2 - 16.000	7.347
	P. Blanca	49	130	2 - 770	432	49	34	2 - 250	157
	P. Municipal	24.000.000	79	6 - 2.700	1.186	24.000.000	1,8	6 - 1.700	615
	P. Rodadero	13.000	130	4 - 24.000	2.533	2.700	1,8	2 - 24.000	672
	P. Salguero	49	330	2 - 9.000	1.994	4,5	170	2 - 1.600	536
	P. Taganga	350	130	2 - 240.000	6.978	130	1,8	2 - 1.700	868
	Parque Acuático	5.400	79	2 - 3.500	2.279	2.400	1,8	8 - 3.500	469
	P. Grande	350	79	2 - 9.220	3.977	130	4,5	2 - 1.500	652
	Puente calle 22	140.000.000	240	2 - 22.000	10.446	70.000.000	130	2 - 17.000	3.006
	R. Gaira	130.000	240.000	390 - 350.000	196.750	79.000	130.000	140 - 240.000	97.250
R. Manzanares	540.000	130.000	4.200 - 3.500.000	1.338.000	130.000	79.000	240 - 1.600.000	347.600	
Taganga 1	240	79	1-12.900	4.121	240	2	2 - 1.437	867	
Costa Sur	Aeropuerto	350	240	2-3.500	2.632	110	1,8	2 - 800	362
	Alcatraces	130	240	2-5.200	3.110	33	1,8	2 - 1.120	704
	Pozos Colorados	350	350	2-24.000	1.667	4	2	2 - 740	196
	R. Toribio	54.000	17.000	700-240.000	71.148	200	3.300	17 - 240.000	46.125
	R. Córdoba	240.000	92.000	800-540.000	66.355	49.000	7.900	91 - 79.000	21.200
CGSM	F. La Barra	1.600	350	7-4.000	170	240	240	4 - 1.000	469
Límite permisible contacto primario		1.000				200			
Límite permisible contacto secundario		5.000				-			

Las concentraciones de CTT oscilaron entre 1 y 140.000.000 NMP de CTT /100 mL y las de CTE entre 1,8 y 70.000.000 NMP de CTE/100 mL (Tabla 5.1). De las 36 estaciones evaluadas, el 46% en la época lluviosa de 2017 y el 49% en la época seca de 2018, sobrepasaron los límites permisibles de CTT para el uso recreativo del agua por contacto primario (natación y buceo) y secundario (deportes náuticos y pesca); y el 33% en la época lluviosa de 2017 y el 42% en la época seca de 2018, sobrepasaron el límite permisible de CTE para contacto primario (Tabla 5.1). Las estaciones con mayor contaminación microbiológica fueron Puente de la calle 22, playa Municipal, muelle Cabotaje y río Manzanares, las cuales se vieron afectadas por las aguas residuales que se vertieron a causa de la contingencia ocurrida en septiembre de 2017. En las estaciones de los ríos, se encontraron altas concentraciones de CTT y CTE, las cuales también superaron los límites permisibles para el uso recreativo por contacto primario y secundario (Tabla 5.1), y para el uso agrícola en el riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto (1.000 NMP de CTE/100 mL; [MinSalud, 1984](#)).

La mayoría de las playas analizadas en Santa Marta, presentaron aguas con calidad adecuada para el uso recreativo por contacto primario (Tabla 5.1), a excepción de las playas Municipal, El Rodadero y Taganga en la época lluviosa de 2017, debido al ingreso de agua residual por causa de la contingencia en las redes de alcantarillado; y en la playa Batallón en la época seca de 2018, por los aportes del río Manzanares.

La mayor concentración de enterococos fecales (EFE) se registró en la playa Municipal, en la época lluviosa de 2017 (4.000 UFC/100 MI; Tabla 5.2), valor que superó el rango histórico y que representó un riesgo mayor que 10% de contraer enfermedades gastrointestinales agudas (EGI) y mayor que 3,9% de contraer enfermedades febriles agudas (ERFA), según la Organización Mundial de la Salud ([OMS, 2003](#)). En la playa El Rodadero la concentración de EFE determinada en la época lluviosa de 2017, representó un riesgo de entre 1 y 10% de contraer EGI y entre 0,3 y 3,9% de contraer ERFA ([OMS, 2003](#)).

Tabla 5.2. Concentración de Enterococos Fecales (EFE) en las playas turísticas del Magdalena, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018, y el rango histórico 2001-2017. El valor de referencia para el riesgo de contraer enfermedades Gastrointestinales (EGI) y Respiratoria Febril Aguda (ERFA) fue tomado de la [OMS \(2003\)](#). No medido (-).

Zona	Estación	EFE (UFC/100 mL)					
		Época lluviosa 2017	Histórico segundo semestre (2001-2017)	Percentil 90	Época seca 2018	Histórico primer Semestre (2001-2017)	Percentil 90
Buritaca	P. Buritaca	15	8 - 613	491,2	2	1-73	41,8
	P. Mendihuaca	10	4 - 163	133	1	1 - 124	63,2
Parque Tayrona	Bahía Chengue	<1	<1 - 79	39,8	<1	<1 - 3	2
	Bahía Concha	<1	<1 - 35	24,8	<1	<1 - 10	9,4
	P. Cristal	3	<1 - 38	34	<1	1-46	25
	P. Neguanje	2	<1 - 69	27	<1	<1 - 178	94,5
Santa Marta	Cabotaje (calle 10)	-	1 - 2.000	2.000	30	1 - 42.300	25620
	P. Batallón	55	40	349,6	83	1 - 228	115,2
	P. Blanca	30	<1 - 33	122,1	10	<1 - 5	2,6
	P. Municipal	4.000	4 - 141	966,8	2	<1 - 70	35,8
	P. Rodadero	150	10 - 132	62,4	<1	<1 - 140	28
	P. Salguero	10	<1 - 2.000	540,8		<1 - 112	91,6
	P. Taganga	5	8 - 2.000	644,8	<1	1-38	13
	Parque Acuático	200	2 - 390	389,3		<1 - 59	27
	P. Grande	19	1 - 80	1166,9	<1	1-13	10,6
	Puente calle 22	13.000	17 - 1.100	853,6	-	1 - 375	228
Costa Sur	Aeropuerto	20	1-44	28	-	<1 - 2	2

Zona	Estación	EFE (UFC/100 mL)					
		Época lluviosa 2017	Histórico segundo semestre (2001-2017)	Percentil 90	Época seca 2018	Histórico primer Semestre (2001-2017)	Percentil 90
	Alcatraces	19	2-32	19,2	-	1-5	3,4
	Pozos Colorados	11	<1 - 33	23,9	-	<1 - 8	6,4
Valores de referencia OMS (2003)		≤40 UFC/100 mL, <1% de contraer EGI y <0,3% de contraer ERFA.					
		41–200 UFC/100 mL, 1–5% de EGI y 0,3-1,9% de ERFA.					
		201–500 UFC/100 mL, 5–10% de EGI y 1,9–3,9% de ERFA.					
		>500 UFC/100 mL, >10% de EGI y >3,9% de ERFA					

Las concentraciones de HPDD oscilaron entre 0,075 y 26,4 µg/L (Figura 5.7). En la mayoría de las estaciones, estas concentraciones no superaron la referencia para aguas costeras con contaminación baja (>5 <10 µg/L) y de aguas marinas contaminadas (>10 µg/L) (Zanardi et al., 1999; Acuña-González et al., 2004), con excepción de la estación puente calle 22, en donde se registró una concentración de 26,4 µg/L en la época lluviosa de 2017, la cual superó la referencia para aguas contaminadas con hidrocarburos del petróleo. Este resultado se puede asociar a vertimientos de aguas residuales, aportes por escorrentía de aguas lluvias de la calle 22 de la ciudad de Santa Marta, y fugas de combustible en la marina de Santa Marta, en donde se han presentado algunas contingencias de hundimiento de embarcaciones y derrame de combustible.

Las concentraciones históricas promedio de HPDD (2001 y 2017), en las zonas de Buritaca, Parque Tayrona y Costa Sur, han sido no significativos. En el año 2001, en las estaciones del río Manzanares y su desembocadura, las concentraciones de HPDD donde se registraron concentraciones de 33,4 y 12,6 µg de HPDD/L respectivamente, superaron la referencia para aguas contaminadas (>10 µg/L; Zanardi et al., 1999; Acuña-González et al., 2004). Este resultado se asocia con vertimientos de residuos oleosos de talleres mecánicos que funcionan en la ribera del río Manzanares (INVEMAR, 2018a). En el 2013, la estación frente a la boca de La Barra, zona Marina-CGSM, se registró una concentración de 5,8 µg/L, la cual está dentro de la referencia para aguas con contaminación baja (>5 <10 µg/L; Acuña-González et al., 2004) y puede asociarse a los residuos del tráfico de embarcaciones hacia la CGSM y el tráfico de vehículos por la troncal del Caribe.

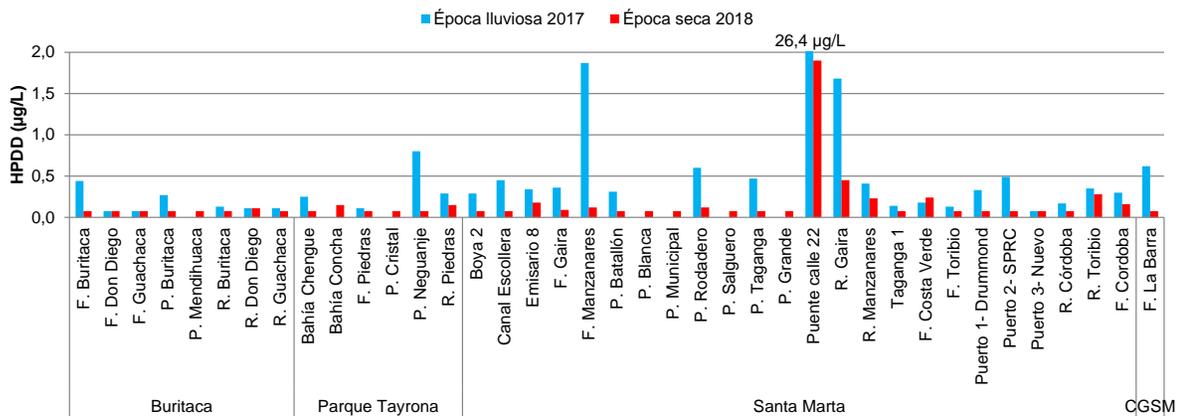


Figura 5.7. Concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) en el agua superficial en las estaciones del departamento de Magdalena, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018.

Por otra parte, durante los muestreos realizados en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018, no se detectaron residuos de plaguicidas organoclorados, ni de plaguicidas organofosforados en el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento de Magdalena. Históricamente se han registrado algunos residuos de plaguicidas organoclorados, en el agua superficial de la bahía Chengue y del río Piedras, como Aldrines (Endrin+diendrin+aldrin), DDT, Hexaclorociclohexano Total - HEP y Heptacloro total – HCH (heptacloro + heptacloroepóxido); HCH en las estaciones río Buritaca (45,4 ng) en 2008 y río Manzanares (96,3 ng/L) en el 2014; clorpirifós en el río Piedras (16 ng/L) en 2012; metil paratión en el río Guachaca (26,9 ng/L) en el 2015 y cis-permetrina en el río Piedras (28,9 ng/L) en el 2015 ([INVEMAR, 2017a](#)).

En cuanto a los metales pesados disueltos en el agua superficial, el Pb, Ni y Cr⁶⁺ en la época lluviosa de 2017, y el Ni, Cr⁶⁺ y Zn en la época seca de 2018, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR (<2,0 µg de Pb/L; 2,5 µg Ni/L; 5 µg de µg Cr⁶⁺/L; 10 µg Zn/L), los cuales además están por debajo de los valores de referencia para efectos crónicos en aguas dulces (2,5 µg Pb/L; 52 µg Ni/L; 11 µg Cr⁶⁺/L; 120 µg Zn/L) y marinas y estuarinas (8,1 µg Pb/L; 8,2 µg Ni/L; 50 µg Cr⁶⁺/L; 81 µg Zn/L) ([Buchman, 2008](#)).

En la época seca de 2018, el Pb se registró en las estaciones Emisario 8 (10,9 µg de Pb/L), río Don Diego (6,70 µg de Pb/L) y frente de Don Diego (3,32 µg de Pb/L), en el Emisario 8 y el río Don Diego, las concentraciones superaron la referencia de efectos crónicos en la biota acuática marina (8,1 µg Pb/L) y de agua dulce (2,5 µg Pb/L) ([Buchman, 2008](#)). El Zn se registró en el puente de la calle 22 (45,4 µg Zn/L) y en muelle Cabotaje (34,3 µg Zn/L) en la época lluviosa de 2017, sin superar la referencia para efectos crónicos en organismos de agua marina (81 µg Zn/L) ([Buchman, 2008](#)). El Cd se registró en las aguas superficiales de las estaciones frente de los ríos Gaira (0,37 µg de Cd/L) y Buritaca (0,38 µg de Cd/L), y en bahía Chengue (0,38 µg de Cd/L) en la época lluviosa de 2017, y en las estaciones Emisario 8 (1,62 µg de Cd/L), frente a La Barra (0,35 µg de Cd/L), frente Costa Verde (0,89 µg de Cd/L), frente de los ríos Córdoba (0,50 µg de Cd/L), Toribio (0,41 µg de Cd/L), Gaira (0,56 µg de Cd/L), Manzanares (0,87 µg de Cd/L), Guachaca (0,67 µg de Cd/L), Buritaca (0,26 µg de Cd/L) y Piedras (0,53 µg de Cd/L) en la época seca de 2018, sin embargo, estos valores no superaron la referencia para efectos crónicos en la biota acuática marina y estuarina (8,8 µg de Cd/L; [Buchman, 2008](#)).

El Cu se registró en las estaciones frente del río Toribio (3,1 µg de Cu/L) y puente de la calle 22 (1,6 µg de Cu/L) en la época lluviosa de 2017, y en la estación puente calle 22 (1,16 µg de Cu/L) en la época seca de 2018, valores que no superaron las referencias de efectos crónicos en organismos marinos (3,1 µg Cu/L) y en organismos de agua dulce (9 µg Cu/L) ([Buchman, 2008](#)). En las demás estaciones, el Cu estuvo por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica (<1 µg de Cu/L).

El Fe osciló entre el límite de cuantificación de la técnica analítica (<10 µg Fe/L) y 57,5 µg Fe/L en la época lluviosa de 2017, y entre el límite de cuantificación y 40,5 µg Fe/L en la época seca de 2018, la mayor concentración se registró en la estación puente calle 22 (57,5 µg Fe/L), concentración que estuvo por encima del valor de referencia para efectos crónicos 50 µg/L para aguas marinas ([Buchman, 2008](#)), resultado puede atribuirse a los vertimientos de aguas residuales en la bahía durante la contingencia.

5.2.1 Calidad del agua de acuerdo con el ICAM_{PPF}

La aplicación del ICAM_{PPF} mostró que en el muestreo de la época lluviosa de 2017, la calidad del agua superficial del 11% de las estaciones evaluadas fue óptima, el 61% fue adecuada, el 6% fue aceptable, el 11% inadecuada y el 11% pésima (Figura 5.8). Las estaciones con calidad pésima fueron Cabotaje, playa Municipal, puente de la calle 22 y frente del río Manzanares, debido a la elevada concentración de coliformes termotolerantes y nutrientes inorgánicos y las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, situación que se presentó en septiembre, debido a los vertimientos de aguas residuales por una contingencia en la red de alcantarillado.

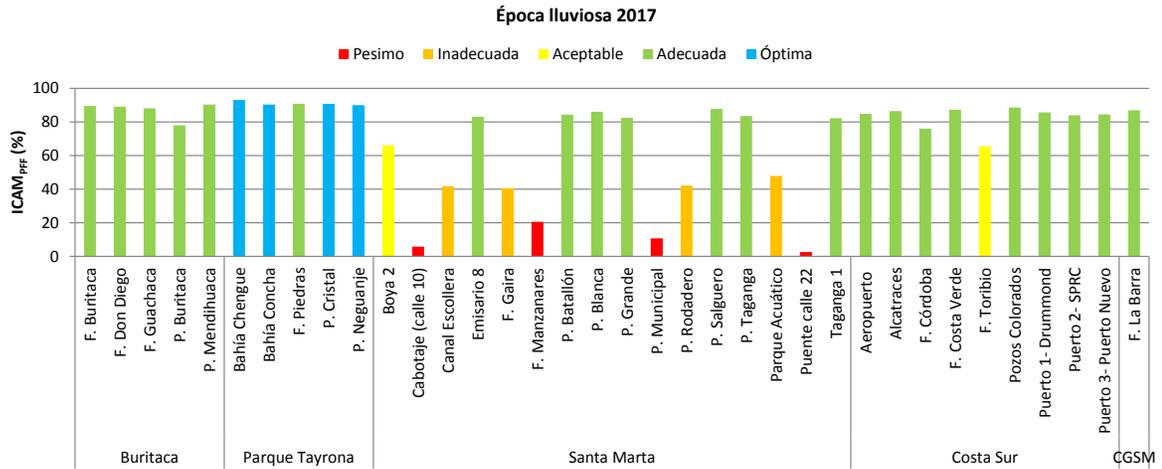


Figura 5.8. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas del departamento de Magdalena, en el muestreo de la época lluviosa 2017, evaluada con el del ICAM_{PPF}.

En la época seca de 2018, disminuyó el número de estaciones con aguas de calidad óptima (6%), adecuada (39%) y pésima (6%), y aumentó el número de estaciones con calidad aceptable (30%) e inadecuada (19%) (Figura 5.9). Las estaciones muelle Cabotaje y emisario 8, continuaron con calidad pésima, debido al continuo vertimiento de aguas residuales, que incrementa la concentración de coliformes termotolerantes.

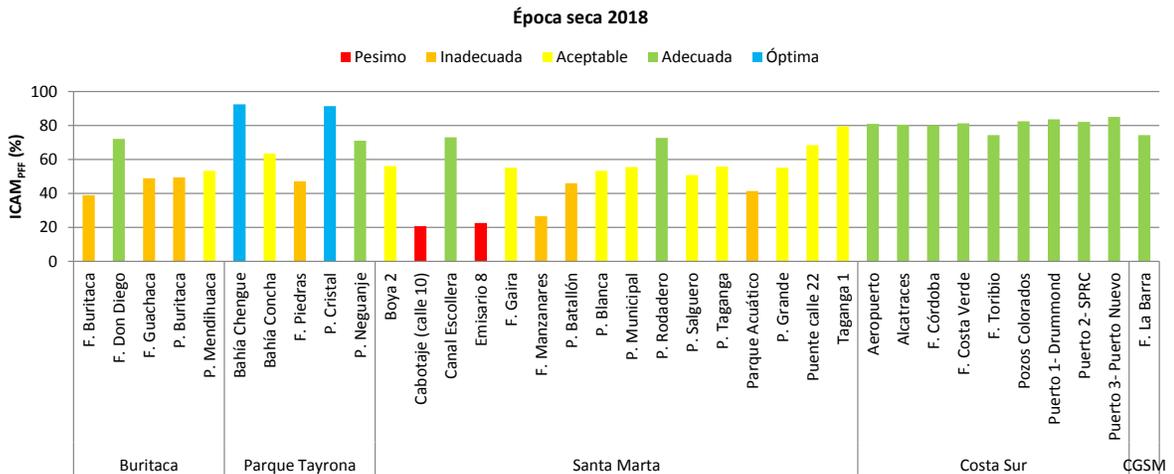


Figura 5.9. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas del departamento de Magdalena en el muestreo de la época seca 2018, evaluada con el del ICAM_{PPF}.

Teniendo en cuenta los resultados del ICAM y las opciones de medidas a optar propuesta en la Tabla 1.2, se sugiere continuar con el monitoreo e implementar un plan de contingencia; además de implementar acciones de inversión para el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Santa Marta, para reducir la llegada a la bahía de Santa Marta y a los ríos del departamento, y de esta manera reducir los impactos de las aguas residuales sobre el recurso hídrico marino costero.

5.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

En la Tabla 5.3 se presentan los resultados de la granulometría de los sedimentos colectados en la época seca de 2018, y el contenido de materia orgánica oxidable en los sedimentos colectados en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018. En las estaciones de los frentes de los ríos, los sedimentos están conformados principalmente por arenas finas (tamaño de 63µm) y lodos (tamaños <63 µm), y contenidos de materia orgánica oxidable entre 2,91 y 69,2 mg/g en peso seco. El sedimento de los ríos es principalmente arenoso, con tamaños entre 2 mm y 63 µm, y contenidos de materia orgánica entre 1,8 y 7,63 mg/g en peso seco. En las estaciones bahía Chengue, frente del río Manzanares, Puerto 2 –Sociedad Río Córdoba y frente a La Barra, los sedimentos son lodosos en mayor proporción, con un pequeño porcentaje de arenas finas y con mayor contenido de materia orgánica, entre 3,3 y 135 mg/g en peso seco, condiciones que podrían favorecer la acumulación de contaminantes como hidrocarburos, plaguicidas y metales pesados.

Tabla 5.3. Granulometría en el sedimento de las estaciones del departamento de Magdalena, durante la época seca de 2018; y contenido de materia orgánica oxidable (MO) durante la época lluviosa 2017 y seca de 2018. No medido (-).

Estación	Granulometría en época seca 2018							MO (mg/g p.s.)	
	% 2 mm	% 1 mm	% 0,5 mm	% 250 µm	% 125 µm	% 63 µm	% <63 µm	Lluviosa 2017	Seca 2018
F. Buritaca	0,2	0,2	0,2	0,2	2,97	58,9	37,9	7,28	3,03
F. Don Diego	0,2	0,2	0,2	1,28	6,96	69,4	22,2	-	2,94
F. Guachaca	0,2	0,2	0,2	0,57	11,6	64,4	23,4	-	2,91
R. Buritaca	0,2	0,24	0,47	7,16	55,7	33,6	2,68	-	7,63
R. Don Diego	12,2	19,8	53,7	11,5	0,67	0,2	1,94	-	2,42
R. Guachaca	8,24	4,96	7,93	20,1	25,1	5,17	28,5	-	1,18
Bahía Chengue	0,2	0,48	0,77	1,76	5,36	17	74,49	-	3,33
R. Piedras	10,3	20,9	10,5	18,9	24,9	11,1	3,45	-	7,17
Cabotaje (calle 10)	0,52	1,86	2,94	18	40,6	26,1	9,98	-	1,84
F. Gaira	9,01	12,5	18,3	37,8	17,4	1,22	3,78	46,4	69,2
F. Manzanares	0,2	0,2	0,2	0,2	0,46	1,53	97,5	40,3	5,26
P. Rodadero	0,2	0,3	1,76	6,12	30,2	51,4	10,1	-	1,7
R. Gaira	4,18	17	33,8	32,7	9,2	2,18	0,94	-	3,53
F. Córdoba	0,1	0,4	1	3,9	8,1	70,1	16,3	-	3,35
Puerto 1- Drummond	2,46	1,02	0,46	0,42	16,2	79,4	0,2	11,1	70,5
Puerto 2- SPRC	0,2	0,2	0,23	0,66	2,23	14	82,7	31,1	8,56
Puerto 3- Puerto Nuevo	0,2	0,2	0,2	0,2	1,29	67,8	30,8	20,1	5,83
F. La Barra	0,2	0,2	0,2	0,6	6,2	34,7	58,3	11,3	135

En la época lluviosa de 2017, en los sedimentos de la estación frente al río Manzanares, se cuantificaron los hidrocarburos benzo(a) antraceno (7,34 ng/g en peso seco), criseno (10,4 ng/g en peso seco) y benzo(a) pireno (8,27 ng/g en peso seco), los cuales no superaron los valores de

referencia del nivel de efecto umbral (TEL) en organismos marinos y estuarinos del bentos (74,8 ng benzo(a) antraceno/g; 108 ng criseno/g; 88,8 ng benzo(a) pireno/g; [Buchman, 2008](#)). En época seca de 2018, se registró fenantreno en los sedimentos de las estaciones frente del río Manzanares (7,38 ng/g), muelle Cabotaje (8,30 ng/g) y frente del río Fundación (6 ng/g); valores que no superaron la referencia TEL de 86,7 ng de fenantreno/g ([Buchman, 2008](#)). El benzo(a) pireno se registró en el río Sevilla (6,39), el naftaleno en el frente del río fundación (7,86) y el criseno (6,74), pireno (15,2), Benzo(a) Antraceno (6,74), Benzo (b) Fluoranteno (6,98) y Fluoranteno (16,1) en el muelle Cabotaje. Sin embargo, para ninguno de estos compuestos, las concentraciones determinadas sobrepasaron los valores de referencia TEL ([Buchman, 2008](#)).

Por otra parte, en los sedimentos colectados en la época lluviosa de 2017, en las estaciones en los frentes de los ríos Gaira, Manzanares y Buritaca, en el frente de la Barra, y en los puertos Nuevo, Sociedad Río Córdoba y Drummond, los 41 plaguicidas medidos estuvieron por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada en el LABCAM del INVEMAR; cabe destacar que el límite de cuantificación está por debajo de los valores de referencia para efectos probables, descritos en [Buchman \(2008\)](#). En época seca de 2018, se cuantificó Heptacloro en las estaciones río Gaira (16,2 ng/g) y frentes de los ríos Guachaca (13,6 ng/g), Don Diego (19,4 ng/g) y Buritaca (15,3 ng/g). Este plaguicida era utilizado ampliamente en viviendas, edificios y en cosechas de alimentos para el control de insectos ([ATSDR, 2007](#)). Su uso y comercialización en Colombia fue prohibido mediante Decreto 305 de 1988 de la presidencia de la República, por lo tanto, su presencia en el ambiente sugiere que se está utilizando de manera ilegal.

Los metales pesados totales (Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Fe y Hg) medidos en las estaciones de sedimentos en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018 se presentan en la Tabla 5.4. Las estaciones muelle Cabotaje (Pb, Cu, Zn y Hg) y puente de la calle 22 (Cr, Cu, Zn, Ni y Hg) presentaron el mayor número de metales pesados totales por encima del valor de referencia TEL. En puente calle 22 el Zn superó la referencia para efectos probables – PEL en la biota béntica marina (Tabla 5.4). Debido a que en esta zona es muy recurrente el aporte de aguas residuales sin tratamiento, es posible que esta sea una fuente importante de los metales pesados determinados. Teniendo en cuenta estos resultados, es necesario medir la biodisponibilidad de estos metales para reducir la incertidumbre del riesgo ambiental que puedan representar y evaluar los efectos que estos tienen sobre la fauna bentónica.

5.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ Durante los muestreos de la época lluviosa 2017 y época seca 2018, la calidad del agua superficial para la preservación de flora y fauna acuática determinada mediante el cálculo del ICAM_{PPF} estuvo entre óptima y adecuada en el 72% de las estaciones REDCAM en Magdalena, debido a que las condiciones fisicoquímicas y las concentraciones de contaminantes estuvieron dentro de los criterios de calidad de la legislación nacional o dentro de valores de referencia internacionales. En las estaciones Muelle Cabotaje, playa Municipal y puente de la calle 22, donde se presentan vertimientos constantes de aguas residuales, la calidad del agua estuvo entre pésima e inadecuada. Esto indica que se requieren acciones para disminuir las descargas de aguas residuales directas a las zonas marinas y costeras del departamento.

- ❖ La calidad microbiológica de las aguas para el uso recreativo por contacto primario y secundario de las playas Buritaca, Cristal, Neguanje, Blanca, Salguero, Taganga, Grande, Aeropuerto y Pozos Colorados fue buena durante los muestreos de la época lluviosa 2017 y época seca 2018, en tanto que para las playas Municipal y El Rodadero fue inadecuada, debido a la presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal, producto de los vertimientos de aguas residuales.
- ❖ En el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento de Magdalena, no se observó contaminación por los metales Cd, Pb, Cr, Ni, Cu y Zn; tampoco por residuos de plaguicidas, ni por hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos, ya que las concentraciones registradas estuvieron por debajo de los valores de referencia internacionales. Solamente en la estación puente calle 22, durante la época lluviosa de 2017, se registraron HPDD en concentraciones que superaron la referencia de aguas marinas contaminadas. Este resultado se relaciona con la escorrentía de aguas producto del aumento de las lluvias.
- ❖ Los sedimentos de las estaciones evaluadas no presentan contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos, ni por residuos de los plaguicidas analizados. En los sedimentos de la estación muelle Cabotaje, las concentraciones de los metales Pb, Cu, Zn y Hg superaron el valor de referencia de efecto umbral en la biota acuática descrito por la NOAA; así como los metales Cr, Cu, Zn, Ni y Hg en sedimentos de puente calle 22. Este resultado sugiere que se debe dar continuidad al monitoreo de metales, determinar la fuente de estos elementos y evaluar la biodisponibilidad para los organismos bentónicos.

Tabla 5.4. Concentración de metales pesados totales (en peso seco) en los sedimentos de algunas estaciones del departamento del Magdalena, colectados en las épocas lluviosa 2017 y seca de 2018. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de [Buchman \(2008\)](#). Sin referencia (-). Valores con el signo (<) corresponden al límite de cuantificación del método utilizado en el LABCAM. Los valores resaltados con amarillo superan la referencia TEL y los resaltados con naranja superan la referencia PEL. Las estaciones de agua dulce están sombreadas con color gris.

Estación	Plomo (µg Pb/g p.s.)		Cadmio (µg Cd/g p.s.)		Cromo (µg Cr/g p.s.)		Cobre (µg Cu/g p.s.)		Zinc (µg Zn/g p.s.)		Níquel (µg Ni/g p.s.)		Hierro (mg Fe/g p.s.)		Mercurio (ng Hg/g p.s.)	
	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18
F. Buritaca	<15,0	<15,0	<12,5	<12,5	60,5	<25,0	7,9	6,9	59,7	39,7	<15,0	<75,0	53,5	23,2	<3,00	8,1
F. Guachaca	-	<15,0	-	<12,5	-	<25,0	-	7,0	-	27,6	-	<75,0	-	8,45	-	<3,0
F. Don Diego	-	<15,0	-	<12,5	-	29,9	-	11,7	-	35	-	<75,0	-	8,1	-	23,0
R. Don Diego	-	<15,0	-	<12,5	-	<25,0	-	11,8	-	41	-	<75,0	-	10,4	-	4,1
R. Buritaca	-	<15,0	-	<12,5	-	<25,0	-	16,0	-	59,3	-	<75,0	-	19,5	-	<3,0
R. Guachaca	-	<15,0	-	<12,5	-	<25,0	-	12,7	-	38,4	-	<75,0	-	14,2	-	<3,0
R. Piedras	-	<15,0	-	<12,5	-	<25,0	-	7,1	-	41,7	-	<75,0	-	11,6	-	<3,0
Bahía Chengue	-	<15,0	-	<12,5	-	<25,0	-	6,2	-	17,4	-	<75,0	-	1,52	-	8,5
Cabotaje (calle 10)	38,9	17,7	<12,5	<12,5	45	32,7	56,5	57,5	248	88,1	<15,0	<75,0	35,1	14,1	205	496
Puente Calle 22	<15,0	-	<12,5	<12,5	57,7	-	83,2	-	280,6	-	20,3	<75,0	41,6	-	192	-
P. Municipal	<15,0	-	<12,5	<12,5	<20,0	-	<5,00	-	33,4	-	<15,0	<75,0	10,3	-	<3,00	-
F. Manzanares	<15,0	<15,0	<12,5	<12,5	27,8	33,2	12,5	17,5	124,6	108	<15,0	<75,0	47,2	27,5	25,1	30,6
P. Rodadero	-	<15,0	-	<12,5	-	30,0	-	6,7	-	53	-	<75,0	-	13,9	-	<3,0
R. Gaira	-	<15,0	-	<12,5	-	<25,0	-	6,1	-	44,6	-	<75,0	-	11,1	-	<3,0
F. Gaira	<15,0	<15,0	<12,5	<12,5	30,4	<25,0	20,9	<5,0	97,2	42,5	<15,0	<75,0	39,4	12,3	22,7	<3,0
Puerto 1-Drummond	<15,0	18,3	<12,5	<12,5	51,2	33,5	14,5	5,9	121,7	68,4	<15,0	<75,0	48,3	16,3	26,2	11,6
Puerto 2-SPRC	16,3	22,6	<12,5	<12,5	50,9	39,6	19,9	28,0	75,4	92,7	<15,0	<75,0	46	28,5	31,3	54,9
Puerto 3-Nuevo	<15,0	<15,0	<12,5	<12,5	46,9	41,7	8,1	6,3	109,8	72,7	<15,0	<75,0	43	21,8	18,3	13,5
F. La Barra	-	<15,0	-	<12,5	-	34,8	-	10,9	-	72,5	-	<75,0	-	22,5	-	11,6
F. Córdoba	-	<15,0	-	<12,5	-	34,8	-	9,7	-	60,6	-	<75,0	-	21,8	-	8,0
F. Sevilla	-	<15,0	-	<12,5	-	30,5	-	28,3	-	55,6	-	<75,0	-	30	-	89,4
F. Aracataca	-	16,4	-	<12,5	-	26,4	-	27,4	-	61,2	-	<75,0	-	25,9	-	80,2
R. Fundación	-	<15,0	-	<12,5	-	37,6	-	25,4	-	64,2	-	<75,0	-	24,4	-	64,3
F. Fundación	-	17,1	-	<12,5	-	31,0	-	12	-	59,7	-	<75,0	-	23,1	-	81,7
Ref. TEL Mar/estu	30,2		-		52,3		18,7		124		15,9		-		130	
Ref. PEL Mar/estu	112		-		160		108		271		42,8		-		700	
Ref. TEL dulce	35		-		37,3		35,7		123		18		-		174	
Ref. PEL dulce	91,3		-		90		197		315		36		-		486	

ATLÁNTICO

Por: Ostin Garcés-Ordóñez y Luisa F. Espinosa



Playa Caño Dulce. Foto: Diana Murillo

EQUIPO TÉCNICO C.R.A.

Efrain Leal Puccini – Profesional Especializado G18

6. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO

El departamento del Atlántico cuenta con ecosistemas marinos y costeros como playas, manglares, estuarios, lagunas costeras, entre otros, los cuales son estratégicos para la región y el país, debido a que ofrecen a la población costera bienes y servicios ambientales, influyendo sobre la economía de las familias que aprovechan sus recursos ([INVEMAR, 2007](#)). Sin embargo, las actividades socioeconómicas que se desarrollan en la franja costera, afectan en diferentes escalas la calidad ambiental marina, causando contaminación y deterioro de la calidad del agua y de los ecosistemas marinos y costeros ([INVEMAR, 2018a](#)).

El presente capítulo contiene el diagnóstico de la calidad de las aguas y sedimentos marinos y costeros durante los monitoreos realizados en la temporada lluviosa de 2017 y seca de 2018. La información del diagnóstico es útil para la gestión ambiental y el manejo integral del medio ambiente marino por parte de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico – C.R.A.

6.1 ZONAS DE MONITOREO

El departamento de Atlántico cuenta con una red de 18 estaciones de monitoreo, distribuidas geográficamente en tres zonas: Río Magdalena, Puerto Colombia y Tubará-Acosta (Figura 6.1).

La zona **río Magdalena** comprende parte de la cuenca baja del río Magdalena y la ciénaga de Mallorquín, donde desemboca el arroyo León que recibe aguas residuales y pluviales de la ciudad de Barranquilla. En esta zona se desarrollan actividades portuarias, agrícolas y se vierten aguas residuales provenientes de Barranquilla y Soledad. La zona río Magdalena tienen ocho estaciones de muestreo para aguas y sedimentos superficiales (Figura 6.1).

La zona **Puerto Colombia** abarca la franja costera del municipio de Puerto Colombia, en donde se desarrollan actividades turísticas. En esta zona hay cuatro estaciones de muestreo de agua superficial, en dos de las cuales (muelle Puerto Colombia, ciénaga de Balboa) se recolectan sedimentos para medir contaminantes (Figura 6.1).

La zona **Tubará-Acosta**, corresponde a la franja costera de los municipios de Juan de Acosta y Tubará, en las cuales se desarrollan actividades turísticas en playa y se encuentran algunas ciénagas y playas de interés turístico; además estos municipios tienen baja cobertura de alcantarillado. En esta zona hay seis estaciones de muestreo de agua superficial, en tres de las cuales (Puerto Velero, Rincón Hondo y Santa Verónica 2) se muestrea sedimentos (Figura 6.1).

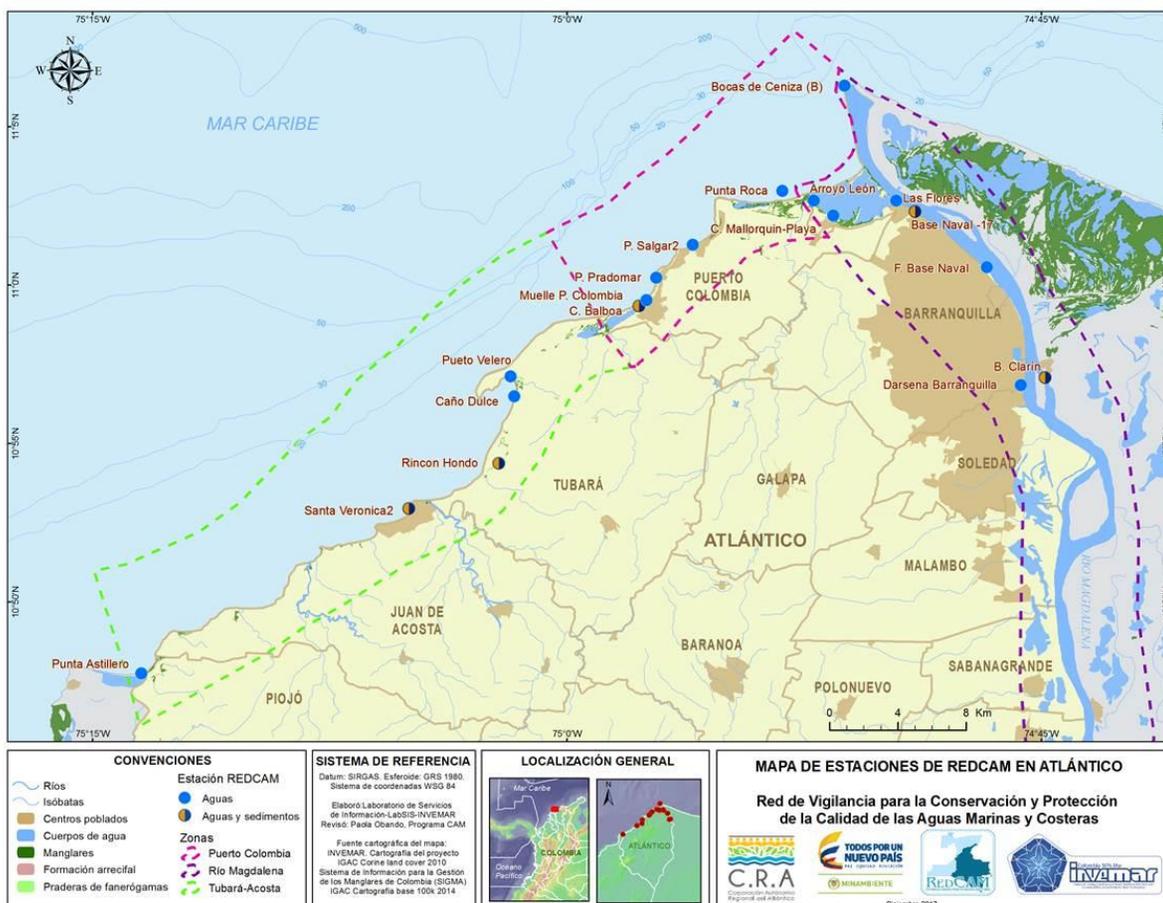


Figura 6.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Atlántico. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolores (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo.

Los muestreos fueron realizados por el INVEMAR, en compañía de funcionarios de la C.R.A., entre los días 2 y 3 de octubre de 2017 (en adelante, época lluviosa de 2017) y en los días 11 y 12 de abril de 2018 (en adelante, época seca de 2018). De acuerdo con IDEAM (2018a), en los meses de septiembre y octubre de 2017 se registraron precipitaciones acumulada entre 50 y 300 mm, y en abril de 2018 precipitaciones entre 0 y 50 mm.

6.2 CALIDAD DE LAS AGUAS

La calidad de las aguas marinas y costeras del departamento del Atlántico se determinó mediante el análisis de variables fisicoquímicas, microbiológicas y contaminantes orgánicos como hidrocarburos y plaguicidas organoclorados y organofosforados, y metales pesados, determinados tanto en el agua superficial, como en sedimentos de algunas estaciones.

La salinidad registrada en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018 se presenta en la Figura 6.2. Según la clasificación de las aguas descrita en Knox (2001), el agua de las estaciones de playas, se considera marina mesohalina y polihalina; el agua de las estaciones del río Magdalena

dulce; y el agua de las estaciones de las ciénagas Balboa y Rincón Hondo, en época lluviosa de 2017 se considera estuarina y en época seca de 2018 salmuera (>38).

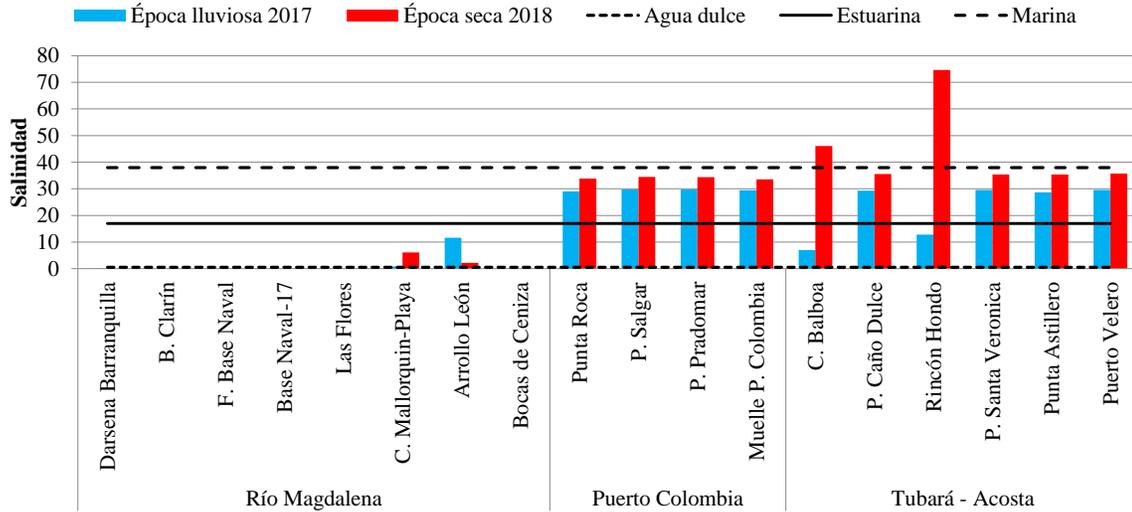


Figura 6.2. Salinidad del agua superficial de las estaciones del departamento del Atlántico, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018. Las líneas horizontales indican los rangos de clasificación de las aguas por salinidad propuestos por Knox (2001): agua dulce (<0,5), agua salobre (>0,5-17), agua marina (>17-38) y salmuera (>38).

Las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) oscilaron entre 0,58 y 11,38 mg de O₂/L (Figura 6.3), encontrándose en la mayoría de las estaciones valores por encima del criterio de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas (4 mg de O₂/L; MinSalud, 1984), con excepción de las estaciones frente a Base Naval (0,58 mg de O₂/L) y ciénaga Mallorquín-Playa (2,34 mg de O₂/L), en la época lluviosa de 2017; y en el arroyo León (1,38 mg de O₂/L) y dársena Barranquilla (3,41 mg de O₂/L), en la época seca de 2018. En estas estaciones históricamente se han registrado concentraciones de OD por debajo 4 mg de O₂/L, debido a los vertimientos de aguas residuales (INVEMAR, 2017a; INVEMAR, 2018a). En las estaciones Rincón Hondo y Puerto Velero, se registraron concentraciones de OD superiores a 10,0 mg de O₂/L en la época lluviosa de 2017, con saturación del oxígeno por encima 150% y una concentración de 15,3 µg de clorofila a/L, condiciones que se asocian a una alta productividad primaria del fitoplancton, como resultado del enriquecimiento con nutrientes por vertimientos de aguas residuales (Manahan, 2007; Camargo y Alonso, 2006).

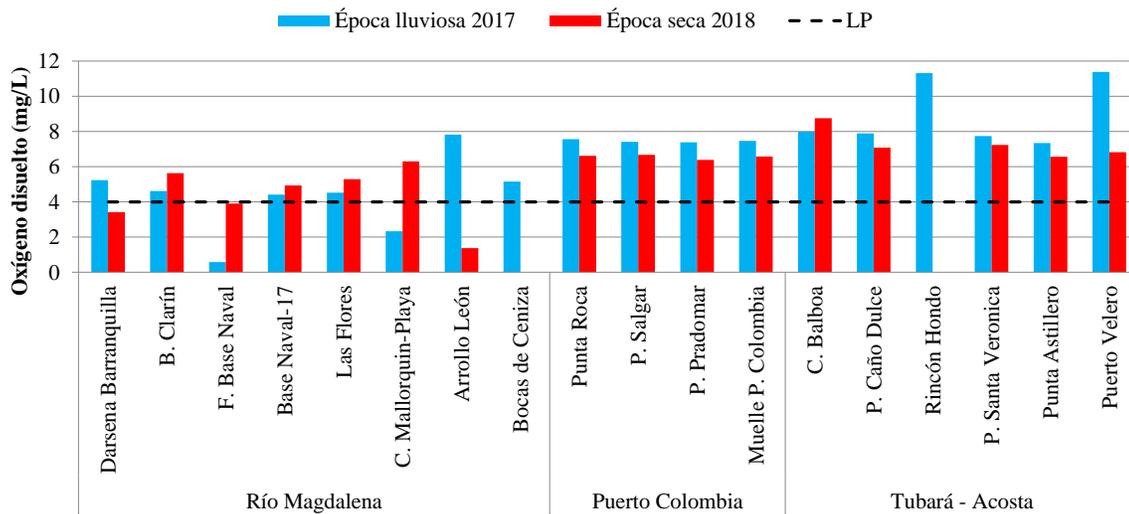


Figura 6.3. Concentración de oxígeno disuelto en el agua superficial de las estaciones del departamento del Atlántico, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018. La línea punteada indica el nivel permisible para la preservación de flora y fauna establecido en el Decreto 1594 de 1984 (>4,0 mg de O₂/L; [MinSalud, 1984](#)).

El pH osciló entre 6,86 y 8,46 en la época lluviosa de 2017 y entre 7,16 y 8,31 en la época seca de 2018 (Figura 6.4). En todas las estaciones los valores de pH estuvieron dentro de los rangos permisibles para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulces (4,5-9,0) y en aguas marinas y estuarinas (6,5- 8,5), según el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)).

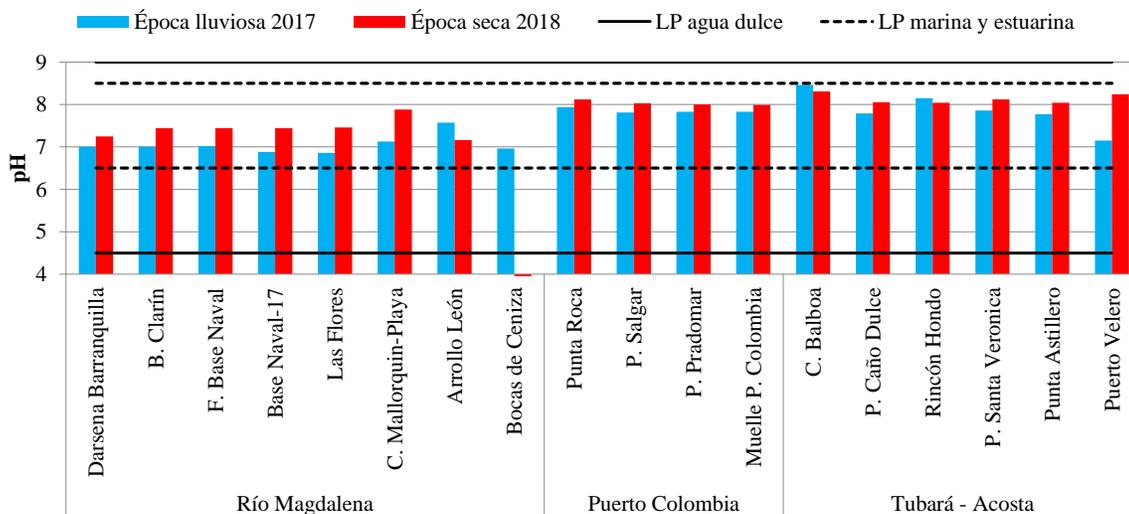


Figura 6.4. pH del agua superficial de las estaciones del departamento del Atlántico, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018. Las líneas negras continuas corresponden al rango permisible para preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce, y las líneas negras punteadas el rango permisible en aguas cálidas marinas y estuarinas establecidos en el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)).

Los sólidos suspendidos totales (SST) oscilaron entre 15,5 y 270 mg/L en la época lluviosa de 2017 y entre 12,9 y 515 mg/L en la época seca de 2018 (Figura 6.5). Las mayores concentraciones se registraron en las estaciones del río Magdalena, en la época seca de 2018. Comparando las concentraciones de SST registradas, con la escala de clasificación de calidad de agua propuesta por [CONAGUA \(2015\)](#), las estaciones del río Magdalena se clasifican como calidad aceptable (>75-150 mg de SST/L), contaminada (>150-400 mg de SST/L) y fuertemente contaminada (>400 mg de SST/L; Figura 6.5). En la ciénaga de Rincón Hondo en la época lluviosa de 2017 la calidad del agua fue buena y en la época seca de 2018 clasificó como contaminada. En las estaciones de playas, el agua se clasifica como buena calidad.

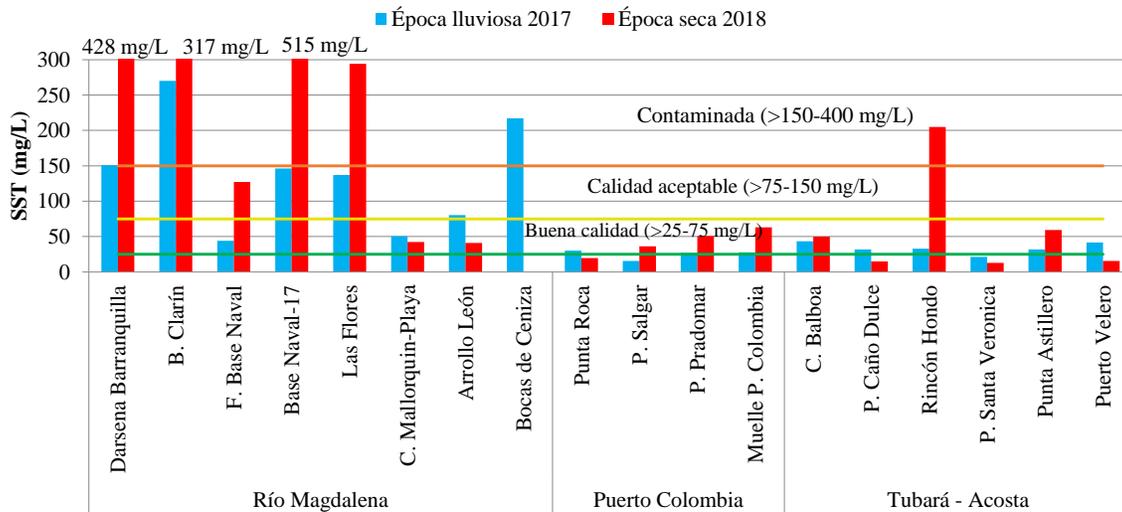


Figura 6.5. Concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el agua superficial de las estaciones del departamento del Atlántico, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018. Las líneas de color indican los rangos de clasificación de calidad de las aguas propuesto por [CONAGUA \(2015\)](#).

En la Figura 6.6 se presentan las concentraciones de los nutrientes inorgánicos disueltos en el agua superficial durante los muestreos de las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018. El amonio osciló entre 3,34 y 1.984 $\mu\text{g N-NH}_4^+/\text{L}$. Las mayores concentraciones se registraron en el río Magdalena, en la época lluviosa de 2017; y en el arroyo León y la ciénaga Mallorquín, donde desemboca el arroyo León, en la época seca de 2018. En estas estaciones, la calidad del agua se ha visto afectada por vertimientos de aguas residuales sin tratamiento, provenientes del sector suroccidental de la ciudad de Barranquilla y de otras poblaciones ubicadas en la ribera del río Magdalena, además de los aportes de nutrientes que llegan al río por las escorrentías de las zonas agrícolas de su cuenca ([INVEMAR, 2017a](#); [INVEMAR, 2018a](#)). Es importante hacer mayor seguimiento ambiental al arroyo León y a la ciénaga de Mallorquín, y que se implementen acciones para reducir las afectaciones en la calidad ambiental de estos cuerpos de agua y sus servicios ecosistémicos. En la playa de Puerto Colombia se registró una concentración de 468 $\mu\text{g de N-NH}_4^+/\text{L}$ en la época seca de 2018, la cual se asocia a vertimientos de aguas residuales, ya que en esta estación adicionalmente se registraron concentraciones altas de coliformes totales y termotolerantes (54.000 NMP/100 mL).

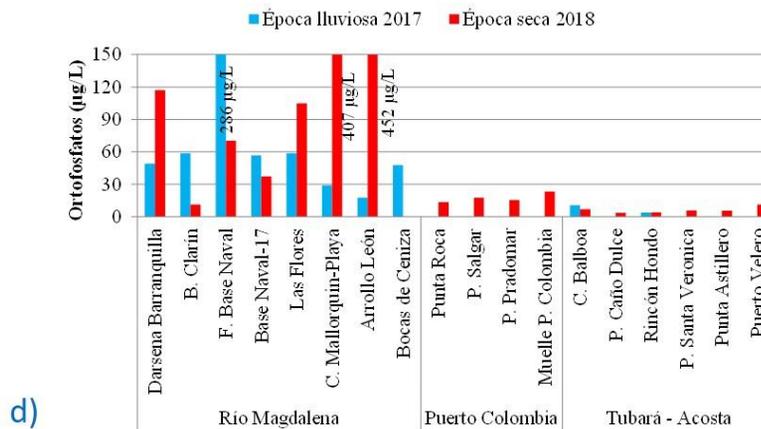
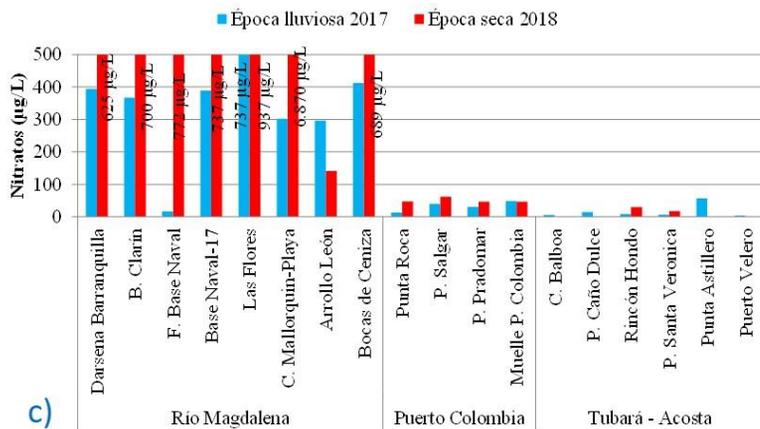
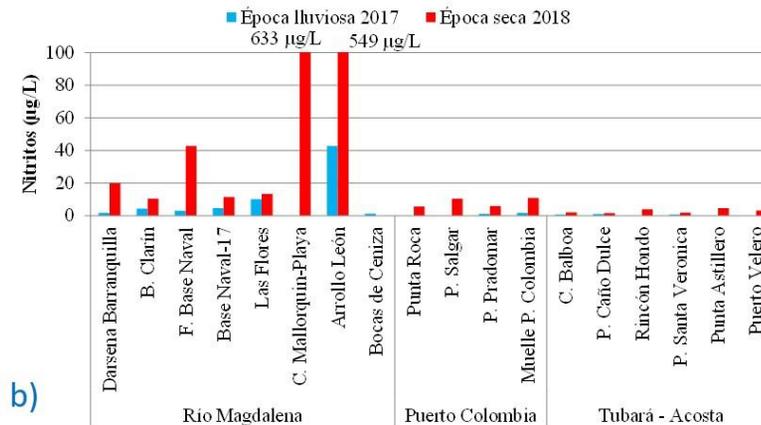
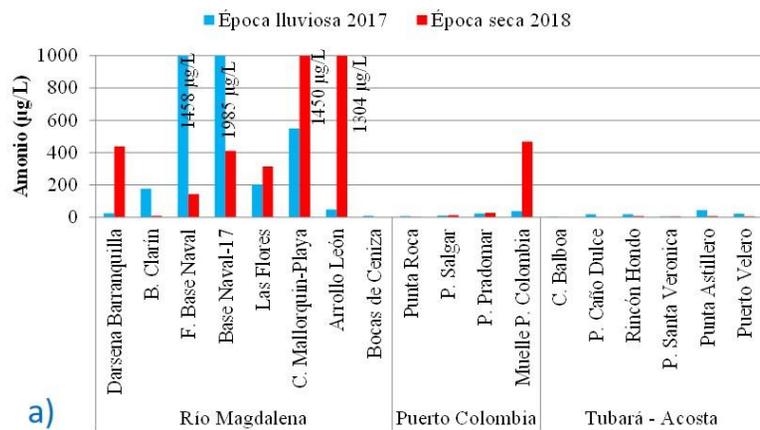


Figura 6.6. Concentración de nutrientes inorgánicos disueltos: a) amonio ($N-NH_4^+$), b) nitritos ($N-NO_2^-$), c) nitratos ($N-NO_3^-$) y d) ortofosfatos ($P-PO_4^{3-}$), en el agua superficial de las estaciones del departamento del Atlántico, durante los muestreos en las épocas lluviosa 2017 y seca 2018.

Las concentraciones de nitritos (N-NO_2^-), oscilaron entre menor al límite de cuantificación ($<0,7 \mu\text{g}$ de $\text{N-NO}_2^-/\text{L}$) y $633 \mu\text{g}$ de $\text{N-NO}_2^-/\text{L}$ (Figura 6.6b). Al igual que el amonio, las estaciones con mayor concentración de nitritos fueron la ciénaga de Mallorquín y el arroyo León en la época seca de 2018, por causa de los vertimientos de aguas residuales y condiciones subóxicas registradas en el arroyo León.

Los nitratos (N-NO_3^-) oscilaron entre menor del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM ($2,10 \mu\text{g}$ $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$) y $6.870 \mu\text{g}$ $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$ (Figura 6.6c). Las mayores concentraciones se registraron en las estaciones del río Magdalena, ciénaga Mallorquín y arroyo León, en la época seca de 2018. En relación al comportamiento histórico, el valor registrado en Dársena Barranquilla y Boca Caño Clarín, superó las concentraciones de los últimos siete años (2010-2017), mientras que en Frente a Base Naval, Base Naval -17, las Flores y Bocas de Ceniza las concentraciones de nitratos excedieron los valores máximos registrados en el monitoreo de la REDCAM ([INVEMAR, 2017a](#)).

Las mayores concentraciones de ortofosfatos (P-PO_4^{3-}) se registraron en las estaciones frente a Base Naval ($286 \mu\text{g}$ $\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$), en la época lluviosa de 2017; y ciénaga de Mallorquín ($407 \mu\text{g}$ $\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$) y arroyo León ($452 \mu\text{g}$ $\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$), en la época seca de 2018, debido a las afectaciones por las aguas residuales. Históricamente (2001 - 2017) las concentraciones de ortofosfatos han oscilado entre $0,38$ y $2.399 \mu\text{g}$ de $\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$. La concentración más elevada se registró en la estación arroyo León, en marzo de 2017 ([INVEMAR, 2017a](#)).

La calidad microbiológica del agua se evaluó con las concentraciones de coliformes totales (CTT), coliformes termotolerantes (CTE) y enterococos fecales (EFE). En las estaciones del río Magdalena, arroyo León y ciénaga Mallorquín, se registraron las mayores concentraciones de CTT y CTE (Tabla 6.1), las cuales superaron los límites máximos permisibles para el uso del agua por contacto primario ($1.000 \text{ NMP CTT}/100 \text{ mL}$ y $200 \text{ NMP CTE}/100 \text{ mL}$) y secundario ($5.000 \text{ NMP CTT}/100 \text{ mL}$;) y corroboran la contaminación por vertimientos de aguas residuales.

En las playas Salgar, Puerto Colombia, Santa Verónica y Pradomar, se registraron concentraciones de CTE por encima de $200 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018, por lo cual no eran aptas para el uso recreativo por contacto primario (natación y el buceo libre) según el criterio de calidad del Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)). Esta condición inadecuada se debe a vertimientos de agua residuales, por lo cual es necesario mejorar la gestión de los residuos, para reducir el impacto de las aguas residuales sobre el recurso hídrico, las personas que hacen uso del mismo, y de las actividades económicas en el sector turismo.

Tabla 6.1. Concentración de coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) en el agua superficial de las estaciones del departamento del Atlántico, durante las épocas lluviosa 2017 y seca 2018. No medido (-). Los límites permisibles para el uso del agua por contacto primario y por contacto secundario se tomaron del Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984).

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)			CTE (NMP/100 mL)		
		Época lluviosa 2017	Época seca 2018	Rango histórico	Época lluviosa 2017	Época seca 2018	Rango histórico
Río Magdalena	Dársena Barranquilla	>16000	1.700.000	3.500 – 3.900.000	2.800	1.700.000	2.000 – 4.500.000
	B. Clarín	920.000	54.000	230 – 33.500	920.000	54.000	37 – 27.100
	F. Base Naval	13.000.000	210.000	2.200 – 24.000.000	7.900.000	130.000	200 – 16.000.000
	Base Naval-17	1.700.000	6.300.000	9.200 – 2.419.600	400.000	2.600.000	3.500 – 1.600.000
	Las Flores	350.000	940.000	70 – 9.200.000	350.000	700.000	30 – 540.000
	C. Mallorquín-Playa	92.000	>160000	3 – 350.000	22.000	>160000	3 – 70.000
	Arrollo León	160.000	>16.000.000	450 – 540.000	35.000	16.000.000	2.400 – 160.000
	Bocas de Ceniza	7.900	35000	230 – 135.100	450	13000	2 – 92.000
Puerto Colombia	Punta Roca	1.600	540	78 – 50.000	1.600	350	20 – 50.000
	P. Salgar	5.400	5.400	78 – 20.000	5.400	1.300	20 – 3.500
	P. Pradomar	790	9.200	20 – 6.015	490	5.400	20 - 660
	Muelle P. Colombia	2.400	54.000	20 – 410.000	490	54.000	20 – 180.000
Tubará - Acosta	C. Balboa	920	240	2 – 17.000	540	79	2 – 13.000
	P. Caño Dulce	350	130	2 – 12.000	350	49	2 - 480
	Rincón Hondo	3.500	230	6,8 - 79	400	45	feb-49
	P. Santa Veronica	54.000	49	1,8 – 15.000	54.000	17	1,8 – 3.000
	Punta Astillero	790	130	1,8 – 9.200	490	79	1,8 – 9.200
	Puerto Velero	17	8	-	13	2	-
LP CP		1.000			200		
LP CS		5.000					

Las concentraciones de Enterococos fecales (EFE) en las estaciones de playa de importancia turística, se presentan en la Tabla 6.2. En la época lluviosa de 2017, en todas las playas las concentraciones de EFE representan un riesgo entre 1 y 5% de contraer enfermedades gastrointestinales agudas (EGI) y entre 0,3 y 1,9% de contraer enfermedades febriles agudas (ERFA; [OMS, 2003](#)). En la época seca de 2018, en la playa Puerto Colombia, se registraron 1.560 UFC/100 mL de EFE, superando los registros históricos de la REDCAM, lo cual representa un riesgo >10% de contraer EGI y >3,9% de contraer ERFA (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Concentración de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones de playa del departamento del Atlántico, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018 y rango histórico 2001-2016. El valor de referencia para riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales (EGI) y respiratoria febril aguda (ERFA), se tomó de la [OMS \(2003\)](#). No medido (-).

Zona	Estación	EFE (UFC/100mL)					
		Lluvia-2017	Rango histórico	Percentil 90	Seca-2018	Rango histórico	Percentil 90
Puerto Colombia	Punta Roca	136	14 - 64	54,8	78	36 - 149	137,7
	Playa de Salgar	70	5-48	37,2	174	0 - 125	90,8
	Playa Pradomar	86	18 - 231	229,2	480	7-98	38,6
	Playas Puerto Colombia	98	33 - 1720	1.570,6	1560	9-99	46
Tubará - Acosta	Playa Caño Dulce	57	4 - 103	90,6	14	0 - 204	63,3
	Playa Santa Veronica (2)	64	3 - 1.370	706	8,0	0 - 36	12,6
	Playa Punta Astillero	42	2 - 30	19,5	8,0	0 - 44	34,4
Valores de referencia OMS (2003)		≤40 UFC/100 mL, <1% de contraer EGI y <0,3% de contraer ERFA.					
		41–200 UFC/100 mL, 1 – 5% EGI, 0,3 y 1,9% ERFA					
		201–500 UFC/100 mL, 5–10% de EGI y 1,9–3,9% de ERFA.					
		>500 UFC/100 mL, >10% de EGI y >3,9% de ERFA					

Las concentraciones de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) oscilaron entre el límite de cuantificación del método usado en el LABCAM (<0,075 µg/L) y 2,68 µg/L (Figura 6.7), valores que no superaron la referencia para aguas costeras con contaminación baja (>5 <10 µg/L) y de aguas marinas contaminadas (>10 µg/L; [Zanardi et al., 1999](#); [Acuña-González et al., 2004](#)). La presencia de HPDD se asocia a la actividad turística, tráfico de lancha, actividades portuarias y vertimientos de aguas residuales ([Vivas-Aguas et al., 2014a](#)).

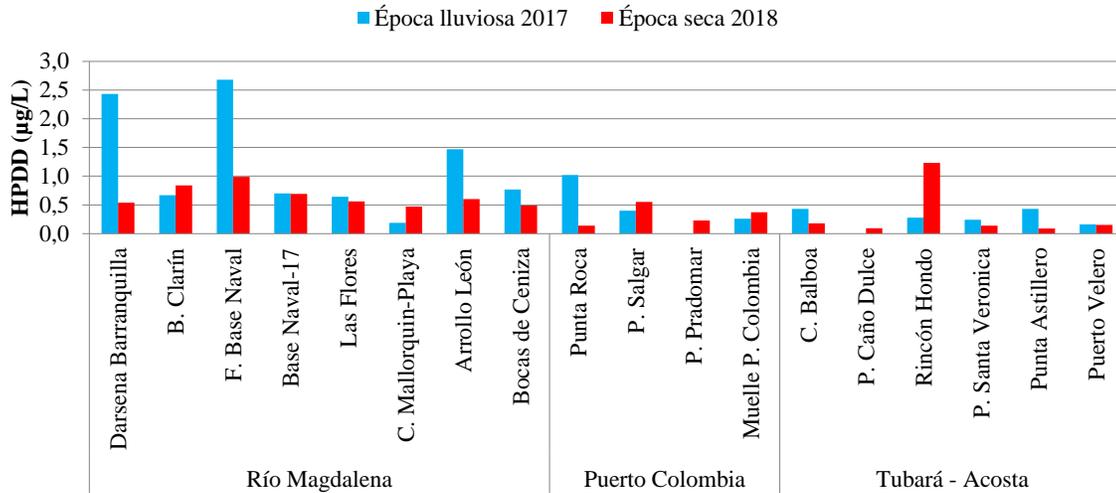


Figura 6.7. Concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) en el agua superficial en las estaciones del departamento del Atlántico, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018.

Entre los años 2001 y 2017, en las zonas de muestreo del departamento del Atlántico, las concentraciones promedio de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) han estado en el nivel de contaminación baja, de acuerdo con los valores de referencia ([Zanardi et al., 1999](#); [Acuña-González et al., 2004](#)), a excepción de las zonas de río Magdalena y Tubará Acosta en el 2001, cuando se registraron concentraciones por encima de 10 µg/L, calificando las aguas como contaminadas. En la zona Tubará-Acosta, la estación con mayor reporte de hidrocarburos en el año 2001 fue la ciénaga de Balboa con 8,4 µg de HPDD/L en el segundo semestre. Estos valores disminuyeron drásticamente en el tiempo y obedecieron a vertimientos puntuales industriales y domésticos en las estaciones de muestreo.

En las muestras de agua superficial tomada en las estaciones REDCAM en el Atlántico en épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018, no se detectaron ninguno de los 41 compuestos de plaguicidas organoclorados y organofosforados. En muestreos históricos (2001 a 2016) se han detectado algunos plaguicidas organoclorados como DDT en boca del caño Clarín en 2001 (10 ng/L) y 2008 (20,7 ng/L), Dársena Barranquilla (20,3 ng/L) en 2008, y en la ciénaga de Balboa (19,4 ng/L) en el 2010; Heptacloro total (heptacloro + heptacloroepóxido) en boca del caño clarín en 2001 (3,53 ng/L), 2002 (2,2 ng/L), 2008 (3,2 ng/L), bocas de Ceniza (7,6 ng/L) en 2007, y Dársena Barranquilla (3,2 ng/L) en 2008; y Endosulfán I en la ciénaga de Balboa (109 ng/L) en 2010 ([INVEMAR, 2017a](#)).

En las épocas lluviosa de 2017 y seca 2018, los metales plomo (Pb), cromo hexavalente (Cr⁺⁶) y níquel (Ni) estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR (<0,2 µg Pb /L y <12,5 µg Pb /L; <5,0 µg Cr⁺⁶/L; y <2,50 µg Ni/L y <7,5 µg Cr /L), concentraciones que están por debajo de los valores de referencia para efectos crónicos en aguas dulces y marinas ([Buchman, 2008](#)), por lo tanto no representaron un riesgo para la biota acuática.

En la época lluviosa 2017, el cadmio (Cd) disuelto se registró en las estaciones Punta Roca (0,28 µg Cd/L) y playa Pradomar (0,24 µg Cd/L), concentraciones que no superan el valor de referencia para efectos crónicos en organismos marinos y estuarinos (8,8 µg Cd/L; [Buchman, 2008](#)); en las demás estaciones el Cd estuvo por debajo del límite de cuantificación del método analítico usado en el LABCAM de INVEMAR (0,20 µg Cd/L). En la época seca 2018 en todas las estaciones el Cd estuvo por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica (2,5 µg Cd/L), cabe destacar que los límites de cuantificación del Cd en el muestreo 2018 cambiaron debido a un cambio en el método, no obstante, este valor está por debajo del valor de referencia para efectos crónicos en organismos marinos y estuarinos ([Buchman, 2008](#)).

En la época lluviosa 2017, el cobre (Cu) disuelto osciló entre el límite de cuantificación (1 µg Cu/L) y 2,74 µg Cu/L. Las mayores concentraciones se registraron en las estaciones Dársena Barranquilla (2,74 µg Cu/L), Boca del Caño Clarín (2,74 µg Cu/L), bocas de Ceniza (2,42 µg Cu/L), Rincón Hondo (2,32 µg Cu/L), y ciénaga Mallorquín (2,12 µg Cu/L). Sin embargo, estas concentraciones no superaron las referencias de efectos crónicos en organismos marinos (3,1 µg Cu/L) y en organismos de agua dulce (9 µg Cu/L) ([Buchman, 2008](#)). Al igual que para el Cd, el Cu en el muestreo de la época lluviosa 2018 estuvo por debajo del límite de detección de método analítico (2,5 µg Cu/L), valor que está por debajo de las referencias de efectos crónicos en organismos marinos y estuarinos ([Buchman, 2008](#)).

En la época lluviosa 2017, el zinc (Zn) disuelto se registró en las estaciones ciénaga Mallorquín (12,2 µg Zn/L), Muelle de Puerto Colombia (12,8 µg Zn/L), y punta Astillero (26,6 µg Zn/L), los cuales no superaron la referencia de efectos crónicos en organismos marinos y estuarinos (81 µg Zn/L) ([Buchman, 2008](#)). En la época seca 2018, el Zn se registró en casi todas las estaciones, en concentraciones que oscilaron entre (10,1 y 22,1 µg Zn/L), valores por debajo de la referencia de efectos crónicos en organismos ([Buchman, 2008](#)).

En la época lluviosa 2017, el hierro (Fe) disuelto fluctuó entre 13,8 y 358 µg Fe/L, las mayores concentraciones se registraron en las estaciones boca del caño Clarín (358 µg Fe/L), bocas de Ceniza (197 µg Fe/L), ciénaga de Mallorquín (98,5 µg Fe/L) y Dársena Barranquilla (90,7 µg Fe/L), los cuales superaron el valor de referencia de efectos crónicos en los organismos acuáticos marinos y estuarinos (50 µg Fe/L; [Buchman, 2008](#)). Las demás estaciones no superaron los 50 µg Fe/L. En la época seca 2018, el Fe se registró en casi todas las estaciones, en concentraciones que oscilaron entre (19,0 y 80,5 µg Zn/L), valores por debajo de la referencia de efectos crónicos en organismos ([Buchman, 2008](#)).

6.2.1 Calidad del agua de acuerdo con del ICAM_{PPF}

La aplicación del ICAM_{PPF} mostró que en la época lluviosa de 2017, la calidad del agua superficial del 17% de las estaciones evaluadas fue adecuada, el 8% aceptable, 50% inadecuada y 25% pésima (Figura 6.8). La proporción de estaciones con calidad inadecuada y pésima está asociada a los contenidos altos de SST, coliformes termotolerantes y nutrientes inorgánicos que se asocian a vertimientos de aguas residuales.

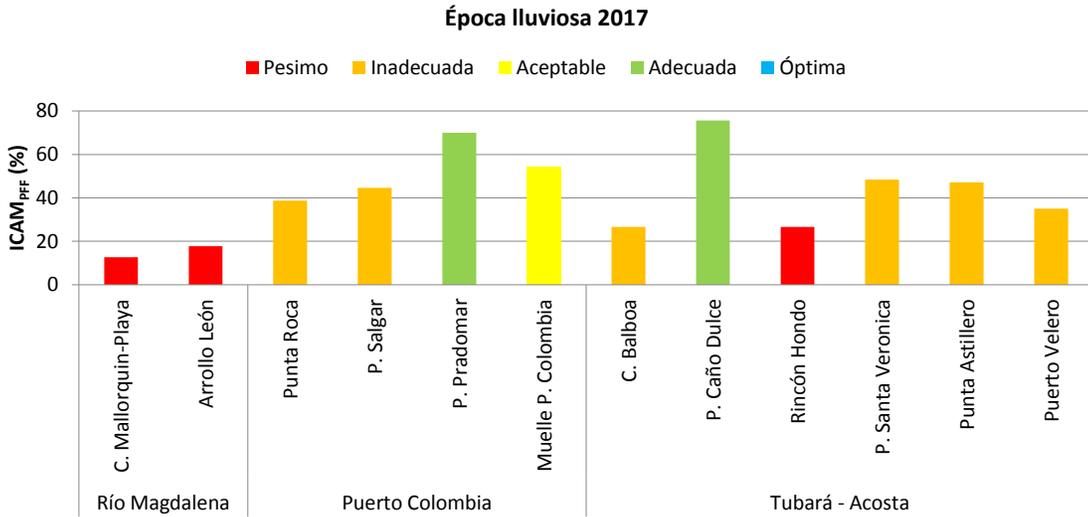


Figura 6.8. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas del departamento del Atlántico, en el muestreo de la época lluviosa de 2017, evaluada con el del ICAM_{PPF}.

En la época seca de 2018, disminuyó el número de estaciones con aguas de calidad inadecuada (33%), aceptable (0%) y adecuada (25%), se mantuvo la proporción de estaciones con calidad pésima (25%) y aumentó el número de estaciones con calidad óptima (17%) para la preservación de flora y fauna (Figura 6.9). Se recomienda implementar un seguimiento más frecuente en estos sistemas y que se inicie el estudio de los efectos de los contaminantes sobre organismos, con el fin de generar insumos para una gestión más eficiente de los ecosistemas marinos y costeros del departamento. Asimismo, es importante implementar acciones de inversión para el tratamiento de las aguas residuales municipales costeras, para reducir el impacto de estos residuos en el recurso hídrico marino del departamento.

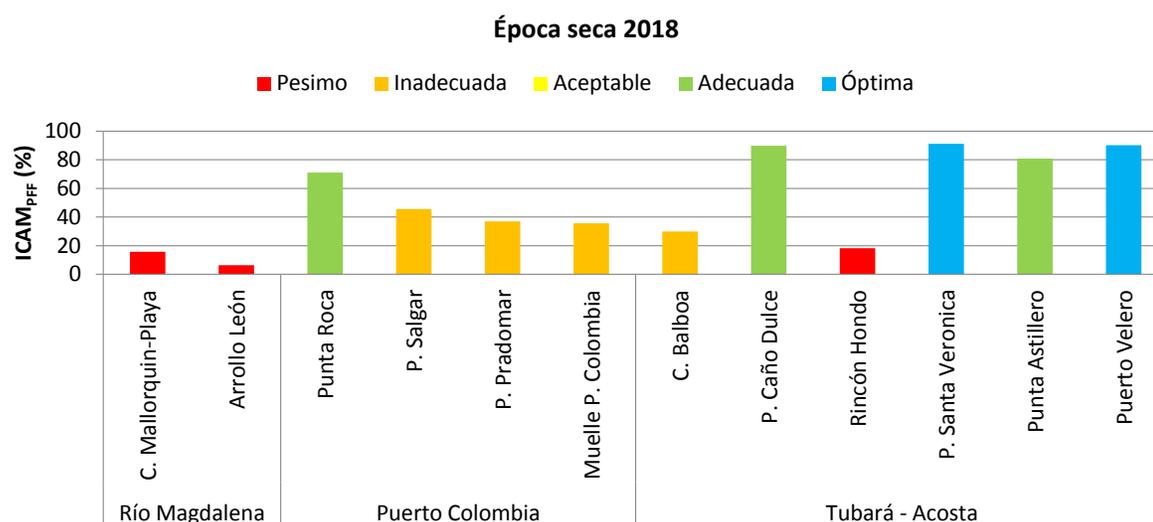


Figura 6.9. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas del departamento del Atlántico en el muestreo de la época seca de 2018, evaluada con el del ICAM_{PFF}.

6.3 CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS

La calidad de los sedimentos fue evaluada en 13 estaciones del departamento del Atlántico. La granulometría se realizó en los sedimentos colectados en la época seca de 2018 (Tabla 6.3). En las estaciones de playas, ciénagas y el arroyo León, los sedimentos están conformados principalmente por arenas (tamaño de 125 μm) y lodos (tamaños <63 μm); en las estaciones del río Magdalena, los sedimentos son principalmente lodos, con tamaños <63 μm .

La materia orgánica oxidable (MO) fue analizada en los sedimentos colectados en las dos épocas, lluviosa de 2017 y seca de 2018. En las estaciones de playas, ciénagas y el arroyo León, la MO osciló entre 0,97 y 43 mg/g en peso seco; mientras que los sedimentos de las estaciones del río Magdalena, osciló entre 14,9 y 27,9 mg/g en peso seco (Tabla 6.3).

Tabla 6.3. Granulometría y contenido de materia orgánica oxidable (MO) en el sedimento colectado en la época seca de 2018 en las estaciones del departamento del Atlántico. No medido (-).

Estación	Granulometría en época seca 2018							MO (mg/g p.s.)	
	% 2 mm	% 1 mm	% 0,5 mm	% 250 μm	% 125 μm	% 63 μm	% <63 μm	Lluviosa 2017	Seca 2018
P. Santa Verónica	<0,20	<0,20	0,24	6,23	86,3	6,86	0,36	4,05	0,97
C. Balboa	<0,20	0,20	0,38	7,67	82,70	5,41	3,60	4,85	3,99
Muelle P. Colombia	<0,20	<0,20	<0,20	13,20	82,40	3,85	0,42	0,99	1,22
C. Mallorquín-Playa	2,74	2,33	4,55	20,5	49,5	12,3	8,06	7,27	4,20
Rincón Hondo	<0,20	0,57	12,4	78,5	7,86	<0,20	0,41	2,40	3,98
Puerto Velero	<0,20	<0,20	<0,20	4,61	78,4	13,0	3,96	3,10	4,38
Arroyo León	1,48	1,30	1,91	7,85	38,1	14,7	34,7	43,0	6,37
Bocas de Ceniza	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Las Flores	<0,20	0,45	0,24	0,61	0,5	13,5	84,7	14,9	16,6
Base Naval -17	-	-	-	-	-	-	-	-	15,7
F. Base Naval	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B. Clarín	0,38	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,88	98,5	23,0	21,4
Dársena Barranquilla	0,54	<0,20	<0,20	0,20	0,37	3,32	95,5	27,9	-

En los sedimentos colectados en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018, se midieron 16 hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). En la mayoría de las estaciones, la concentración de hidrocarburos se encontró por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR, con excepción de la estación arroyo León en la época lluviosa de 2017, en donde se registró Naftaleno (7,30 ng/g), Fenantreno (14,5 ng/g), Fluoranteno (14,8 ng/g), Pireno (16,0 ng/g), Benzo(a) Antraceno (10,7 ng/g), criseno (16,8 ng/g), Benzo(b) Fluoranteno (10,4 ng/g), Benzo(k) Fluoranteno (6,7 ng/g), Benzo(a) Pireno (12 ng/g), Indeno(1,2,3-cd) Pireno (7,9 ng/g) y Benzo(g,h,i) Perilene (7,6 ng/g); y en la estación boca del caño clarín en donde se registró fenantreno (10,1 ng/g) en la época lluviosa de 2017 y naftaleno (7 ng/g) en la época seca de 2018. Cabe destacar que estas concentraciones no superaron los valores de referencia de efecto umbral en organismos bentónicos descritos en [Buchman \(2008\)](#).

Los 41 plaguicidas medidos en los sedimentos de las estaciones de muestreo en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018, estuvieron por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada en el LABCAM del INVEMAR en la mayoría de las estaciones, con excepción del Heptacloro en las estaciones Las Flores (17,4 ng/g) y boca del caño Clarín (22,2 ng/g), en la época lluviosa de 2017.

En la Tabla 6.4, se presentan las concentraciones de metales pesados totales (Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Fe y Hg) medidos en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018. Durante el muestreo de la época lluviosa de 2017, en estaciones cercanas de las zonas río Magdalena y Puerto Colombia, se registraron concentraciones de Pb, Cr, Cu, Zn y Ni, en concentraciones por encima del valor de referencia efecto umbral (TEL) descrito en [Buchman \(2008\)](#); y en las estaciones Boca del Caño Clarín y Dársena Barranquilla, concentraciones de Cr por encima del valor de referencia PEL descrito en [Buchman \(2008\)](#). Teniendo en cuenta los resultados, es importante que se sigan monitoreando estos metales, para conocer su comportamiento y evaluar su biodisponibilidad y otros factores que lo controlan.

Tabla 6.4. Concentración de metales pesados totales (en peso seco) en los sedimentos de algunas estaciones del departamento del Atlántico, colectados en las épocas lluviosa 2017 y seca de 2018. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de [Buchman \(2008\)](#). Sin referencia (-). Valores con el signo (<) corresponden al límite de cuantificación del método utilizado en el LABCAM. Los valores resaltados con amarillo superan la referencia TEL y los resaltados con naranja superan la referencia PEL. Las estaciones de agua dulce están sombreadas con color gris.

Estación	Plomo (µg Pb/g p.s.)		Cadmio (µg Cd/g p.s.)		Cromo (µg Cr/g p.s.)		Cobre (µg Cu/g p.s.)		Zinc (µg Zn/g p.s.)		Níquel (µg Ni/g p.s.)		Hierro (mg Fe/g p.s.)		Mercurio (ng Hg/g p.s.)	
	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18	Lluvia-17	Seca-18
Arroyo León	22,4	<12,5	<12,5	<2,50	28,9	<5,00	32	<2,50	109	10,1	42,6	10,1	30,9	80,5	56,9	15,7
C. Mallorquín-Playa	<15,0	<12,5	<12,5	<2,50	34,9	<5,00	8,78	<2,50	58,6	<5,00	<15,0	<5,00	34,3	19	5,98	30,5
Bocas de Ceniza	33,2	<12,5	<12,5	<2,50	74,4	<5,00	44,4	<2,50	154	17,1	32,3	17,1	45,9	25,3	98,3	-
Las Flores	30,3	<12,5	<12,5	<2,50	73,4	<5,00	37,5	<2,50	142	22,1	23,7	22,1	43,4	29,6	78,1	119
Base Naval -17	28,9	-	<12,5	-	75,1	-	39,3	-	150	-	21,9	-	38,7	-	95	99,1
F. Base Naval	36,7	<12,5	<12,5	<2,50	72,1	<5,00	45,2	<2,50	165	16,3	22,1	16,3	31,9	44	174	-
B. Clarín	36,4	<12,5	<12,5	<2,50	93,6	<5,00	46,7	<2,50	168	21,7	34,2	21,7	44,5	59,4	174	125
Dársena Barranquilla	25,5	<12,5	<12,5	<2,50	94,9	<5,00	46,7	<2,50	167	17,2	31,5	17,2	42,1	70,8	102	-
P. Santa Verónica	<15,0	<12,5	<12,5	<2,50	34,1	<5,00	<5,00	<2,50	59,2	5,62	<15,0	5,62	23,4	<12,5	8,31	<3,00
Rincón Hondo	22,5	<12,5	<12,5	<2,50	<20,0	<5,00	<5,00	<2,50	30,2	11,2	<15,0	11,2	18,3	<12,5	4,34	4,63
C. Balboa	28,4	<12,5	<12,5	<2,50	58,3	<5,00	5,2	<2,50	88,2	<5,00	<15,0	<5,00	42,7	38,1	3,74	-
Muelle P. Colombia	20,4	<12,5	<12,5	<2,50	34,8	<5,00	<5,00	<2,50	69	<5,00	<15,0	<5,00	28,7	<12,5	3,41	<3,00
Puerto Velero	23,2	-	<12,5	-	33,5	-	<5,00	-	67,4	-	<15,0	-	24,2	-	8,72	9,66
Ref. TEL Mar/estu	30,2		-		52,3		18,7		124		15,9		-		130	
Ref. PEL Mar/estu	112		-		160		108		271		42,8		-		700	
Ref. TEL dulce	35		-		37,3		35,7		123		18		-		174	
Ref. PEL dulce	91,3		-		90		197		315		36		-		486	

6.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El cálculo del ICAM_{PFF} mostró que la calidad del agua superficial en la mayoría de las estaciones REDCAM del departamento del Atlántico, estuvo entre inadecuada y pésima para la preservación de flora y fauna acuática, debido a que las condiciones fisicoquímicas y las concentraciones de contaminantes estuvieron afectadas por vertimientos de aguas residuales.
- ❖ La calidad sanitaria de las aguas en las playas Salgar, Puerto Colombia, Santa Verónica y Pradomar fue inadecuada para el uso recreativo, ya que sobrepasaron los criterios de calidad para el contacto primario según la normativa nacional, debido a la contaminación por vertimientos de aguas residuales.
- ❖ Usando valores de referencia internacionales, se puede concluir que el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento del Atlántico no presenta contaminación por hidrocarburos del petróleo disuelto y disperso, ni por residuos de plaguicidas, ni por los metales Cd, Pb, Cr, Ni, Cu, Zn y Fe.
- ❖ En el sedimento de las estaciones de muestreo en el Atlántico, se registraron hidrocarburos aromáticos policíclicos y plaguicidas organoclorados, los cuales no presentan riesgo para biota bentónica, ya que no superan las referencias de la NOAA para efectos adversos.
- ❖ Los metales totales Cr, Cu, Zn y Ni en las estaciones del río Magdalena, estuvieron por encima de la referencia de efecto umbral en la biota acuática descrito por la NOAA, por lo cual se requiere dar continuidad en el monitoreo y evaluar la biodisponibilidad y efectos de estos metales en los organismos bentónicos.

BOLÍVAR

Por: Luisa F. Espinosa



Playa Blanca, isla Barú, Bolívar. Foto: Jennifer López

EQUIPO TÉCNICO CARDIQUE

Mady Carolina García – Jefe de Oficina Laboratorio
Ildelfonso Castro – Profesional Especializado
Manuel Ricardo Hernández – Profesional Universitario

7. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR

La línea de costa del departamento de Bolívar, presenta diferentes tipos de accidentes geográficos entre los que sobresalen las bahías de Cartagena y de Barbacoas. La bahía de Cartagena enmarca la capital del departamento de Bolívar y consta de dos partes, una externa conectada con el mar Caribe a través de dos bocas (Bocachica y Bocagrande); y una interna ubicada en la parte norte, que no está directamente comunicada con el mar ([Cañón et al., 2007](#)). La bahía de Barbacoas, al igual que la bahía de Cartagena, tiene características de estuario debido a los aportes de aguas continentales del Canal del Dique a través de las bocas Lequerica y Matunilla que fueron abiertas con el fin de disminuir la carga de sedimentos que inicialmente llegaban a la bahía de Cartagena ([Gómez et al., 2009](#)).

En la zona costera del departamento están presentes una serie de ecosistemas estratégicos, como corales, pequeñas extensiones de praderas de fanerógamas marinas, playas de arena, y lagunas costeras rodeadas por manglares ([Gómez-Cubillos et al., 2015](#)). Los arrecifes coralinos se ubican principalmente en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, constituyendo la mayor cobertura sobre la plataforma continental colombiana ([Zarza-González, 2011](#)).

La bahía de Cartagena tiene gran importancia para el país, ya que en ella confluyen actividades productivas como el turismo, la pesca artesanal, la industria y los servicios portuarios, para lo cual cuenta con uno de los puertos más importantes del Caribe colombiano, con más de 50 muelles y cinco astilleros. En la bahía se ubican industrias de gran envergadura, como refinería de petróleo, productoras de sustancias químicas, plásticos, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, curtiembres, cementeras, metalmecánicas, entre otras; además de pequeñas y medianas industrias localizadas en sus alrededores ([SPRC, 2009](#)). En la bahía ha habido un notable aumento del tráfico marítimo comercial que ha requerido la realización de dragados para mantener la navegabilidad de la bahía ([UNAL, 2002; 2007](#)); y por otra parte, tiene un gran aporte de aguas continentales a través del canal del Dique ([Cañón et al., 2007](#)), los cuales descargan gran cantidad de sedimentos que influyen en la calidad ambiental de la bahía y afectan los ecosistemas allí presentes ([Restrepo y Totic, 2017; Totic et al., 2017](#)). A su vez, hay vertimientos de aguas residuales doméstica e industriales y vertimientos de hidrocarburos en sus diferentes formas que generan contaminación a la bahía ([Cañón et al., 2007](#)).

El presente capítulo contiene el diagnóstico de la calidad de las aguas y sedimentos marinos y costeros durante los monitoreos realizados en el segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018. La información del diagnóstico es útil para la gestión ambiental y el manejo integral del ambiente marino por parte de la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique - CARDIQUE.

7.1 ZONAS DE MONITOREO

El departamento de Bolívar cuenta con 32 estaciones de monitoreo que se distribuyen en cinco zonas: Costa Norte, Bahía Afuera, Bahía de Cartagena, Bahía de Barbacoas y la zona de Islas que comprende las islas de Barú y del Rosario (Figura 7.1). No obstante, en el presente informe solo se presentan los resultados del monitoreo de 14 estaciones, ubicadas en las zonas Bahía

Afuera, Bahía de Cartagena y Costa Norte que fueron monitoreadas por CARDIQUE, en el primer semestre del 2018.

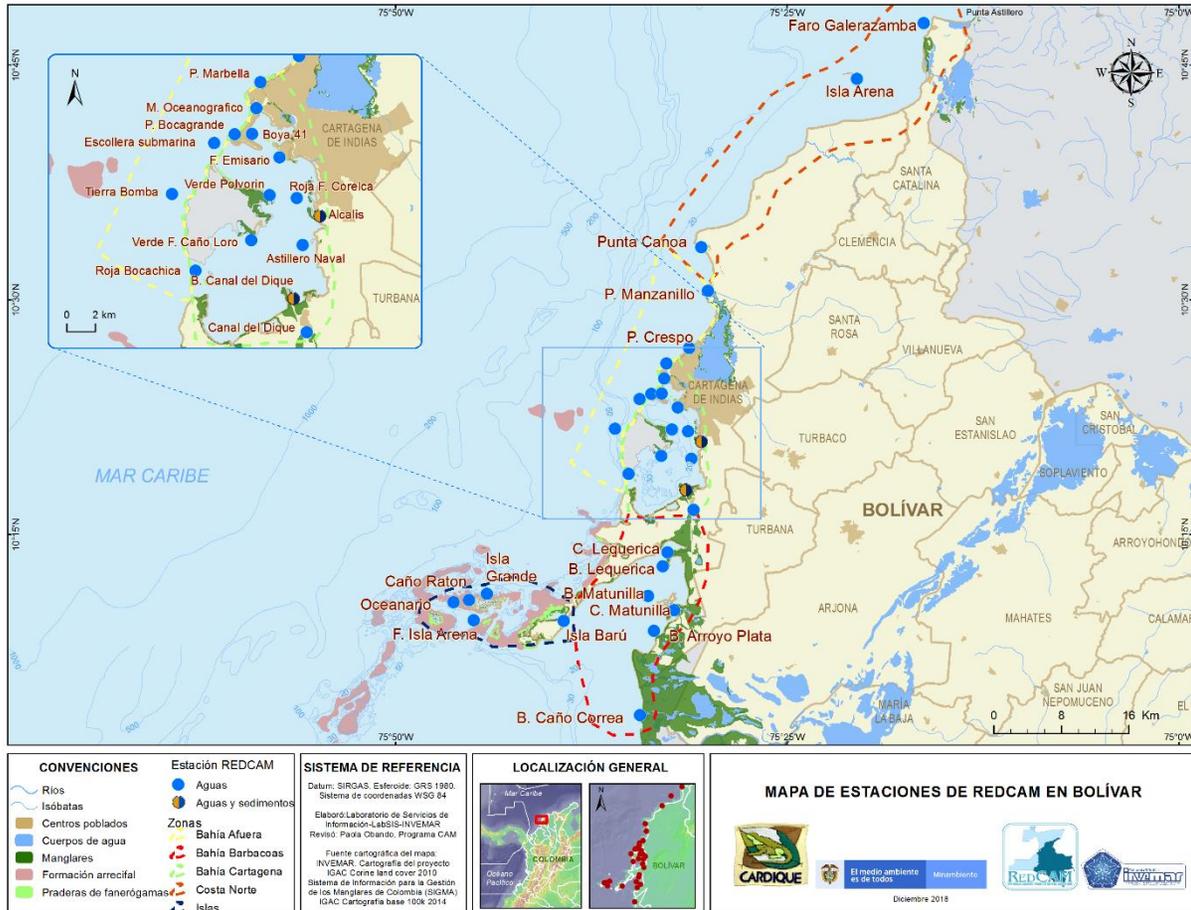


Figura 7.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Bolívar. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolores (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo.

En la zona de **Costa Norte** se ubican cuatro estaciones: Faro 101 Galerazamba, frente isla Arena, Boca y Punta Canoa. En la zona **Bahía Afuera**, se encuentran las estaciones de playas turísticas de Crespo, Marbella, Manzanillo y Bocagrande, y dos estaciones ubicadas cerca de la isla Tierra Bomba, la Escollera submarina y Tierra Bomba. En la zona **Bahía de Cartagena**, en la zona interna y externa, se ubican 11 estaciones de muestreo, correspondientes al Canal del Dique y a la zona industrial de Mamonal, en dos de las estaciones de esta zona, se muestrea sedimento (Figura 7.1).

Durante el segundo semestre 2017, no se realizó el muestreo REDCAM, por lo tanto, en este informe se reportan los resultados del muestreo realizado por CARDIQUE los días 27 y 28 de febrero y 7 de marzo 2018, en adelante época seca 2018, debido a que de acuerdo con [IDEAM, \(2018c\)](#), en marzo de 2018 no se registraron precipitaciones.

7.2 CALIDAD DE AGUAS

Para determinar la calidad de las aguas superficiales marinas y costeras del departamento de Bolívar, se evaluaron las variables salinidad, oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos totales, nutrientes inorgánicos disueltos, microorganismos indicadores de contaminación fecal y metales pesados, en estaciones de las zonas Bahía Afuera, Bahía Cartagena y Costa Norte.

La salinidad del agua superficial de las estaciones del departamento de Bolívar durante el muestreo de la época seca 2018, se presenta en la Figura 7.2. Teniendo como referencia la escala de clasificación de las aguas descrita en [Knox \(2001\)](#), en el primer muestreo 2018, el agua de la mayor parte de las estaciones, se clasifica como aguas marinas mesohalinas (>30-34), con excepción de la estación Boya Roja No. 1 que se clasifica como marina oligohalina (>17-30) y la estación Desembocadura del Canal del Dique que es agua dulce. Estos resultados están dentro de los registros históricos de la REDCAM, donde se evidencia que en las épocas secas, el agua de la zona costera del departamento tiene altas salinidades, ya que disminuyen los aportes de agua dulce.

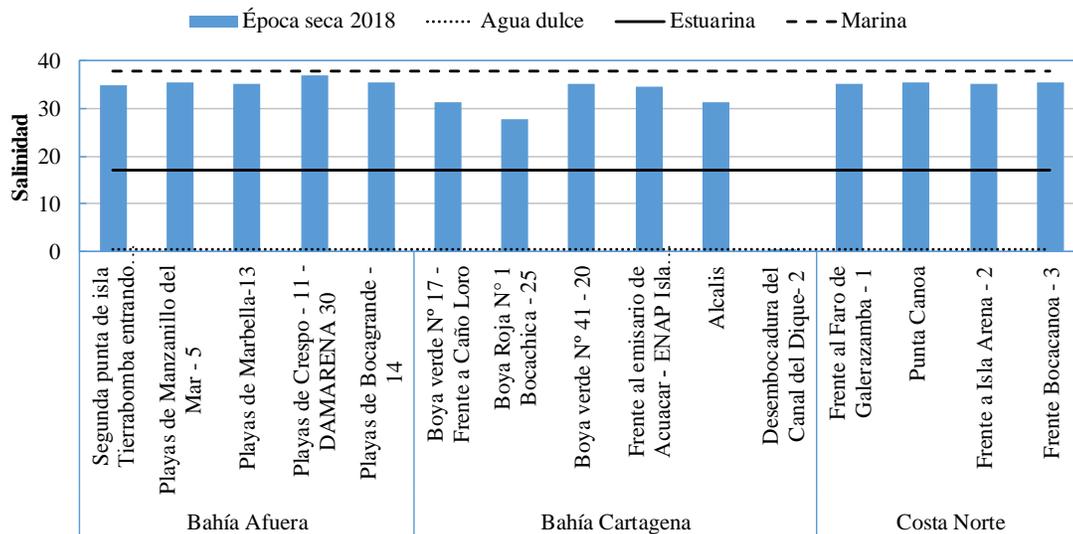


Figura 7.2. Salinidad del agua superficial de las estaciones del departamento de Bolívar, durante el muestreo de la época seca 2018. Las líneas horizontales indican los rangos de clasificación de las aguas por salinidad propuestos por [Knox \(2001\)](#): agua dulce (<0,5), agua salobre (>0,5-17), agua marina (>17-38) y salmuera (>38).

La concentración de oxígeno disuelto (OD), durante el muestreo de la época seca 2018, osciló entre 5,42 y 6,52 mg O₂/L; valores por encima del criterio de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulces, marinas y estuarinas, según el Decreto 1594 de 1984 (4 mg O₂/L; [MinSalud, 1984](#); Figura 7.3), indicado condiciones aptas para los organismos que habitan en las zonas de muestreo.

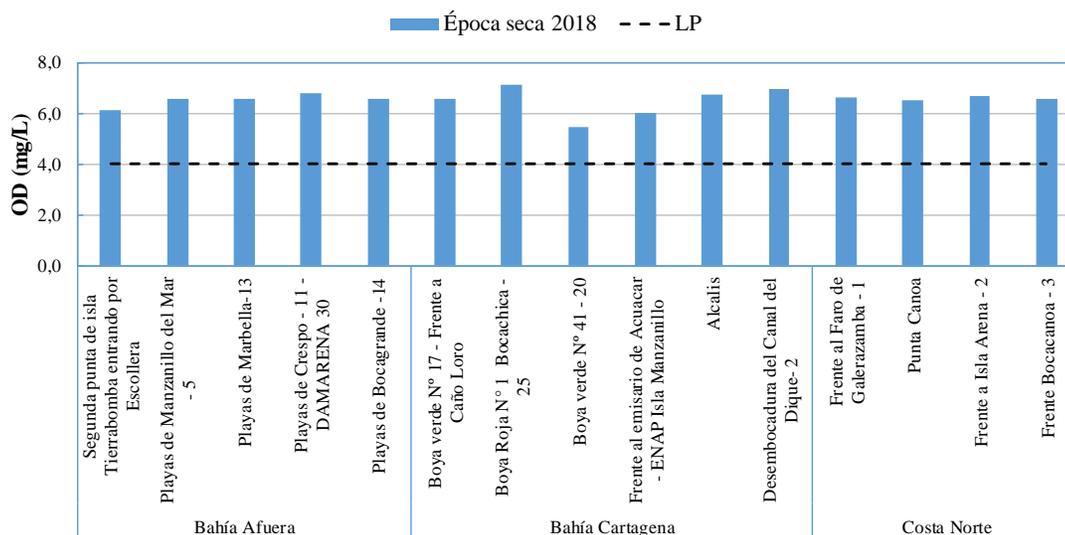


Figura 7.3. Concentración de oxígeno disuelto en el agua superficial de las estaciones del departamento de Bolívar, durante el muestreo de la época seca 2018. La línea punteada indica el nivel permisible para la preservación de flora y fauna establecido en el Decreto 1594 de 1984 (>4,0 mg de O₂/L; [MinSalud, 1984](#)).

Durante el muestreo de la época seca 2018, el pH osciló entre 5,42 y 7,83 (Figura 7.4). En la mayoría de las estaciones, los valores de pH estuvieron dentro de los criterios de calidad para el uso de preservación de flora y fauna en aguas marinas y estuarinas (6,5 -8,5; [MinSalud, 1984](#)), con excepción de la estación Boya Verde No. 41 donde se presentó el valor más bajo (5,42), que está por debajo del mínimo permisible, esta estación se ubica en el centro de la bahía de Cartagena y recibe aportes de la ciénaga de Las Quintas que acarrear altas concentraciones de materia orgánica, la cual al descomponerse libera CO₂, causando el descenso del pH. Si bien en el monitoreo no contempla mediciones directas de materia orgánica, el descenso del pH, así como el menor valor de oxígeno disuelto en esta estación (Figura 7.3), son indicadores de esta condición de aumento de la materia orgánica.

Cabe destacar que los valores de pH registrados en esta época, estuvieron dentro de los rangos históricos de la REDCAM ([INVEMAR, 2017a](#)).

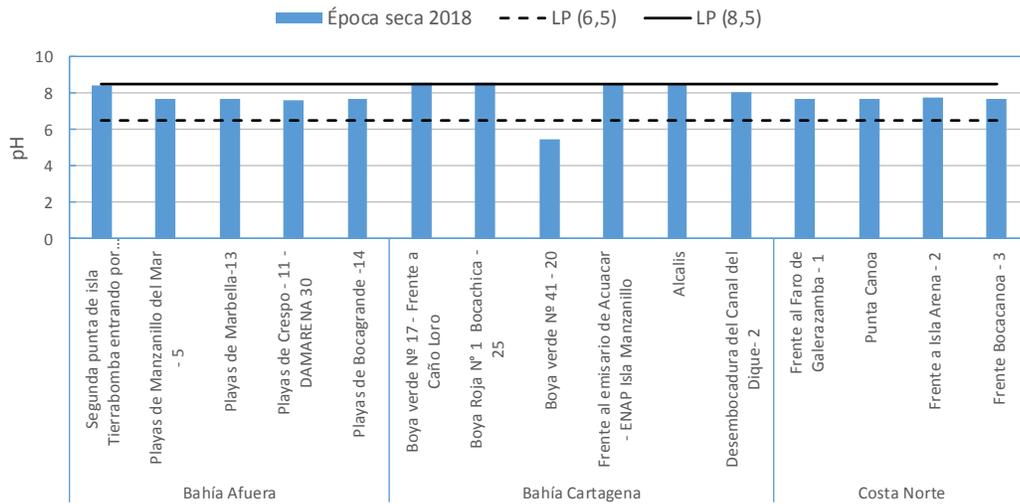


Figura 7.4. pH del agua superficial de las estaciones del departamento de Bolívar, durante el muestreo de la época seca 2018. Las líneas negras continuas y punteadas corresponden al rango permisible para preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulces, marinas y estuarinas, establecidos en el Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984).

Las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) en el agua de las estaciones del departamento de Bolívar, durante el muestreo de la época seca 2018, se presentan en la Figura 7.5. De acuerdo con la clasificación de calidad de las aguas propuesta por CONAGUA (2015), la mayor parte de las estaciones tuvo calidad entre buena (<25 mg/L) y aceptable (>25 ≤75 mg/L), con excepción de la estación desembocadura del Canal del Dique que presentó una mala calidad (contaminación: >150 mg/L). Cabe destacar que este resultado se debe a que los principales aportes de material suspendido durante todo el año provienen del río Magdalena, a través del Canal de Dique que además determina las condiciones hidrodinámicas de la bahía (Lonin et al., 2004; Tosic et al., 2017).

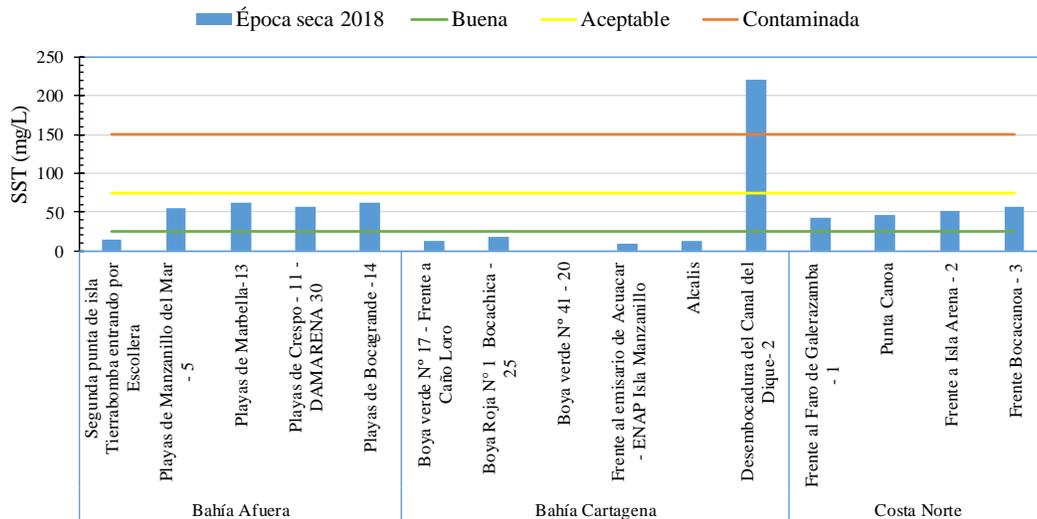


Figura 7.5. Concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Bolívar, durante el muestreo de la época seca 2018. Las líneas de color indican los rangos de clasificación de calidad de las aguas propuesto por CONAGUA (2015).

Las concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos, nitratos (N-NO_3^-), nitritos (N-NO_2^-) y ortofosfatos (P-PO_4^{3-}), determinados en el agua de las estaciones del departamento de Bolívar, durante el muestreo de la época seca de 2018, se muestran en la Figura 7.6. El amonio, en todas las estaciones muestreadas, estuvo por debajo del límite de cuantificación ($<576 \mu\text{g/L}$) del método analítico usados en el laboratorio de CARDIQUE.

La concentración más alta de nitratos, se registró en la estación segunda Punta de Isla, de la zona Bahía afuera ($2455 \mu\text{mg/L}$). En las estaciones de la zona Bahía Cartagena, las mayores concentraciones se registraron en la desembocadura del Canal del Dique y en la estación Canal del Dique, encontrándose en concentraciones dentro de los rangos históricos de la REDCAM ([INVEMAR, 2017a](#)); en las estaciones de la zona Costa Norte, las concentraciones de este nutriente, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico usados en el laboratorio de CARDIQUE ($<10,4 \mu\text{g/L}$).

Durante el muestreo de la época seca de 2018, en el 62% de las estaciones del departamento de Bolívar, las concentraciones de nitritos estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico usado en el laboratorio de CARDIQUE ($2,2 \mu\text{g/L}$). En la zona Bahía afuera, las concentraciones más altas se registraron en las playas de Manzanillo y Bocagrande; en la zona Bahía de Cartagena, al igual que para los nitratos, las mayores concentraciones de nitritos se registraron en la desembocadura del Canal del Dique y en la estación Canal del Dique, evidenciando aportes de nutrientes a la bahía, provenientes del río Magdalena.

La concentración de fosfatos, solamente estuvo por encima del límite de cuantificación del método analítico usados en el laboratorio de CARDIQUE ($40 \mu\text{g/L}$) en las estaciones de las playas de Manzanillo y de Marbella, en la zona Bahía Afuera. Este resultado evidencia aportes de aguas continentales provenientes de las ciénagas de La Virgen y Juan Polo ([INVEMAR, 2018a](#)).

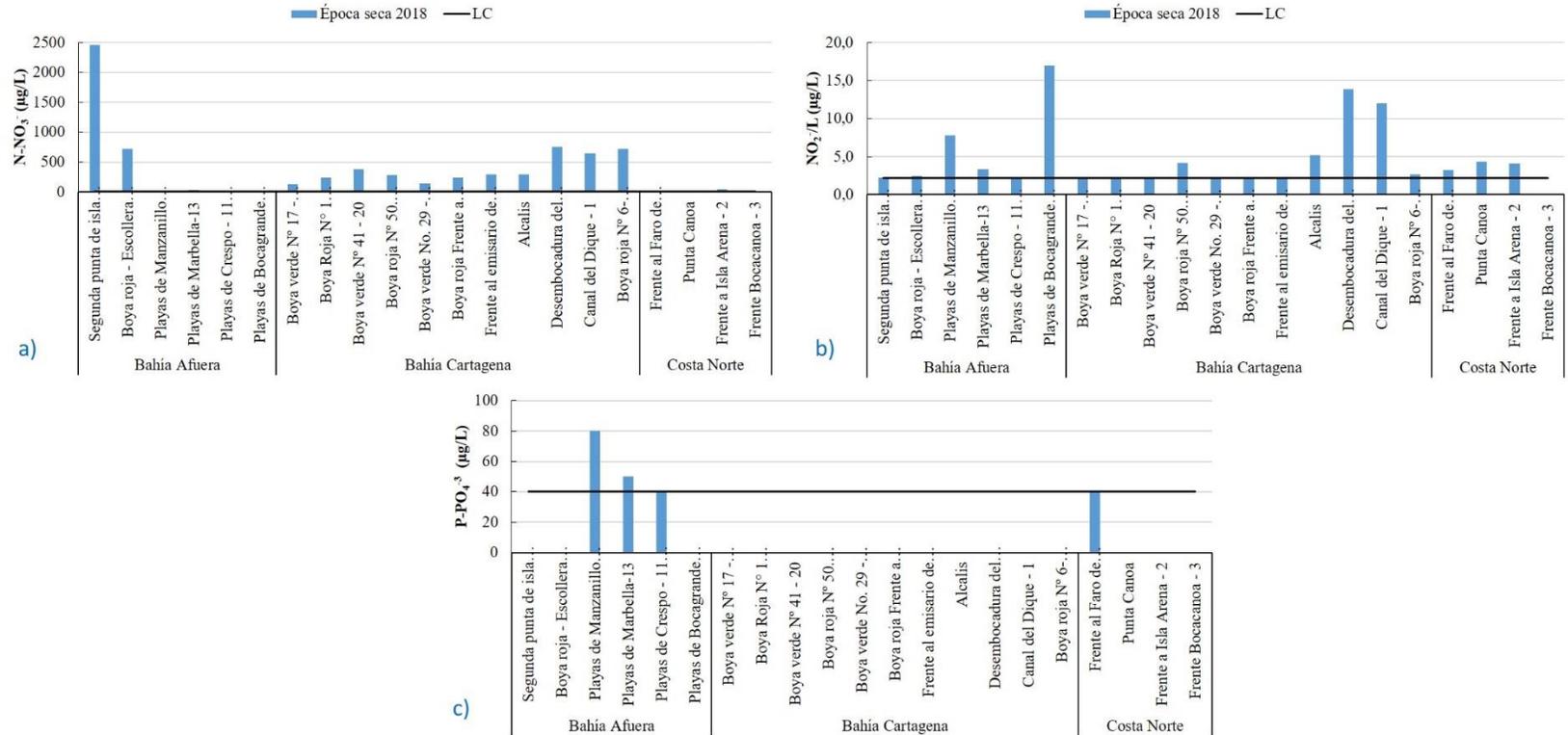


Figura 7.6. Concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos: a) nitratos (N-NO₂⁻), b) nitritos (N-NO₃⁻) y c) ortofosfatos (P-PO₄⁻³), en el agua superficial de las estaciones de muestreo del departamento de Bolívar, durante el muestreo de la época seca 2018.

La calidad sanitaria del agua en las estaciones del departamento de Bolívar, durante el muestreo de la época seca 2018, se determinó mediante la evaluación de microorganismos indicadores de contaminación fecal, como coliformes totales (CTT) y coliformes termotolerantes (CTE). Como se observa en la Tabla 7.1, las concentraciones de CTT, en la mayoría de las estaciones se encuentra por encima del límite permisible para contacto primario, definido en el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)); y en la estación Desembocadura del Canal del Dique, donde se registró la mayor concentración de CTT, este valor está por encima del límite permisible para contacto secundario. Los CTE, solamente sobrepasaron el límite permisible para contacto primario en las estaciones Playas de Manzanillo del Mar, Álcalis y Desembocadura del Canal del Dique. Las concentraciones altas de estos indicadores en la desembocadura del Dique evidencian la mala calidad del agua del río Magdalena. El resultado de la playa de Manzanillo del Mar, unido a las elevadas concentraciones de nutrientes (Figura 7.6), ratifican que esta zona está influenciada por las descargas de la ciénaga de La Virgen.

Tabla 7.1. Concentración de coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Bolívar, durante la época seca 2018. No medido (-). Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y secundario se tomaron del Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)).

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)			CTE (NMP/100 mL)		
		Época seca 2018	Rango histórico	Percentil 90	Época seca 2018	Rango histórico	Percentil 90
Bahía Afuera	Segunda punta de isla Tierra Bomba entrando por Escollera	4	<1,8-1300	780	2	<1,8-1300	551
	Playas de Manzanillo del Mar - 5	1.300	<1,8-1200000	1080043	450	<1,8-4000	3,609
	Playas de Marbella-13	2.300	<1,8-6300	1,652	200	<1,8-1000	461
	Playas de Crespo - 11 - DAMARENA 30	1.300	<1,8-580000	116,32	<1,8	<1,8-11000	3,419
	Playas de Bocagrande -14	1.700	3-300000	60,763	<1,8	2,0-34000	3,841
Bahía Cartagena	Boya verde N° 17 - Frente a Caño Loro	330	4-350000	1,94	78	<1,8-4500	940
	Boya Roja N° 1 Bocachica - 25	920	6,8-4500	1,7	130	<1,8-1300	908
	Boya verde N° 41 - 20	20	1,8-17000	6,48	20	<1,8-7500	2,19
	Frente al emisario de Acuacar - ENAP Isla Manzanillo	<18	<1,8-240000	8,2	<18	<1,8-240000	5,08
	Álcalis	5.400	2-360000	118,8	330	<1,8-92000	43,7
	Desembocadura del Canal del Dique- 2	92.000	28-2400000	398	6.300	<1,8-490000	210
Costa Norte	Frente al Faro de Galerazamba - 1	4.900	<1,8-520000	209,62	<1,8	<1,8-18000	9,085
	Punta Canoa	2.300	<1,8-23000	18,498	<1,8	<1,8-3100	2,839
	Frente a Isla Arena - 2	7.900	<1,8-160000	32,192	<1,8	<1,8-2700	572
	Frente Bocacanoa - 3	2.300	<1,8-170000	102,172	<1,8	1,8-7500	4,509
Límite permisible contacto primario		1.000			200		
Límite permisible contacto secundario		5.000			-		

Otro indicador de calidad sanitaria del agua, son los Enterococos fecales (EFE). En la Tabla 7.2, se observa que las estaciones de las playas de Marbella y de Crespo, Desembocadura del Canal del Dique, Punta Canoa y Frente Bocacanoa, las concentraciones de EFE están en el rango de concentraciones en el que hay un riesgo de entre 1 y 5% de contraer enfermedad gastrointestinal (EGI) y entre 0,3 y 1,9% de contraer enfermedad respiratorio febril aguda (ERFA), de acuerdo con la referencia propuesta por la [OMS \(2003\)](#).

Tabla 7.2. Concentración de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones de playa del departamento de Bolívar, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018 y el rango histórico 2001-2016. El valor de referencia para el riesgo de contraer enfermedades Gastrointestinales (EGI) y Respiratoria Febril Aguda (ERFA) fue tomado de la OMS (2003). No medido (-).

Zona	Estación	EFE (NMP/100 mL)
		Época seca 2018
Bahía Afuera	Segunda punta de isla Tierra Bomba	<1
	Playa de Manzanillo del Mar - 5	90
	Playa de Marbella-13	52
	Playa de Crespo - 11 - DAMARENA 30	110
	Playa de Bocagrande -14	31
Bahía Cartagena	Boya verde N° 17 - Frente a Caño Loro	11
	Boya Roja N° 1 Bocachica - 25	8
	Boya verde N° 41 - 20	1
	Frente al emisario de Acuacar - ENAP Isla Manzanillo	<1
	Álcalis	7
	Desembocadura del Canal del Dique- 2	200
Costa Norte	Frente al Faro de Galerazamba - 1	<1
	Punta Canoa	100
	Frente a Isla Arena - 2	10
	Frente Bocacanoa - 3	41
Valores de referencia OMS (2003)	≤40 UFC/100 mL, <1% de contraer EGI y <0,3% de contraer ERFA.	
	41–200 UFC/100 mL, 1 – 5% EGI, 0,3 y 1.9% ERFA	
	201–500 UFC/100 mL, 5–10% de EGI y 1,9–3,9% de ERFA.	
	>500 UFC/100 mL, >10% de EGI y >3,9% de ERFA	

Los metales pesados disueltos en el agua, solo se midieron en algunas estaciones de las zonas Bahía Afuera y Costa Norte. De los metales analizados, el cromo (Cr), cobre (Cu), zinc (Zn) y níquel (Ni), estuvieron por debajo del límite de detección del método analítico utilizado por CARDIQUE (Tabla 7.3).

Las concentraciones de plomo (Pb) oscilaron entre 39 y 62 µg/L, registrándose el valor más alto en la estación Punta Canoa. El cadmio (Cd) osciló entre 5,0 y 7,0 µg/L, la mayor concentración se registró en la estación playa de Marbella. El mercurio (Hg), solamente se pudo cuantificar en las estaciones playa de Marbella, playa de Bocagrande y Punta Canoa. Cabe destacar que las concentraciones de Pb estuvieron por encima del valor de referencia para efectos crónicos en organismos acuáticos marinos, y por debajo de la referencia para efectos agudos. Los demás metales (Cd, Cr, Zn, Ni y Hg) no superaron los valores de referencia para efectos crónicos y para efectos agudos sobre la biota acuática ([Buchman, 2008](#); [CONAMA, 2005](#) y [EPA, 2016](#)).

Tabla 7.3. Concentraciones de metales pesados disueltos en el agua superficial de las estaciones del departamento de Bolívar, durante el muestreo de la época seca 2018. Valores con el símbolo (<) indica el límite de cuantificación del método analítico utilizado en el laboratorio de CARDIQUE. Los valores de referencia para efectos crónicos y agudos fueron tomados de [Buchman \(2008\)](#), [CONAMA \(2005\)](#) y [EPA \(2016\)](#).

Zona	Estación	Pb (µg/L)	Cd (µg/L)	Cr (µg/L)	Cu (µg/L)	Zn (µg/L)	Ni (µg/L)	Hg (µg/L)
Bahía Afuera	Playas de Manzanillo del Mar - 5	56	5,0	<25	<20	<10	<25	<0,5
	Playa de Marbella-13	48	7,0	<25	<20	<10	<25	0,7
	Playa de Crespo - 11 - DAMARENA 30	44	5,0	<25	<20	<10	<25	<0,5
	Playa de Bocagrande -14	45	5,0	<25	<20	<10	<25	0,6
Costa Norte	Frente al Faro de Galerazamba - 1	39	6,0	<25	<20	<10	<25	<0,5
	Punta Canoa	62	6,0	<25	<20	<10	<25	0,7
	Frente a Isla Arena - 2	58	5,0	<25	<20	<10	<25	<0,5
	Frente Bocacanoa - 3	44	7,0	<25	<20	<10	<25	<0,5
Valores de referencia para efectos crónicos		8,1	8,8	50	-	81	-	0,94
Valores de referencia para efectos agudos		65	40	-	-	90	74	1,8

7.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

En la Tabla 7.4 se muestran las concentraciones de los metales Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn y Hg medidos en los sedimentos de las estaciones Desembocadura del Canal del Dique y Álcalis en la época seca de 2018. Ninguno de los metales superó el valor de referencia para efectos umbral y probable en organismos bentónicos marinos, estuarino y de agua dulce.

Tabla 7.4. Metales pesados totales (en peso seco) en los sedimentos de algunas estaciones de Bolívar, colectados en la época seca de 2018. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de [Buchman \(2008\)](#). Sin referencia (-). Las estaciones de agua dulce están sombreadas con color gris

Estación	Cd (µg/g)	Cu (µg/g)	Cr (µg/g)	Ni (µg/g)	Pb (µg/g)	Zn (µg/g)	Hg (ng/g)
Desembocadura Canal del Dique - 2	0,38	10,33	5,59	8,53	2,9	34,29	0,18
Álcalis	0,39	13,01	7,21	4,91	1,1	35,0	0,08
Ref. TEL Mar/estu	-	18,7	52,3	15,9	30,2	124	130
Ref. PEL Mar/estu	-	108	160	42,8	112	271	700
Ref. TEL dulce	-	35,7	37,3	18	35	123	174
Ref. PEL dulce	-	197	90	36	91,3	315	486

7.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ Las aguas marinas y costeras en las estaciones evaluadas en la época seca de 2018 en Bolívar tienen valores de oxígeno disuelto y pH adecuados para la preservación de flora y fauna acuática.
- ❖ Aunque las concentraciones de coliformes totales en el agua de las playas Crespo, Marbella, y Bocagrande estuvieron por encima del criterio de calidad para el uso recreativo por

contacto primario, los resultados de coliformes termotolerantes y de enterococos fecales indican que estas playas presentan aguas con condiciones microbiológicas adecuada para su uso por bañista, al cumplir con el criterio de calidad nacional y tener bajos riesgos de contraer enfermedades gastrointestinales y respiratorias febril según la guía de la Organización Mundial de la Salud.

- ❖ En el agua superficial de las estaciones REDCAM Bolívar evaluadas, no se observó contaminación por los metales Cd, Cr, Ni, Cu y Zn, ya que las concentraciones registradas estuvieron por debajo de los valores de referencia internacionales para efectos crónicos y agudos en la biota acuática. Se requiere continuar con las mediciones de estos metales en los sitios de importancia ambiental impactados por aguas residuales domesticas e industriales y monitorear los aportes de metales pesados al ambiente marino por el Canal del Dique.
- ❖ En el sedimento de las estaciones de la Desembocadura del Canal del Dique y Álcalis, no presentan contaminación por los metales Cd, Cr, Pb, Cu, Ni, Zn y Hg, ya que no superaron los valores de referencia de efectos umbral y probables en la biota bentónica marina, estuarina y de agua dulce descrito por la NOAA.

SUCRE

Por: Paola Sofía Obando Madera



Ciénaga La Caimanera, Sucre. Foto: Gustavo Lara

EQUIPO TÉCNICO CARSUCRE

Tulio R. Ruiz Álvarez – Director Técnico de Laboratorio de Calidad Ambiental de Morrosquillo
Liceth Herrera Benavides – Coordinador de Calidad del Laboratorio de Calidad Ambiental de Morrosquillo
Yerman Sierra Zapata – Técnico de Campo
Leonardo Ruiz Gómez - Técnico de Campo
Gustavo Gabriel Galindo – Técnico de Campo

8. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE SUCRE

La zona costera del departamento de Sucre está comprendida por los municipios de Coveñas, Santiago de Tolú y San Onofre, en el golfo de Morrosquillo. Es un sistema costero influenciado por los vientos alisios que provienen del noreste (NE) que determinan los periodos con bajas y altas precipitaciones, y contribuyen con los procesos de erosión costera ([Ricaurte y Bastidas, 2017](#)). Con un ciclo anual de precipitaciones monomodal, siendo los meses de enero y febrero los de menores lluvias, y entre mayo y noviembre, los periodos lluviosos, siendo octubre el mes con mayores precipitaciones; época durante la cual en el municipio de Santiago de Tolú se ha registrado un acumulado anual de 1.337 mm ([Ricaurte-Villota et al., 2018](#)).

De acuerdo con [Ricaurte-Villota et al. \(2018\)](#), en el golfo de Morrosquillo la geomorfología costera está condicionada por sus playas y costas lodosas, en donde las playas están interrumpidas por manglares, algunos sectores de acantilados con terrazas coralinas y costas artificiales, lo cual condiciona que más del 50 % de la línea de costa se califique con una amenaza por erosión entre alta y media.

En cuanto a las actividades socioeconómicas, la ganadería intensiva corresponde a la actividad agropecuaria más importante, y los cultivos de maíz, arroz, ñame, yuca son los más destacados en la actividad agrícola ([MinAgricultura, 2016a](#)); además se ubican puertos de actividades pesqueras como PezTolú y las terminales petroleras de ECOPETROL y OCENSA; además, se desarrollan actividades de almacenamiento, cargue y descargue de combustible y turismo que generan residuos sólidos y líquidos que dependiendo del tipo de disposición final son considerados fuentes de contaminación.

El presente capítulo contiene el diagnóstico de la calidad de las aguas y sedimentos marinos y costeros durante los monitoreos realizados en el segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018. La información del diagnóstico es útil para la gestión ambiental y el manejo integral del medio ambiente marino por parte de la Corporación Autónoma Regional de Sucre - CARSUCRE.

8.1 ZONAS DE MONITOREO

La REDCAM cuenta con 32 estaciones para evaluar la calidad de las aguas marinas y costeras del departamento de Sucre, las cuales se distribuyen en tres zonas principales: la zona de **San Onofre**, que se extiende desde Matatigre hasta el islote Santa Cruz y cuenta con cuatro estaciones; la zona de **Golfo Afuera**, que comprende cinco estaciones ubicadas desde el golfo de Morrosquillo hasta la estación del Golfo 7 y tiene gran influencia de aguas marinas y actividades industriales de cargue y exportación de productos de pesca, cemento y combustibles; y la zona **Tolú-Coveñas** que tiene 23 estaciones y comprende desde el golfo frente a Berrugas hasta el arroyo Villeros. Esta última se caracteriza por presentar una alta actividad turística y cuenta con un mayor aporte dulceacuícola y de aguas estuarinas (Figura 8.1).

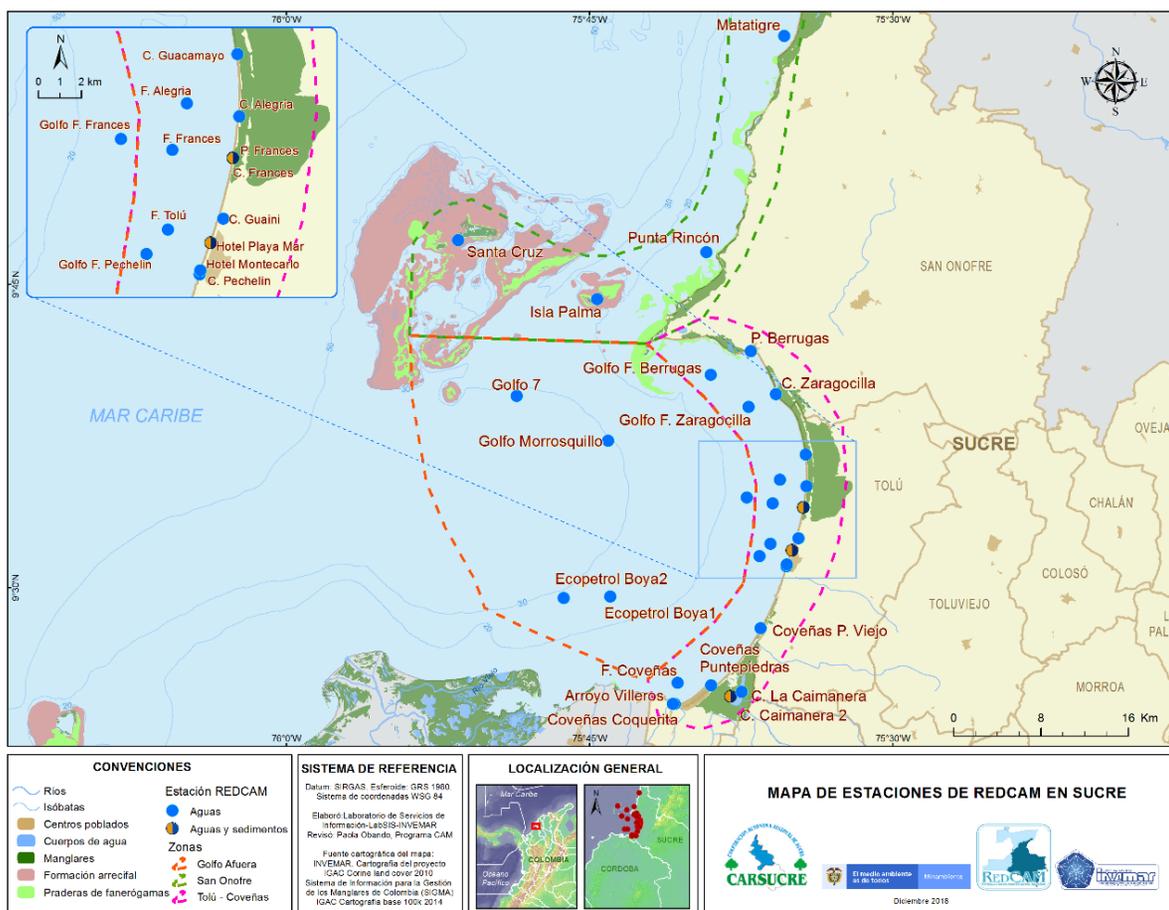


Figura 8.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Sucre. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolors (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo.

Los muestreos fueron realizados por el INVEMAR con el apoyo operativo de funcionarios de CARSUCRE, entre los días 9 y 10 de octubre de 2017 (de ahora en adelante segundo semestre 2017) y en los días 5, 6 y 8 de marzo de 2018 (de ahora en adelante primer semestre 2018). Para los muestreos las precipitaciones en octubre 2017 estuvieron entre los 150 y 300 mm, y en marzo 2018 las precipitaciones no superaron los 20 mm (IDEAM, 2018b).

8.2 CALIDAD DE AGUAS

El análisis de las condiciones fisicoquímicas de las aguas superficiales marinas y costeras mostró que durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018 la salinidad estuvo entre 0,3 y 35,3 (Figura 8.2). Teniendo en cuenta las categorías propuestas por [Knox \(2001\)](#), en el segundo semestre 2017 el agua superficial de las estaciones en las zonas de San Onofre y Golfo Afuera, se calificó como agua marina con características mesohalinas y en el primer semestre 2018 como agua marina polihalina. Mientras que en Tolú-Coveñas el agua se clasificó entre agua dulce y polihalina, lo que refleja la influencia de los arroyos y caños que desembocan al mar. Cabe destacar que en las estaciones donde está presente el ecosistema de manglar, como ciénaga La Caimanera, ciénaga la Caimanera 2, caño Francés y caño Guacamayo, se registraron las mayores variaciones de salinidad entre los muestreos.

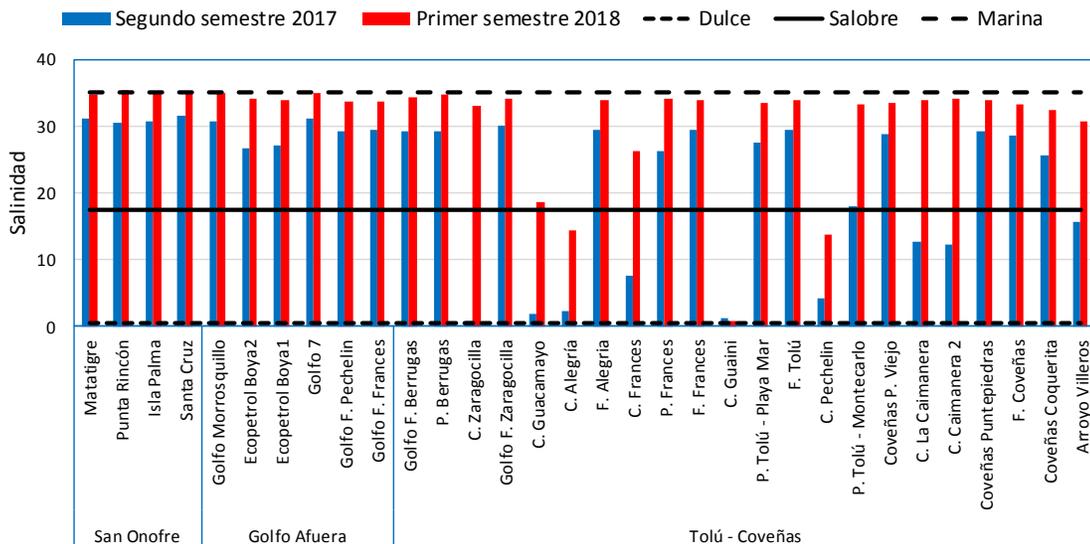


Figura 8.2. Salinidad del agua superficial de las estaciones del departamento de Sucre, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. Las líneas horizontales indican los rangos de clasificación de las aguas por salinidad propuestos por [Knox \(2001\)](#): agua dulce (<0,5), agua salobre (>0,5-17), agua marina (>17-38) y salmuera (>38).

El oxígeno disuelto (OD), estuvo entre 0,78 y 8,89 mg O₂/L durante el segundo semestre 2017 y en el primer semestre 2018 osciló entre 4,16 y 7,79 mg O₂/L (Figura 8.3). En la mayoría de las estaciones las concentraciones de oxígeno disuelto estuvieron por encima del criterio de calidad para la preservación de flora y fauna (>4,0 mg O₂/L; [MinSalud, 1984](#)). Sin embargo, en caño Guainí, durante el segundo semestre 2017, se registraron bajas concentraciones de oxígeno disuelto, con un registro de 0,47 mg O₂/L, valor muy por debajo de, mínimo permitido para preservación de fauna y flora ([MinSalud, 1984](#)), lo cual está asociado con el incremento de materia orgánica que se refleja en las altas concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno (87 mg/L) y carbono orgánico total (2,82 mg C/L), reflejando la incidencia de las descargas de aguas residuales domesticas sin tratamiento.

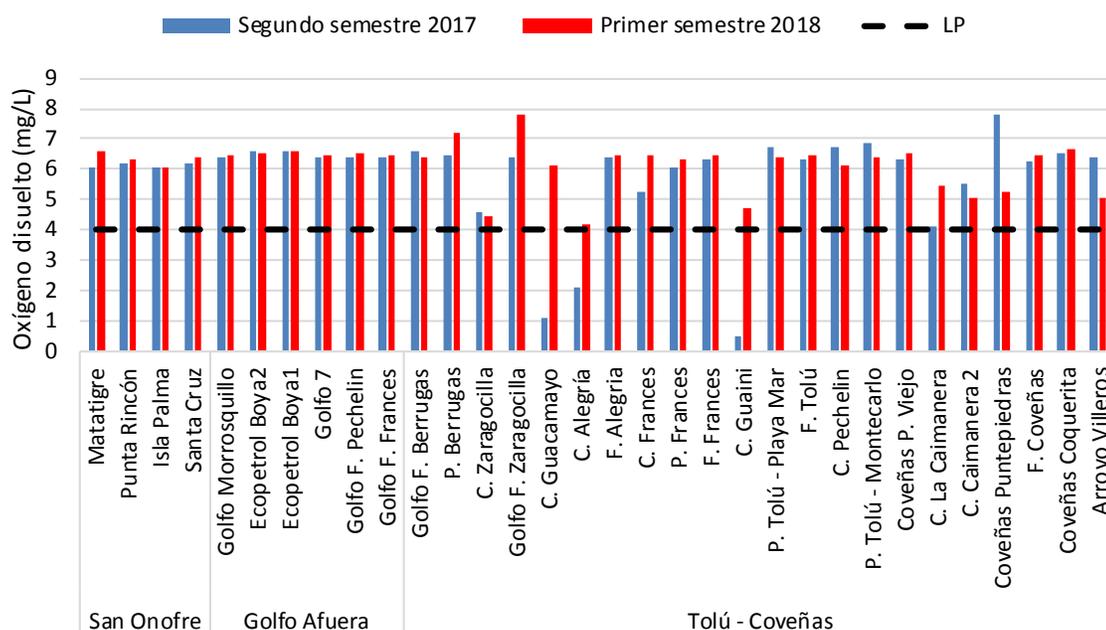


Figura 8.3. Concentración de oxígeno disuelto en el agua superficial de las estaciones del departamento de Sucre, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. La línea punteada indica el nivel permisible para la preservación de flora y fauna establecido en el Decreto 1594 de 1984 (>4,0 mg de O₂/L; [MinSalud, 1984](#)).

En la Figura 8.4 se presentan los valores de pH registrados en el segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, los cuales oscilaron entre 7,14 y 8,38, estando dentro de los rangos permisibles para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce, marinas y estuarinas según el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)). Sin embargo, en la zona Tolú-Coveñas, las estaciones de agua dulce como caño Zaragocilla, Guacamaya, Francés, Alegría, Guainí y Pechelín, se registraron valores de pH cercanos al límite para aguas dulces ([MinSalud, 1984](#)) lo que refleja la variabilidad a la que se encuentran expuestos por los tensores naturales y por las descargas que reciben de las actividades antropogénicas.

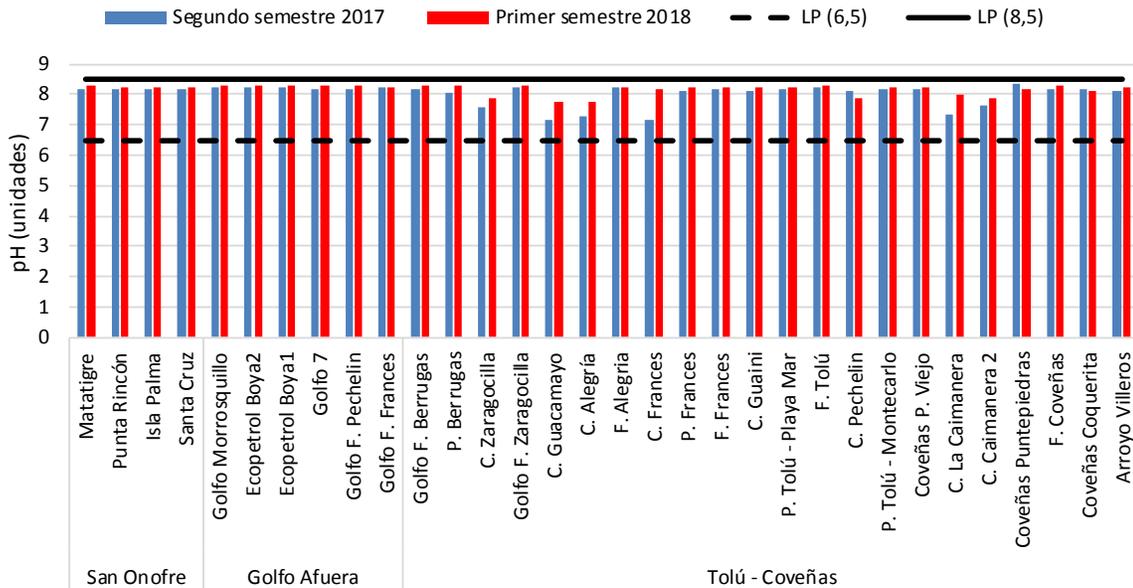


Figura 8.4. pH del agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento de Sucre, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. Las líneas negras indican los límites permisibles para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas establecido en el Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984).

Las mayores concentraciones de sólidos suspendidos Totales (SST), se registraron en la zona Tolú-Coveñas, en las estaciones caño Francés (268 mg/L) y Coveñas Coquerita (157 mg/L), durante el muestreo del primer semestre 2018, concentraciones que indican contaminación, de acuerdo a los rangos propuestos por CONAGUA, (2015) (>150 mg/L), lo cual puede estar relacionado con la posible ocurrencia de vertimientos puntuales de residuos líquidos y sólidos. Las demás estaciones estuvieron en el rango de buena calidad (>25≤75 mg/L), durante las dos épocas de muestreo, con excepción de las estaciones playa Caño Francés, playa Tolú-Montecarlo y arroyo Villeros que estuvieron en el rango de calidad aceptable (>75≤150 mg/L) durante el primer semestre 2018 (Figura 8.5), lo cual se podría relacionar con la presencia de tensores difusos por las actividades que realizan los bañistas, debido a que ésta es una zona turística.

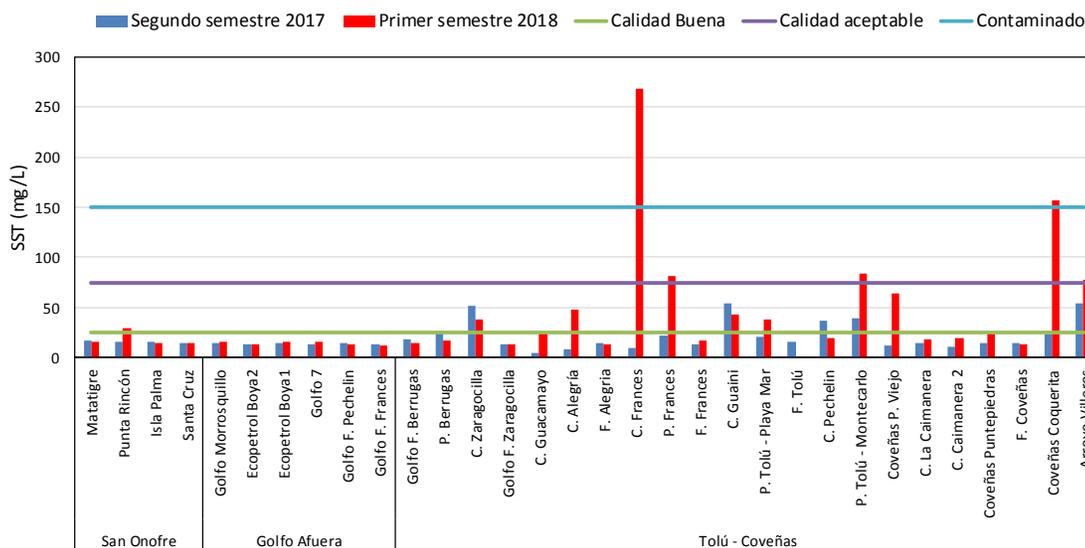


Figura 8.5. Concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Sucre, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. Las líneas de color indican los rangos de clasificación de calidad de las aguas propuesto por CONAGUA (2015).

En la Figura 8.6 se presentan los resultados de las mediciones de nutrientes inorgánicos disueltos, amonio ($N-NH_4^+$), nitritos ($N-NO_2^-$), nitratos ($N-NO_3^-$) y ortofosfatos ($P-PO_4^{3-}$), medidos durante el segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. En cuanto al amonio ($N-NH_4^+$, Figura 8.6a), osciló entre menor al límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada en el LABCAM de INVEMAR ($<3,1 \mu g N-NH_4^+/L$) y $19.414 \mu g N-NH_4^+/L$, presentándose en el primer semestre 2018 la mayor concentración en caño Guainí, situación que ha sido recurrente y que ha evidenciado la incidencia de los vertimientos de residuos líquidos y sólidos que además han influido en las bajas concentraciones de oxígeno disuelto y en las altas concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno y carbono orgánico total.

Los nitritos ($N-NO_2^-$, Figura 8.6b) se encontraron en concentraciones entre menor al límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada en el LABCAM de INVEMAR ($<0,7 \mu g$ de $N-NO_2^-/L$) y $26,1 \mu g$ de $N-NO_2^-/L$, registrándose las mayores concentraciones durante el segundo semestre de 2017 en comparación con el primer semestre 2018, en particular en las estaciones de la zona Tolú-Coveñas, caño Zaragocilla, Guainí y Pechelín. En esta zona, históricamente se han registrado las mayores concentraciones de nitritos, lo cual está relacionado con la constante producción de descargas de residuos sólidos y líquidos, debido a que en esta zona se desarrolla mayor actividad turística y están presentes los principales centros urbanos.

Diagnóstico y Evaluación de Calidad de Aguas Marinas y Costeras del departamento de Sucre

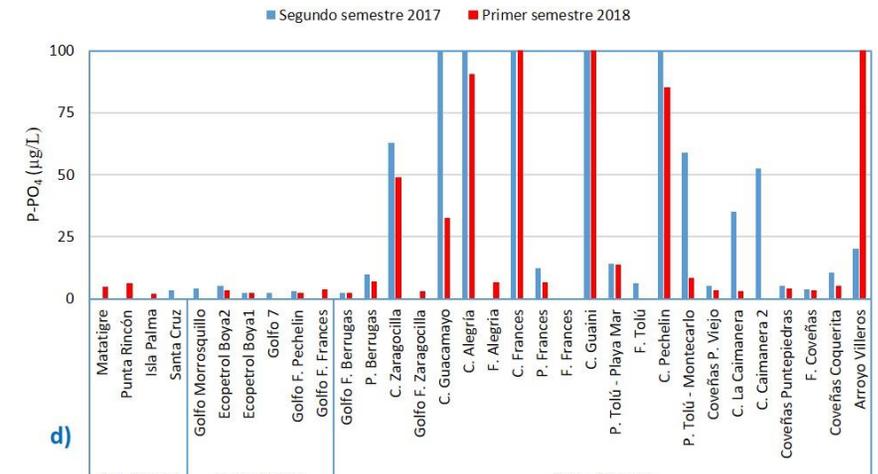
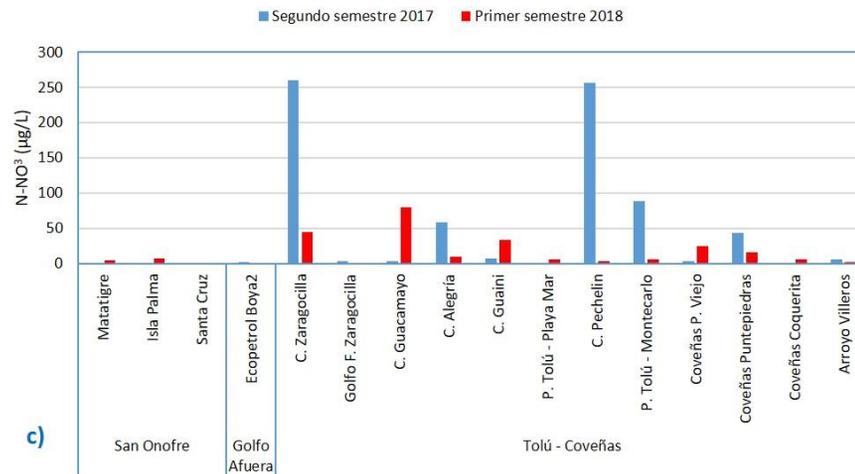
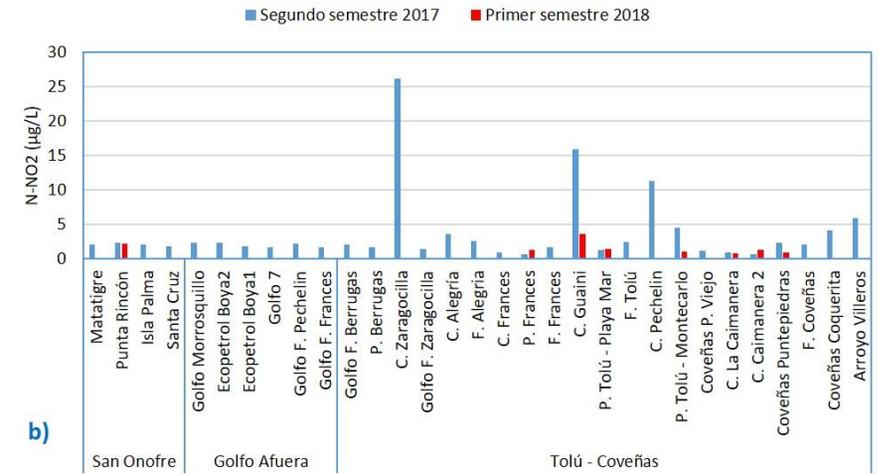
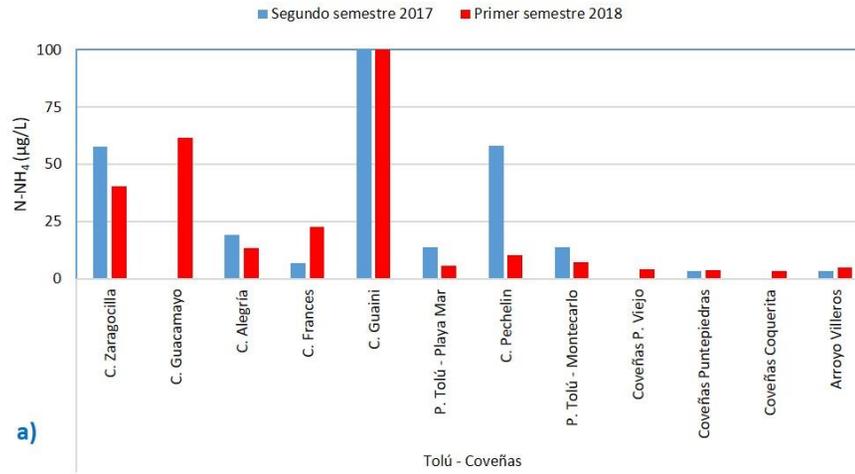


Figura 8.6. Concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos: a) amonio (N-NH₄⁺), b) nitritos (N-NO₂⁻), c) nitratos (N-NO₃⁻) y d) ortofosfatos (P-PO₄⁻³), en el agua superficial de las estaciones de muestreo del departamento de Sucre, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018.

Las mayores concentraciones de nitratos (N-NO_3^- , Figura 8.6c) se registraron durante el segundo semestre 2017 en caño Zaragocilla ($260 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$), caño Pechelín ($256 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$) y playa Tolú hotel Montecarlo ($88,8 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$), época del año en donde aumentan las escorrentías por las precipitaciones, lo que favorece el escurrimiento de los suelos ricos en nutrientes, además de la presencia de descargas de residuos líquidos y sólidos sin tratamiento.

Los ortofosfatos (P-PO_4^{3-} , Figura 8.6d) presentaron en la zona Tolú-Coveñas las grandes concentraciones durante el muestreo del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, en particular en las estaciones caño Zaragocilla, Guacamayo, Alegría, Francés, Guainí, Pechelín y Arroyo Villeros. Estos resultados muestran que esta la calidad del agua marino costera de esta zona está determinada por las descargas de aguas residuales, la escorrentía y la disposición de residuos.

La calidad microbiológica del agua superficial en las estaciones de monitoreo del departamento de Sucre, se determinaron a través de las mediciones de coliformes totales (CTT), coliformes termotolerantes (CTE) y Enterococos fecales (EFE; Tabla 8.1). Las altas concentraciones de CTT y CTE se registraron en la zona Tolú-Coveñas durante el segundo semestre 2017, destacándose playa Francés, playa Tolú hotel playa Mar y Montecarlo, Coveñas Puerto Viejo y Puntepiedras, las cuales sobrepasaron el criterio de calidad para uso recreativo por contacto primario (natación) y secundario (pesca) establecidas en el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)), considerándose las estaciones con mayor contaminación microbiológica, debido a los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento.

Tabla 8.1. Concentraciones de coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Sucre, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. No medido (-). Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y por contacto secundario se tomaron del Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)).

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)				CTE (NMP/100 mL)			
		Segundo muestreo 2017	Primer muestreo 2018	Rango histórico	Percentil 190	Segundo muestreo 2017	Primer muestreo 2018	Rango histórico	Percentil 190
San Onofre	Punta Rincón		5.400	<1,8 - 160.000	5.780		1.300	<1,8 - 92.000	3.500
	Isla Palma		130	<1,8 - 1.986	240		<1,8	<1,8 - 240	218
	Santa Cruz		170	<1,8 - 35.000	2.360		17	<1,8 - 35.000	1.300
Golfo Afuera	Golfo Morrosquillo	5	23	<1,8 - 1.120	483	<1,8	<1,8	<1,8 - 90	50
	Golfo F. Pechelín	<1,8	70	<1,8 - 16.000	1.430	<1,8	<1,8	<1,8 - 3.500	386
Tolú - Coveñas	P. Berrugas	240	240	<1,8 - 18.000	7.520	22	2	<1,8 - 18.000	974
	C. Zaragocilla		330	300 - 350.000	263.568		45	45 - 82.970	72.594
	C. Guacamayo		330	330 - 92.000			78	78 - 13.000	
	C. Alegría	54.000	4.900	4.900 - 54.000		3.300	1.300	1.300 - 7.800	
	C. Francés	140.000	2.300	2.300 - 140.000		2.000	200	200 - 35.000	
	P. Francés	1.400	240	<1,8 - 11.000	7.920	40	<1,8	<1,8 - 9.200	4.830
	C. Guainí	330.000	330.000	240.000 - 5.400.000		70.000	20.000	18.000 - 5.400.000	
	P. Tolú - Playa Mar	3.500	240	<1,8 - 24.000	7.715	490	5	<1,8 - 24.000	5.085
	F. Tolú		79	<1,8 - 160.000	5.800			<1,8 - 92.000	258
	C. Pechelín	79.000	460	460 - 3.500.000		4.000	210	210 - 3.500.000	
	P. Tolú - Montecarlo	9.200	240	<1,8 - 24.000	16.000	330	14	<1,8 - 24.000	16.000
	Coveñas P. Viejo	3.300	240	<1,8 - 5.400	3.300	780	4	<1,8 - 5.400	1.930
	C. La Caimanera	1.600	23	<1,8 - 130.000	16.000	8	<1,8	<1,8 - 130.000	6.540
	C. Caimanera 2	350	23	<1,8 - 9.200	7.680	4	<1,8	<1,8 - 1.600	1.378

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)				CTE (NMP/100 mL)			
		Segundo muestre 2017	Primer muestre 2018	Rango histórico	Percentil 90	Segundo muestre 2017	Primer muestre 2018	Rango histórico	Percentil 90
	Coveñas Puntepedras	350	33	<1,8 - 3.400	1.730	240	17	<1,8 - 3.400	722
	F. Coveñas		540	2 - 160.000	6.340		<1,8	<1,8 - 160.000	1.250
	Coveñas Coquerita	790	330	180 - 160.000	137.000	790	170	20 - 160.000	42.250
	Arroyo Villeros	35.000	790	790 - 16.000.000	9.200.000	13.000	490	10 - 9.200.000	2.200.000
LP C. primario		1000 NMP/100 mL				200 NMP/100 mL			
LP C. secundario		5000 NMP/100 mL				-			

Las mayores concentraciones de Enterococos fecales (EFE), se registraron durante el muestreo del segundo semestre 2017 (Tabla 8.2). En la estación playa Tolú hotel playa mar las concentraciones estuvieron entre 41–200 UFC/100ml, lo que implica que existe un riesgo entre el 1 y 5% de contraer enfermedades gastrointestinales agudas (EGI; [OMS, 2003](#)); y en Coveñas Puerto Viejo, entre 201–500 UFC/100mL, lo que implica una probabilidad entre el 5 y 10% de contraer EGI.

Tabla 8.2. Concentración de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones de playa del departamento de Sucre, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. El valor de referencia para el riesgo de contraer enfermedades Gastrointestinales (EGI) y Respiratoria Febril Aguda (ERFA) fue tomado de la OMS (2003). No medido (-).

Zona	Estación	EFE (UFC/100 mL)			
		Muestreo		Rango histórico	Percentil 90
		Segundo muestre 2017	Primer muestre 2018		
San Onofre	Punta Rincón	-	120	<1 - 2.400	218
	Isla Palma	-	<1	<1 - 2.400	28
	Santa Cruz	-	7	<1 - 134	112
Tolú - Coveñas	P. Berrugas	3	2	<1 - 468	315
	P. Francés	24	2	<1 - 2.400	303
	Hotel Playa Mar	100	12	<1 - 2.400	218
	Hotel Montecarlo	-	24	<1 - 2.800	2.216
	Coveñas P. Viejo	255	19	<1 - 2.000	30
	Coveñas Puntepedras	20	6	<1 - 2.400	39
	Coveñas Coquerita	80	18	<1 - 3.450	2.505
Valores de referencia OMS (2003)		≤40 UFC/100 mL, <1% de contraer EGI y <0,3% de contraer ERFA. 41–200 UFC/100 mL, 1–5% de EGI y 0,3-1,9% de ERFA. 201–500 UFC/100 mL, 5–10% de EGI y 1,9–3,9% de ERFA. >500 UFC/100 mL, >10% de EGI y >3,9% de ERFA			

Los hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) oscilaron entre menor al límite de cuantificación del método utilizado en el LABCAM (<0,75 µg/L) y 1,84 µg/L (Figura 8.7). Las mayores concentraciones se registraron durante el segundo semestre 2017 en caño Pechelín, ciénaga la Caimanera y Coveñas Coquerita, estaciones en las que hay presencia de actividades de tránsito de embarcaciones menores por las actividades turísticas. No obstante, estas concentraciones se encuentran por debajo del valor de referencia para aguas costeras con contaminación baja (>5 <10 µg/L) y de aguas marinas contaminadas (>10 µg/L) ([Zanardi et al., 1999](#); [Acuña-González et al., 2004](#)).

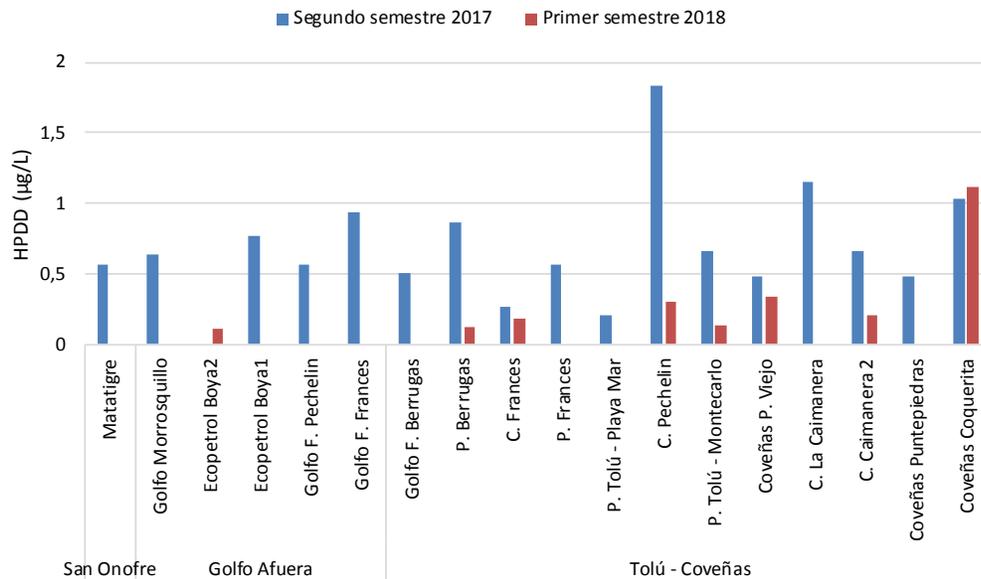


Figura 8.7. Concentraciones de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Sucre durante el segundo semestre 2017 y primer semestre 2018.

Los plaguicidas organoclorados y organofosforados medidos en el agua superficial de los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre de 2018, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR.

Los metales pesados Pb, Cr⁺⁶, Cu y Ni disueltos en las aguas superficiales de las estaciones REDCAM en Sucre, estuvieron por debajo de los límites de cuantificación del método usado en el LABCAM del INVEMAR (<0,2 µg Pb /L, <5,0 µg Cr⁺⁶/L, <1,0 µg Cu/L y <2,50 µg Ni/L) durante el segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. El Cd se registró en ciénaga La Caimanera, en el segundo semestre 2017 y en Coveñas Coquerita, ciénaga La Caimanera 2, centro golfo Morrosquillo y golfo frente Berrugas, en el primer semestre 2018. El Fe se registró en ciénaga la Caimanera, Caimanera 2 Coveñas Coquerita y Matatigre, en el primer semestre 2018. Cabe destacar que los valores cuantificados no superaron el valor de referencia de efectos crónicos en organismos marinos y estuarinos (8,8 µg Cd/L); y en organismos de agua dulce (350 µg Fe/L), propuestos por la NOAA ([Buchman, 2008](#)).

8.2.1 Calidad del agua de acuerdo con el ICAM_{PFF}

La aplicación del ICAM_{PFF} mostró que en el muestreo del segundo semestre 2017, en la mayoría de las estaciones la calidad del agua fue adecuada, en las estaciones golfo Pechelín y golfo Morrosquillo, la calidad fue óptima; y solamente en las estaciones caño Alegría, Zaragocilla y playa Tolú Hotel Montecarlo, la calidad del agua fue inadecuada (Figura 8.8). Esta condición se debió a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, elevadas concentraciones de coliformes termotolerantes y de nutrientes inorgánicos; cabe destacar que en el mes de octubre, se produjeron las mayores precipitaciones del año, lo que favoreció la escorrentía y transporte de vertimientos de aguas residuales hasta el mar.

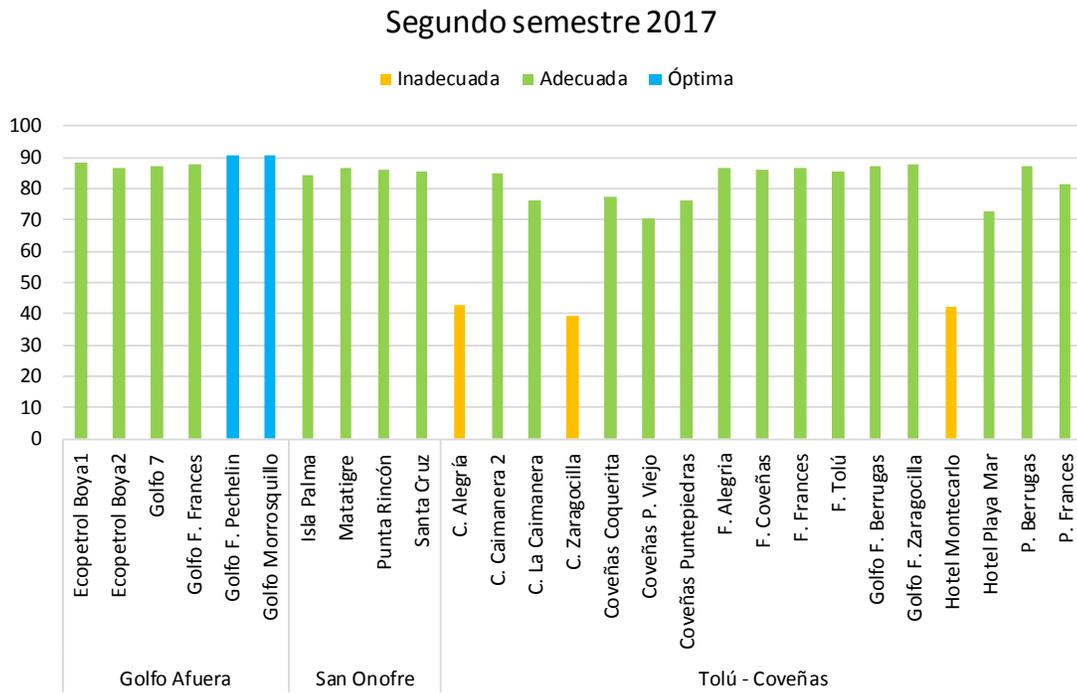


Figura 8.8. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas del departamento de Sucre en el muestreo del segundo semestre 2017 evaluada con el del ICAMPFF.

En el muestreo del primer semestre 2018, aumentaron las estaciones con calidad óptima y las estaciones caño Alegría, Zaragocilla y playa Tolú Hotel Montecarlo, mejoraron sus condiciones de calidad pasando de calidad aceptable y adecuada (Figura 8.9).

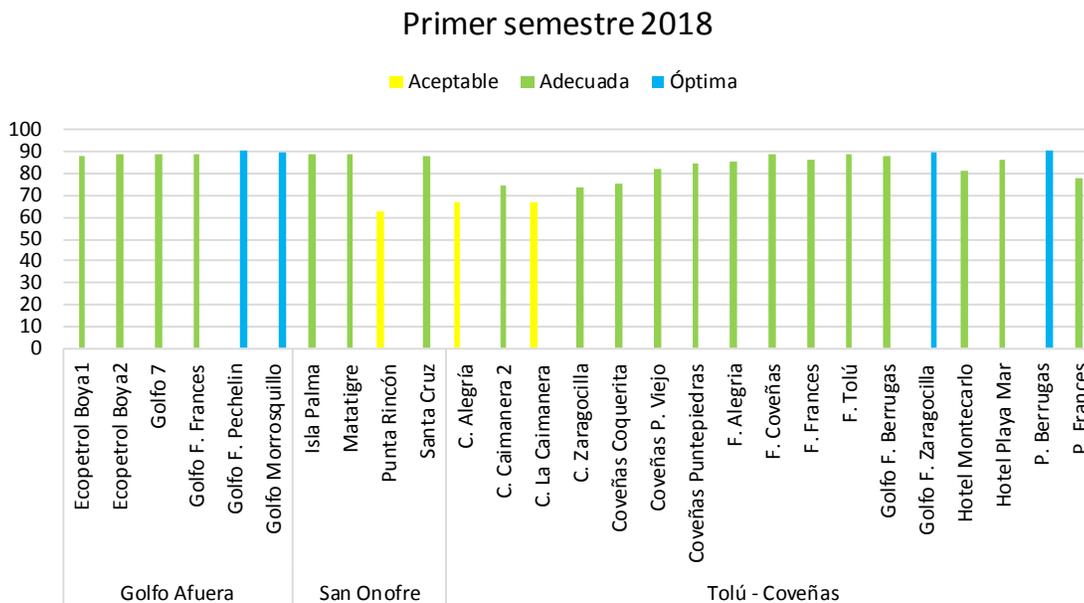


Figura 8.9. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas del departamento de Sucre en el muestreo del primer semestre 2018 evaluada con el del ICAMPFF.

8.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

En la Tabla 8.3 se muestran los resultados de granulometría de los sedimentos colectados durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018; los resultados de materia orgánica oxidable - MO en los sedimentos colectados el segundo semestre 2017 y los de carbono orgánico total – COT, en el muestreo del primer semestre de 2018. En la ciénaga la Caimanera, en el muestreo del segundo semestre 2017, predominaron sedimentos arenosos, con mayores proporciones de granos con tamaño de 125 µm y contenidos de MO de 22,8 mg/g en peso seco; mientras que en el primer semestre 2018 predominaron entre las arenas finas con tamaños de 63 µm y, arcillas y limos con tamaños <63 µm y con contenido de COT de 1,12 mg/g, lo que evidencia que es una zona con baja energía donde los manglares favorecen el depósito de los sedimentos. En tanto, playa Francés el sedimento está conformado principalmente por arenas gruesas; y playa Tolú hotel playa Mar por arenas finas.

Tabla 8.3. Granulometría de los sedimentos colectados en el segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. Carbono Orgánico Total (COT) en los sedimentos colectados el primer semestre 2018; y contenido de materia orgánica Oxidable (MO) en los sedimentos colectados el segundo semestre 2017, en las estaciones del departamento de Sucre. No medido (-).

Estación	Fecha	Granulometría							COT	MO
		% 2 mm	% 1 mm	% 0,5 mm	% 250 µm	% 125 µm	% 63 µm	% <63 µm	% p.s	mg/g p.s
Ciénaga La Caimanera	10/10/2017	<0,20	<0,20	0,25	0,71	77,1	2,10	19,6	-	22,8
Playa Francés	5/03/2018	<0,20	<0,20	0,31	21,6	69,9	6,85	1,32	<0,050	-
P. Tolú - Playa Mar	5/03/2018	<0,20	<0,20	0,20	54,8	33,1	0,67	11,3	<0,050	-
Ciénaga La Caimanera	6/03/2018	0,85	0,52	0,92	1,89	9,64	49,5	36,7	1,12	-

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos en los sedimentos de las estaciones ciénaga La Caimanera, playa Francés y playa hotel playa Mar, no fueron detectados o estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM del INVEMAR.

De igual manera los 41 plaguicidas medidos en los sedimentos colectados en el segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, estuvieron por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada en el LABCAM del INVEMAR; cabe destacar que estos valores están por debajo de las referencias de efectos probables descritos en [Buchman \(2008\)](#). Solamente, en ciénaga La Caimanera, durante el segundo semestre 2107, se detectó Heptacloro en una concentración de 18,5 ng/g. Si bien existen pocos datos acerca de su toxicidad y no hay valores de referencia, se ha corroborado que el Heptacloro puede generar efectos sobre el sistema nervioso central y el hígado en personas y animales ([CNR COP, 2018](#)).

En la Tabla 8.4 se presentan los resultado de los metales pesados totales (Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Fe y Hg) medidos en los sedimentos de las estaciones REDCAM del departamento de Sucre, colectados en el segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. En la ciénaga La Caimanera, durante los muestreos segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, se registraron concentraciones de Hg que no superaron el valor de referencia del nivel de efecto umbral (TEL), ni el valor de referencia de efectos probables (PEL), propuestos por la NOAA ([Buchman, 2008](#)). En el muestreo del primer semestre 2018, en ciénaga La Caimanera, las concentraciones de Pb total superaron el valor de referencia TEL y en las estaciones playa Francés, playa Tolú hotel playa Mar y ciénaga La Caimanera, las concentraciones de Ni total, superaron el valor de

referencia PEL. Con estos resultados, se sugiere realizar otros estudios, para corroborar la biodisponibilidad de dichos metales en el medio natural.

Tabla 8.4. Concentración de metales pesados totales en los sedimentos de estaciones del departamento de Sucre, colectados en el segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de [Buchman \(2008\)](#). Sin referencia (-). Valores con el signo (<) corresponden al límite de cuantificación del método utilizado en el LABCAM. Los valores resaltados con amarillo superan la referencia TEL y los resaltados con naranja superan la referencia PEL.

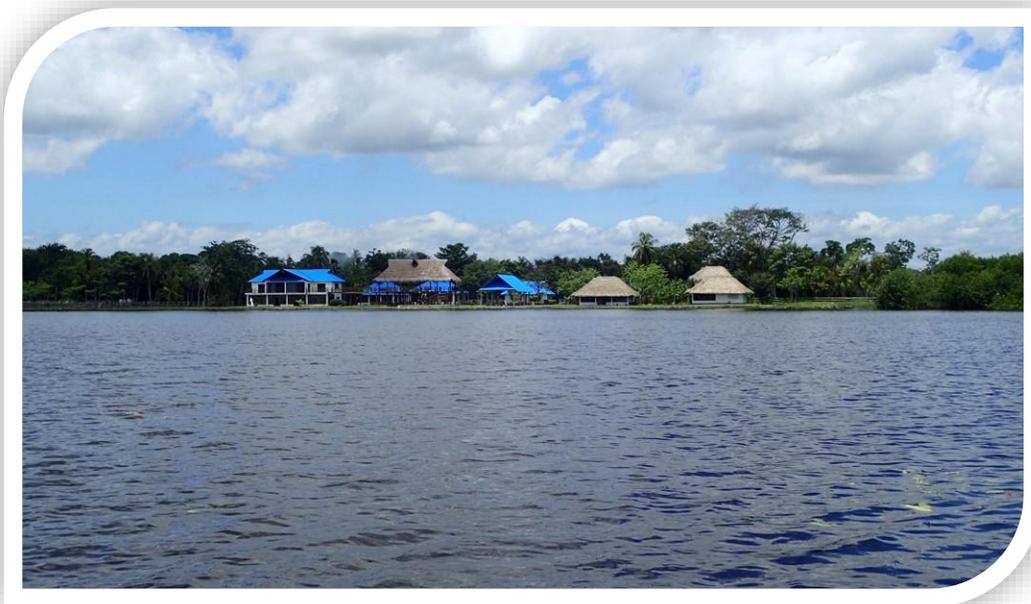
Estación	Fecha	Plomo	Cadmio	Cromo	Cobre	Zinc	Níquel	Hierro	Mercurio
		µg Pb/g	µg Cd/g p.s.	µg Cr/g p.s.	µg Cu/g p.s.	µg Zn/g p.s.	µg Ni/g p.s.	mg Fe/g p.s.	ng Hg/g p.s.
Ciénaga La Caimanera	10/10/2017	<15,0	<12,5	<20,0	<5,00	35,1	<15,0	14,5	28,5
Playa Francés	5/03/2018	<16,7	<0,83	<16,7	<12,0	<16,7	204	6,66	<3,00
P. Tolú - Playa Mar	5/03/2018	<16,7	<0,83	<16,7	<12,0	<16,7	209	5,62	<3,00
Ciénaga La Caimanera	6/03/2018	42,9	<0,83	28,2	12,8	31,2	190	13,7	33,5
Referencias TEL	Agua marina / estuarina	30,00	0,68	52,3	18,7	124,0	16	-	130,0
	Agua dulce	35,00	-	37,3	35,7	123,0	18	-	174,0
Referencias PEL	Agua marina / estuarina	112,00	4,20	160,0	108,0	271,0	43	-	700,0
	Agua dulce	91,30	-	90	197	315	36	-	486

8.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ La calidad del agua superficial marina y costera del departamento de Sucre, estuvo marcada por las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, las altas concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal y de nutrientes inorgánicos disueltos, lo que evidencia la carencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales y la inadecuada disposición de los mismos.
- ❖ En la zona de Tolú Coveñas, en las playas el Francés, Tolú hotel playa Mar, Tolú hotel Montecarlo, Coveñas Puerto Viejo y Puntepiedras, se encontró contaminación microbiológica, la cual está relacionada con la inadecuada disposición de las aguas residuales
- ❖ En el sedimento de las estaciones ciénaga La Caimanera, playa Francés y playa Tolú hotel playa mar, no se evidenció contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos, ni por plaguicidas.
- ❖ En la ciénaga La Caimanera las concentraciones de Plomo y Níquel superaron los valores de referencia TEL y PEL. Por lo que se recomienda, dar continuidad al monitoreo y realizar un estudio más detallado que permita determinar la procedencia de los mismos y su biodisponibilidad.

CÓRDOBA

Por: Ostin Garcés Ordóñez



Ciénaga Soledad, DMI Cispatá. Foto: Gustavo Lara.

EQUIPO TÉCNICO CVS

Rafael Espinosa Forero - Profesional Especializado Área de Seguimiento Ambiental

Eduardo Torres Sierra – Subdirector de Gestión Ambiental

María Luisa Sánchez Banda – Bióloga, Área de Seguimiento Ambiental

9. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

En la zona marino costera del departamento de Córdoba se encuentran ecosistemas estratégicos que tienen funciones importantes en la regulación de los ciclos biogeoquímicos y del clima, y en la conservación de la biodiversidad; además proveen a la población costera de la región, alimentos (principalmente recursos pesqueros), materias primas y servicios culturales y de recreación, de los cuales dependen económicamente ([CVS e INVEMAR, 2010](#)). Sin embargo, el manejo inadecuado de los residuos de la población y los residuos contaminantes de actividades como la ganadería, agricultura, acuicultura, turismo y portuaria que se desarrollan en la zona costera y en la cuenca del río Sinú, deterioran la calidad de las aguas marinas y costeras y restringen sus diferentes usos ([INVEMAR, 2018a](#)).

El presente capítulo contiene el diagnóstico de la calidad de las aguas y sedimentos marinos y costeros durante los monitoreos realizados en el segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018. La información del diagnóstico es útil para la gestión ambiental y el manejo integral del medio ambiente marino por parte de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge – CVS.

9.1 ZONAS DE MONITOREO

En la zona marino costera del departamento de Córdoba, la REDCAM tiene 18 estaciones de monitoreo ubicadas en las zonas bahía de Cispata y Costa occidental (Figura 9.1).

La zona **Bahía de Cispata** comprende áreas costeras de los municipios de San Antero y San Bernardo del Viento, en donde se realizan actividades de agricultura, ganadería, pesca artesanal, aprovechamiento forestal y turismo; esta zona además está influenciada por las actividades portuarias que se realiza en el golfo de Morrosquillo ([INVEMAR, 2018a](#)). En la zona Bahía de Cispata hay 14 estaciones de calidad de agua, en dos de las cuales (río Sinú y frente de Tinajones) se colectan sedimentos para análisis de contaminantes. Estas estaciones se distribuyen en áreas de playa turística, en caños y ciénagas rodeadas por manglar en el Distrito de Manejo Integrado de Cispata y Tinajones, y en el río Sinú.

La zona **Costa occidental** abarca áreas costeras de los municipios de San Bernardo del Viento, Moñitos y Puerto Escondido, en las cuales se desarrollan actividades de turismo en playa, pesca artesanal, ganadería, minería de canteras y agricultura; esta zona además se ve afectada por los residuos sólidos y vertimientos de aguas residuales de la población local ([INVEMAR, 2018a](#)). En la zona Costa Occidental hay cuatro (4) estaciones de calidad de agua, en dos de las cuales (Puerto Escondido y Moñitos) se colectan sedimentos para análisis de contaminantes.

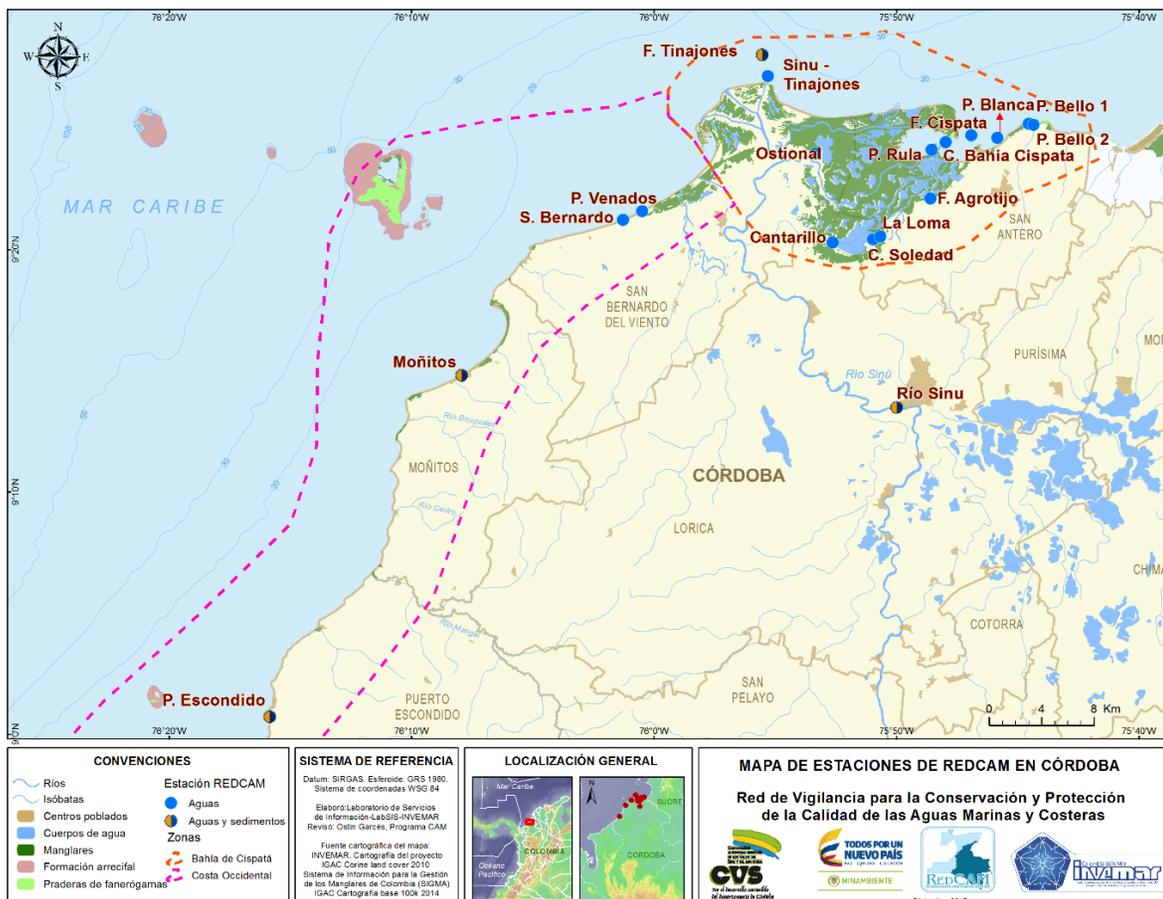


Figura 9.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Córdoba. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolors (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo.

Los muestreos fueron realizados por el INVEMAR, entre los días 10 y 12 de octubre de 2017 (en adelante, época lluviosa de 2017) y en los días 5 y 7 de marzo de 2018 (en adelante, época seca de 2018). Según IDEAM (2018a), entre los meses de septiembre y octubre de 2017, se registraron precipitaciones entre 100 y 400 mm, y entre los meses de febrero y marzo de 2018 precipitaciones entre 0 y 100 mm.

9.2 CALIDAD DE AGUAS

El recurso hídrico en el departamento de Córdoba es fundamental para la conservación de los ecosistemas, para el consumo humano y para el desarrollo de actividades como agricultura, ganadería, acuicultura, pesca artesanal y actividades recreativas, entre otros, teniendo en cuenta las características fisicoquímicas del agua (Decreto 3930 de 2010), las cuales presentan diferencias en ciertas zonas por la influencia de factores ambientales naturales y antropogénicos. Estos últimos, por la inadecuada planificación territorial, el aprovechamiento insostenible de los recursos y la ausencia de sistemas de tratamientos y sitios de disposición adecuados y equipados con la tecnología que permita minimizar los impactos negativos de los residuos sólidos y líquidos que se generan en las diferentes actividades.

Una variable fisicoquímica que determina el uso del agua es la salinidad. En la Figura 9.2 se muestra la salinidad del agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento de Córdoba, en los muestreos de las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018. Teniendo en cuenta las categorías propuestas por [Knox \(2001\)](#), en la época lluviosa de 2017, el agua de las estaciones de la zona Costa Occidental, se clasificó como marina, con características oligohalinas (salinidad entre 17 y 30); y en la época seca de 2018, como marina, con características mesohalinas (entre 30 y 34).

En la zona de San Antero, la salinidad del agua en las estaciones influenciada por el río Sinú, como las ciénagas La Loma y Soledad y en el Distrito de Riego Cantarillo, el agua cambió de categoría dulce (<0,5) en época lluviosa 2017, momento en el que hay un mayor aporte del río y precipitaciones, a agua de categoría estuarina en época seca de 2018, cuando se reduce el caudal del río e ingresa la cuña salina. Este mismo comportamiento, se presentó en las estaciones Sinú-Tinajones y frente de la desembocadura del brazo Tinajones del río Sinú, en donde el agua cambió de categoría dulce en la época de lluvias 2017, a categoría marina mesohalina en la época seca 2018.

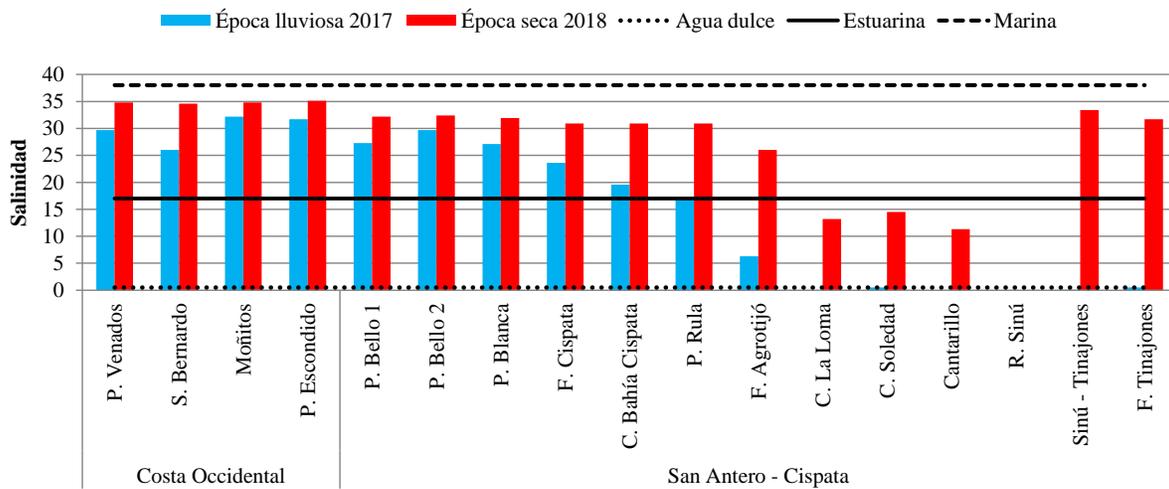


Figura 9.2. Salinidad del agua superficial de las estaciones del departamento de Córdoba, durante los muestreos de las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018. Las líneas horizontales indican los rangos de clasificación de las aguas por salinidad propuestos por [Knox \(2001\)](#): agua dulce (<0,5), agua salobre (>0,5-17), agua marina (>17-38) y salmuera (>38).

El oxígeno disuelto (OD) osciló entre 2,23 y 8,36 mg/L en la época de lluvias de 2017 y entre 5,01 y 11,9 mg/L en época seca de 2018 (Figura 9.3). En la mayoría de las estaciones las concentraciones de oxígeno disuelto estuvieron por encima del criterio de calidad para la preservación de flora y fauna (>4,0 mg O₂/L) en aguas cálidas, descrito en el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)), con excepción de las estaciones ubicadas en el distrito de riego Cantarillo y frente a Agrotijó en la época lluviosa de 2017, en donde se registraron concentraciones de OD de 2,23 y 3,16 mg O₂/L respectivamente, asociado a una alta demanda bioquímica de oxígeno (3,35 mg O₂/L).

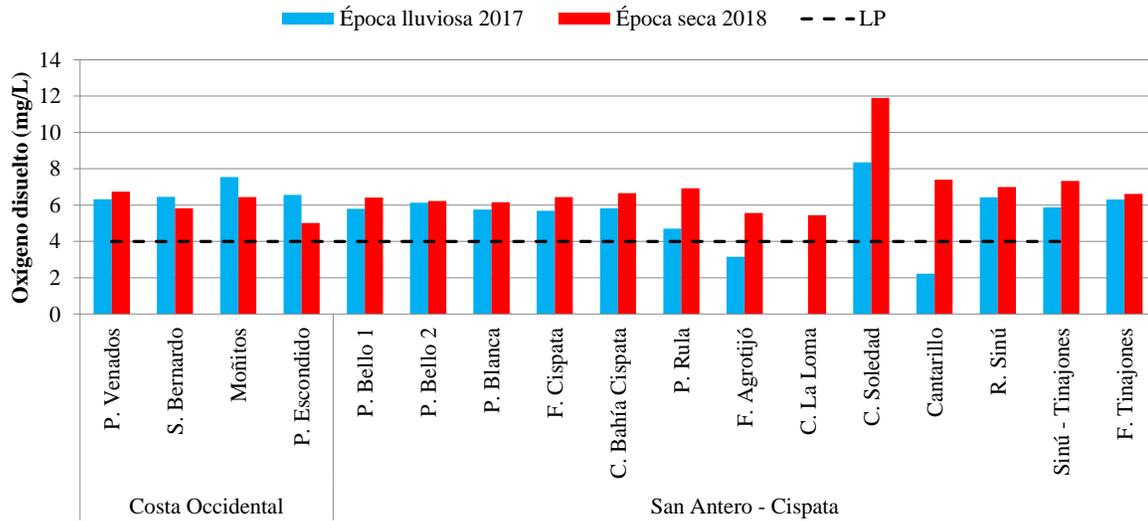


Figura 9.3. Concentración de oxígeno disuelto en el agua superficial de las estaciones del departamento de Córdoba, durante los muestreos de las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018. La línea punteada indica el nivel permisible para la preservación de flora y fauna establecido en el Decreto 1594 de 1984 (>4,0 mg de O₂/L; [MinSalud, 1984](#)).

Cabe destacar que en la ciénaga Soledad se registró una concentración de 12 mg de O₂/L en la época seca de 2018, condición que se considera inadecuada porque en otros ambientes similares como en el complejo de pajarales en la Ciénaga Grande de Santa Marta, valores elevados de oxígeno disuelto se han asociado a una alta productividad del fitoplancton que en horas del día liberan oxígeno e incrementa la carga de materia orgánica, pero en la noche este oxígeno es consumido por los organismos que degradan la materia orgánica, hasta llegar a condiciones subóxica (<2 mg O₂/L) o anóxicas, causando mortandades de peces y otros organismos aerobios ([INVEMAR, 2015d](#)). Esta condición es confirmada por el aumento de la concentración de carbono orgánico total (15,3 mg/L) y la elevada demanda bioquímica de oxígeno (6,17 mg de O₂/L).

Los valores de pH registrados en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018 se presentan en la Figura 9.4. En la mayoría de las estaciones, los valores de pH estuvieron dentro de los rangos permisibles para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce, marinas y estuarinas según el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)), con excepción de la estación ciénaga Soledad, en la cual el pH registrado en la época seca de 2018 estuvo por encima del límite máximo permisible. Este resultado se asocia con la actividad del fitoplancton, que en la fase lumínica de la fotosíntesis consume dióxido de carbono disuelto en el agua, causando un aumento el pH (Figura 9.2).

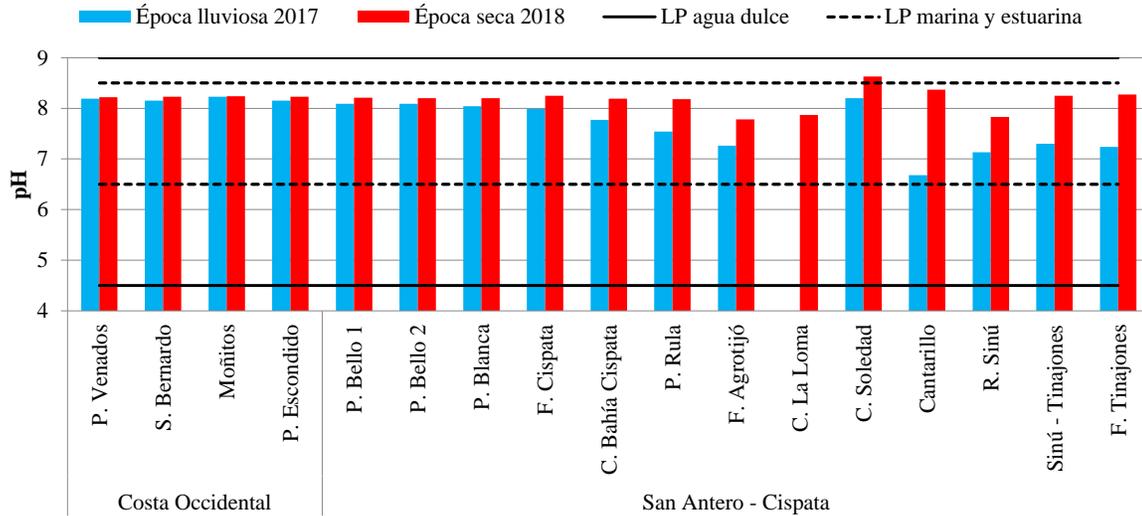


Figura 9.4. pH del agua superficial de las estaciones del departamento de Córdoba, durante los muestreos de las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018. Las líneas negras continuas corresponden al rango permisible para preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce, y las líneas negras punteadas el rango permisible en aguas cálidas marinas y estuarinas establecidos en el Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984).

Las mayores concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) se registraron en las estaciones río Sinú, Sinú-Tinajones y frente de Tinajones en la época lluviosa de 2017 (Figura 9.5), época en la cual incrementó el caudal del río Sinú por las precipitaciones en su cuenca, después de la represa de URRÁ que según el análisis histórico del caudal realizado por [Ruíz-Ochoa et al. \(2008\)](#), pasa de 100-200 m³/s entre los meses de enero y marzo, a 300-600 m³/s entre mayo y noviembre. Teniendo en cuenta este aumento del caudal del río, se estimó que en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018 la descarga de SST del río al mar Caribe fue 27.000 kg/día y de 276 kg/día respectivamente. El aumento de la carga de SST en el río Sinú en la época lluviosa, estaría relacionado con la erosión de las riberas, la deforestación y las escorrentías agrícolas y ganaderas en su cuenca posterior a la zona donde se encuentra la represa de la hidroeléctrica URRÁ, los cuales traen consigo sedimentos y partículas de material orgánico, entre otros sólidos hasta el río al mar Caribe ([INVEMAR, 2018a](#)).

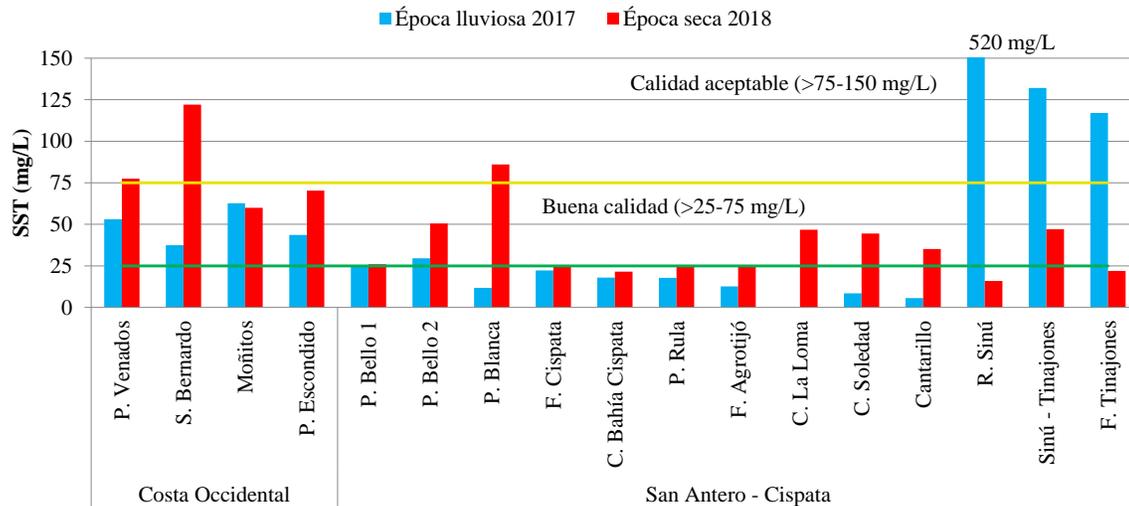


Figura 9.5. Concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Córdoba, durante los muestreos de las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018. Las líneas de color indican los rangos de clasificación de la calidad de las aguas de acuerdo a los SST propuesto por [CONAGUA \(2015\)](#).

En la época seca de 2018, con excepción de las estaciones de río Sinú, Sinú-Tinajones y F. Tinajones, las demás estaciones presentaron mayores concentraciones de SST en comparación con la época lluviosa de 2017 (Figura 9.5), posiblemente por la resuspensión de las partículas sólidas por acción del oleaje, producto de los vientos alisios que normalmente se presentan en la época seca (entre diciembre y abril) en el Caribe colombiano ([CIOH, 2018](#)).

Comparando los resultados de SST con la referencia de clasificación de calidad de las aguas propuesta por [CONAGUA \(2015\)](#), en la mayoría de las estaciones el agua superficial tuvo buena calidad, con valores menores a 75 mg/L, en las dos épocas climáticas (Figura 9.5). En la época seca de 2018, el agua en las estaciones playa de los Venados y San Bernardo del Viento en la zona Costa Occidental y en playa Blanca en la zona San Antero – Cispata, tuvo una concentración de SST entre >75 y 150 mg/L, lo cual permitió clasificar el agua con calidad aceptable. En época lluviosa de 2017, el agua de la estación río Sinú que presentó una concentración de 520 mg/L, clasificó como agua contaminada, al superar los 400 mg de SST/L (Figura 9.5).

Los nutrientes inorgánicos disueltos amonio ($N-NH_4^+$), nitritos ($N-NO_2^-$), nitratos ($N-NO_3^-$) y ortofosfatos ($P-PO_4^{3-}$), son de interés ambiental por causar eutrofización en cuerpos de agua, condición de deterioro de la calidad de las aguas para la preservación de la flora y fauna acuática (Cárdenas y Sánchez, 2013). Las concentraciones de estos nutrientes en el agua superficial de las estaciones REDCAM monitoreadas en la época lluviosa 2017 y seca 2018, se presentan en la Figura 9.6.

El ion amonio ($N-NH_4^+$) osciló entre menor al límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada en el LABCAM de INVEMAR ($<3,1 \mu g N-NH_4^+/L$) y $29,6 \mu g N-NH_4^+/L$ (Figura 9.6a), presentándose la mayor concentración en el río Sinú, en la época seca de 2018, cuyas fuentes principales son los vertimientos de aguas residuales y las actividades de agricultura y ganadería que se desarrollan en sus riberas. Históricamente en el río Sinú, el amonio ha oscilado entre 3 y $210 \mu g N-NH_4^+/L$ ([INVEMAR, 2017a](#)), la mayor concentración se registró en el 2015, año en el que se presentó un fuerte evento El Niño ([NOAA, 2018](#)) que redujo el caudal del río y

aumentó el efecto de vertimientos de aguas residuales domésticas y de los cultivos sobre la calidad del agua.

Los nitritos (N-NO_2^-) se encontraron en concentraciones entre menor al límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada en el LABCAM de INVEMAR ($<0,7 \mu\text{g de N-NO}_2^-/\text{L}$) y $3,25 \mu\text{g de N-NO}_2^-/\text{L}$, registrándose mayores concentraciones en la época lluviosa de 2017 en comparación con la época seca de 2018 (Figura 9.6b). Históricamente, las concentraciones más altas de nitritos se han registrado en la estación frente a Cispatá en el 2014 ($134 \mu\text{g de N-NO}_2^-/\text{L}$), zona influenciada por bosques de mangles y en la estación frente de Tinajones en el 2014 ($144 \mu\text{g de N-NO}_3^-/\text{L}$) la cual se encuentra frente al río Sinú ([INVEMAR, 2017a](#)).

Las mayores concentraciones de nitratos (N-NO_3^-) se registraron en las estaciones del río Sinú, en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018 (Figura 9.6c), por los aportes que recibe de vertimientos de aguas residuales, escorrentías de áreas agrícolas y ganaderas ([INVEMAR, 2018a](#)). Históricamente las concentraciones de nitratos se han registrado entre 1 y $238 \mu\text{g/L}$ en la época seca, y entre 1 y $639 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$ en la época lluviosa, con los mayores valores en el agua superficial de las estaciones Sinú-Tinajones ($487 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$), Punta Bello 1 ($639 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$), Ostional ($546 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$) y Cantarillo ($545 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$) en el 2013, y en el río Sinú en el que ha fluctuado entre 2 y $238 \mu\text{g N-NO}_3^-/\text{L}$ ([INVEMAR, 2017a](#)).

Las concentraciones más altas de ortofosfatos (P-PO_4^{3-}) se registraron en la estación frente a Agrotijó en los muestreos de la época lluviosa 2017 y seca de 2018 (Figura 9.6d). Esta estación se ubica en una ciénaga rodeada por manglar que aporta detritus que en su descomposición libera nutrientes como nitrógeno y fosfatos, y recibe la escorrentía de áreas de ganadería que también aportan material terrígeno fuente de fósforo y otros nutrientes. En las estaciones REDCAM en Córdoba, se ha registrado históricamente concentraciones de ortofosfatos entre el límite de cuantificación y $133 \mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$, las mayores concentraciones se ha registrado en las estaciones Cantarillo ($86 \mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$) en el 2005, en la ciénaga de Soledad ($104 \mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$) en el 2008, en el río de Sinú ($70 - 106 \mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$) en el 2009 y en la ciénaga La Loma ($133 \mu\text{g P-PO}_4^{3-}/\text{L}$) en el 2012 ([INVEMAR, 2017a](#)).

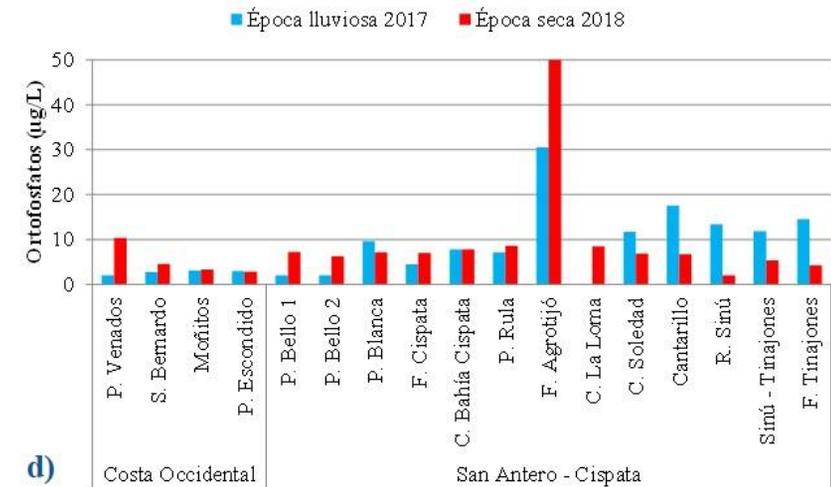
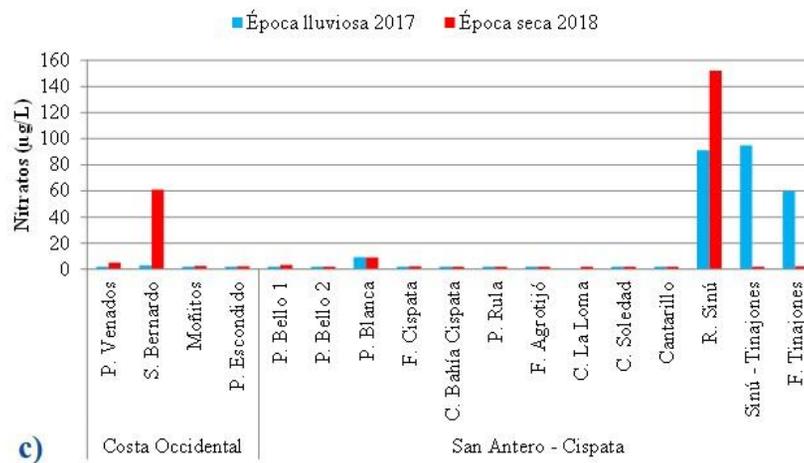
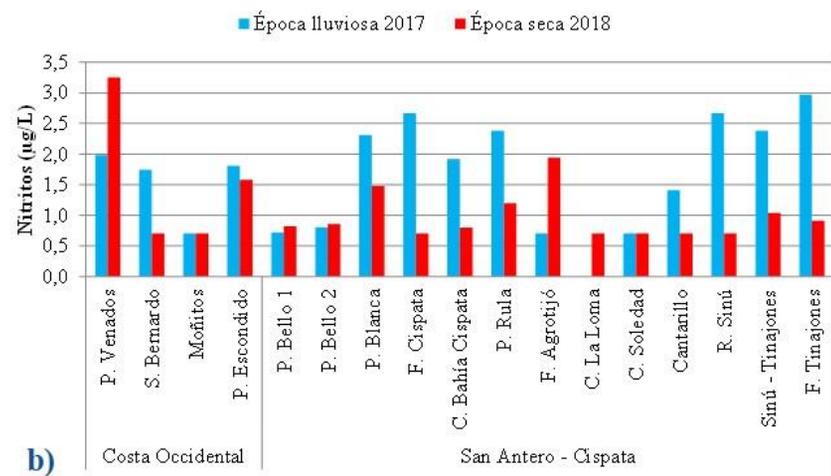
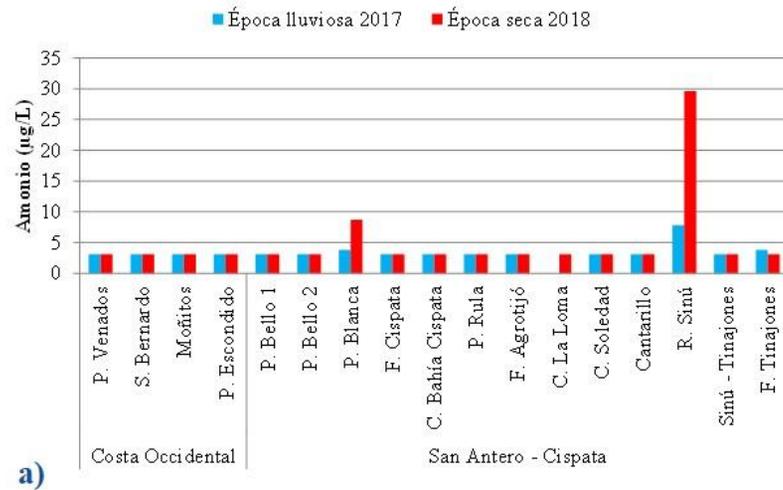


Figura 9.6. Concentración de nutrientes inorgánicos disueltos: a) amonio ($N-NH_4^+$), b) nitritos ($N-NO_2^-$), c) nitratos ($N-NO_3^-$) y d) ortofosfatos ($P-PO_4^{3-}$), en el agua superficial de las estaciones del departamento de Córdoba, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018.

Las mayores concentraciones de las variables microbiológicas, coliformes totales (CTT) y coliformes termotolerantes (CTE), se presentaron en la época lluviosa de 2017 (Tabla 9.1). En las estaciones del río Sinú y Puerto Escondido, las concentraciones de CTT y CTE sobrepasaron el criterio de calidad para uso recreativo por contacto primario (natación) y secundario (pesca), de acuerdo con los criterios del Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)), considerándose las estaciones con mayor contaminación microbiológica, debido a los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento. Esta condición que afecta la calidad del agua evidencia el efecto de la falta de saneamiento básico adecuado en las poblaciones de estas zonas que ayude a disminuir significativamente la carga contaminante de los residuos líquidos municipales y su impacto sobre la calidad del agua.

Tabla 9.1. Concentraciones de coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Córdoba, durante los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca 2018. No medido (-). Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y por contacto secundario se tomaron del Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)).

Zona	Estación	CTT (MNP/100 mL)		CTE (MNP/100 mL)	
		Lluviosa 2017	Seca 2018	Lluviosa 2017	Seca 2018
Costa Occidental	P. Venados	-	240	-	49
	S. Bernardo	350	240	23	33
	Moñitos	240	240	240	22
	P. Escondido	14.000	230	3.900	130
San Antero - Cispatá	P. Bello 1	-	23	-	1,8
	P. Bello 2	-	23	-	1,8
	P. Blanca	-	130	-	11
	C. Bahía Cispatá	540	240	17	1,8
	C. Soledad	3.500	230	20	20
	R. Sinú	130.000	17.000	2.000	2.300
	Sinú - Tinajones	-	240	-	1,8
	F. Tinajones	7.900	130	7900	1,8
LP C. primario		1000 NMP/100 mL		200 NMP/100 mL	
LP C. secundario		5000 NMP/100 mL		-	

En las playas Venados y playa Blanca, las concentraciones de CTT y CTE estuvieron dentro del valor permisible para el uso recreativo del agua por contacto primario (Tabla 9.1). Las concentraciones históricas (2002 a 2017) de CTE en playa Blanca, que es una de las más turísticas del departamento, han oscilado entre 1 y 14.000 NMP CTE/100 mL en la época seca, y entre 18 y 3.500 NMP CTE/100 mL en época lluviosa ([INVEMAR, 2017a](#)). De las 26 mediciones de CTE realizadas en playa Blanca con el monitoreo REDCAM, el 65% han estado por debajo de 200 NMP CTE/100 mL, indicando prevalencia de aguas con buena calidad para el uso recreativo ([MinSalud, 1984](#)).

Otro indicador de contaminación microbiológica son los enterococos fecales (EFE). En la época lluviosa de 2017, se registraron concentraciones de 300 UFC/100 mL en playa Moñitos y de 100 UFC/100 mL en playa Puerto Escondido, valores que representan un riesgo entre 5 y 10% de contraer enfermedades gastrointestinales (EGI) y entre 1,9 y 3,9% de riesgo de contraer enfermedades respiratorias febriles agudas (ERFA; [OMS, 2003](#)). En época seca de 2018, las concentraciones de EFE registradas en las playas Blanca (6 UFC/100 mL), Venados (1 UFC/100

mL), San Bernardo (4 UFC/100 mL), Moñitos (7 UFC/100 mL) y Puerto Escondido (50 UFC/100 mL), las cuales representan riesgo de <1-5% de contraer EGI y <0,3-1,9% de contraer ERFA (OMS, 2003).

Los hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de crisenol (HPDD) oscilaron entre menor al límite de cuantificación del método utilizado en el LABCAM (<0,75 µg/L) y 2,85 µg/L (Figura 9.7), los mayores valores se registraron en la época lluviosa de 2017, principalmente en la estación frente del río Tinajones. No obstante, las concentraciones de HPDD no superaron los valores de referencia para aguas costeras con contaminación baja (>5 <10 µg/L), ni para aguas marinas contaminadas (>10 µg/L; Zanardi *et al.*, 1999; Acuña-González *et al.*, 2004).

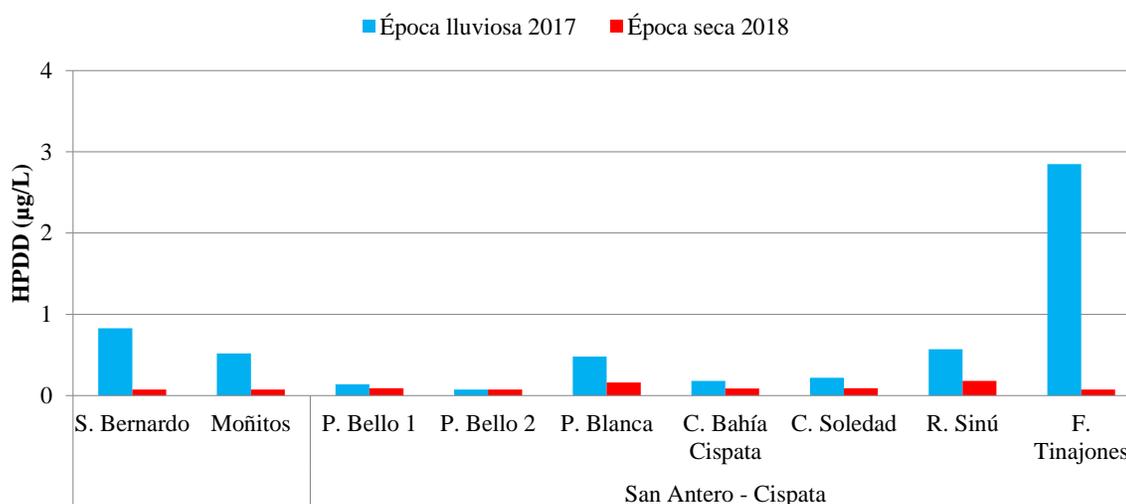


Figura 9.7. Concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos equivalentes de crisenol (HPDD) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Córdoba, durante las épocas lluviosa 2017 y seca de 2018.

Históricamente en algunas de las estaciones de monitoreo en el departamento de Córdoba, se han registrado concentraciones de HPDD por encima del valor de referencia de contaminación (>10 µg/L; Zanardi *et al.*, 1999; Acuña-González *et al.*, 2004), por ejemplo en Moñitos (14 µg/L) en 2010, playa Venados (11 µg/L) en 2011, San Bernardo en 2002 (15 µg/L) y en 2011 (19 µg/L), en la ciénaga Soledad en 2010 (27 µg/L) y 2011 (20 µg/L), frente a Agrotijó (23 µg/L) en 2011, frente a Tinajones (23µg/L) en 2011, en la ciénaga La Loma (22 µg/L) en 2011, Ostional (26 µg/L) en el 2011 y en el río Sinú en el 2001 (15 µg/L) y 2011 (36 µg/L) (INVEMAR, 2017a). Las fuentes de estos contaminantes son las embarcaciones con motor, vertimientos de aguas residuales y posiblemente residuos de los derrames de petróleo que han ocurrido en las Monoboyas TLU1 y TLU2 en el golfo de Morrosquillo, que por corrientes marinas pueden llegar a la zona costera de Córdoba.

Los plaguicidas organoclorados y organofosforados medidos en el agua superficial en la época lluviosa de 2017 y en la época seca de 2018 estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR. Históricamente se han registrado algunos plaguicidas organoclorados como Endosulfán I, en las estaciones ciénaga Soledad (26

ng/L), ciénaga La Loma (67 ng/L) y Cantarillo (48 ng/L) en el año 2011, en la estación frente a Agrotijó (18 ng/L) y Ostional (26 ng/L) en el 2010 ([INVEMAR, 2017a](#)), los cuales superaron el valor de referencia de efectos crónicos en la biota acuática marina y estuarina (4,35 ng/L; [Buchman, 2008](#)); y Heptacloro, en las estaciones Moñitos (10 ng/L) y Puerto Escondido (10 ng/L) en el 2007, y en frente a Tinajones (17 ng/L), ciénaga Soledad (23 ng/L) y frente a Agrotijó (27 ng/L) en el año 2008 ([INVEMAR, 2017a](#)). Cabe destacar que el uso de estos plaguicidas está prohibido en Colombia desde hace más de una década ([Betancur et al., 2015](#)), por lo cual su presencia en el ambiente probablemente se debe al uso ilegal.

En cuanto a los metales pesados disueltos, el Pb, Cr⁺⁶ y Ni en los muestreos de las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018, estuvieron por debajo de los límites de cuantificación del método usado en el LABCAM del INVEMAR (<0,2 µg Pb /L, <5,0 µg Cr⁺⁶ /L y <2,50 µg Ni/L). De igual manera, en la época seca de 2018, el Cu disuelto estuvo por debajo del límite de cuantificación del método (<1,0 µg Cu/L).

El Cd se detectó en la época lluviosa de 2017, en las estaciones Moñitos (0,3 µg Cd/L), Puerto Escondido (0,9 µg Cd/L) y Punta Rula (0,24 µg Cd/L); y en la época seca de 2018, en las estaciones San Bernardo, Puerto Escondido, punta Bello 2 y centro de bahía Cispatá con concentraciones de 0,3 µg Cd/L, las cuales no superaron el valor de referencia para efectos crónicos en organismos marinos y estuarinos (8,8 µg Cd/L; [Buchman, 2008](#)).

El Cu se registró en las estaciones Puerto Escondido (1,4 µg Cu/L en la época lluviosa de 2017 y 1,1 µg Cu/L en la época seca de 2018), río Sinú (1,7 µg Cu/L en la época lluviosa de 2017) y frente de Tinajones (1,1 µg Cu/L en la época seca de 2018), valores que no superaron las referencias de efectos crónicos en organismos marinos (3,1 µg Cu/L) y en organismos de agua dulce (9 µg Cu/L) ([Buchman, 2008](#)).

El Zn se registró en el río Sinú (43,7 µg Zn/L) en la época lluviosa de 2017, sin superar la referencia para efectos crónicos en organismos de agua dulce (120 µg Zn/L); y en la ciénaga Soledad (32,8 µg Zn/L) en la época seca de 2018, sin superar la referencia de efectos crónicos en organismos estuarinos (81 µg Zn/L) ([Buchman, 2008](#)).

El Fe se cuantificó en las estaciones Puerto Escondido (43,2 µg Fe/L en la época lluviosa de 2017 y 11,4 µg Fe/L en la época seca de 2018), Centro de la bahía de Cispatá (12,8 µg Fe/L en la época lluviosa de 2017 y 11,2 µg Fe/L en la época seca de 2018), frente de Tinajones (39,9 µg Fe/L en la época lluviosa de 2017 y 13,8 µg Fe/L en la época seca de 2018), en Moñitos (19,7 µg Fe/L), Punta Rula (18,5 µg Fe/L), frente a Agrotijó (24,8 µg Fe/L) y ciénaga Soledad (16 µg Fe/L) en la época lluviosa de 2017 y en San Bernardo (13,6 µg Fe/L), Punta Bello 1 (11,1 µg Fe/L) y Punta Bello 2 (23,6 µg Fe/L) en la época seca de 2018. Sin embargo estas concentraciones no superaron el valor de referencia de efectos crónicos en los organismos acuáticos marinos y estuarinos (50 µg Fe/L; [Buchman, 2008](#)). En las estaciones de agua dulce río Sinú (25,6 µg Fe/L) y Cantarillo (56 µg Fe/L) en la época lluviosa de 2017, los valores cuantificados no superaron el valor de referencia de efectos crónicos en los organismos de agua dulce (350 µg Fe/L; [Buchman, 2008](#)). En playa Blanca el Fe estuvo por debajo del límite de cuantificación (<10,0 µg Fe/L) del método analítico usado en el LABCAM del INVEMAR.

9.2.1 Calidad del agua de acuerdo al ICAM_{PFF}

La aplicación del ICAM_{PFF} mostró que la calidad del agua superficial del 73% de las estaciones evaluadas en el muestreo de la época lluviosa de 2017, fue adecuada, el 20% aceptable y el 7% inadecuada (Figura 9.8). La estación Puerto Escondido presentó una calidad inadecuada, debido a la alta concentración de coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos totales, lo cual indica contaminación por vertimientos de aguas residuales. Las estaciones Cantarillo, Sinú-Tinajones y frente de Tinajones presentaron calidad aceptable, por la baja concentración de oxígeno, altas concentraciones de SST y de CTE respectivamente. Teniendo en cuenta los resultados y las opciones de medidas a optar propuesta en la Tabla 1.2, se sugiere continuar con el monitoreo e implementar un plan de contingencia; además de implementar acciones de inversión para el tratamiento de las aguas residuales que provienen de las poblaciones costeras, las cuales están vertiendo sus residuos sin tratamiento al río Sinú, con el propósito de reducir los impactos de estos residuos en el recurso hídrico marino.

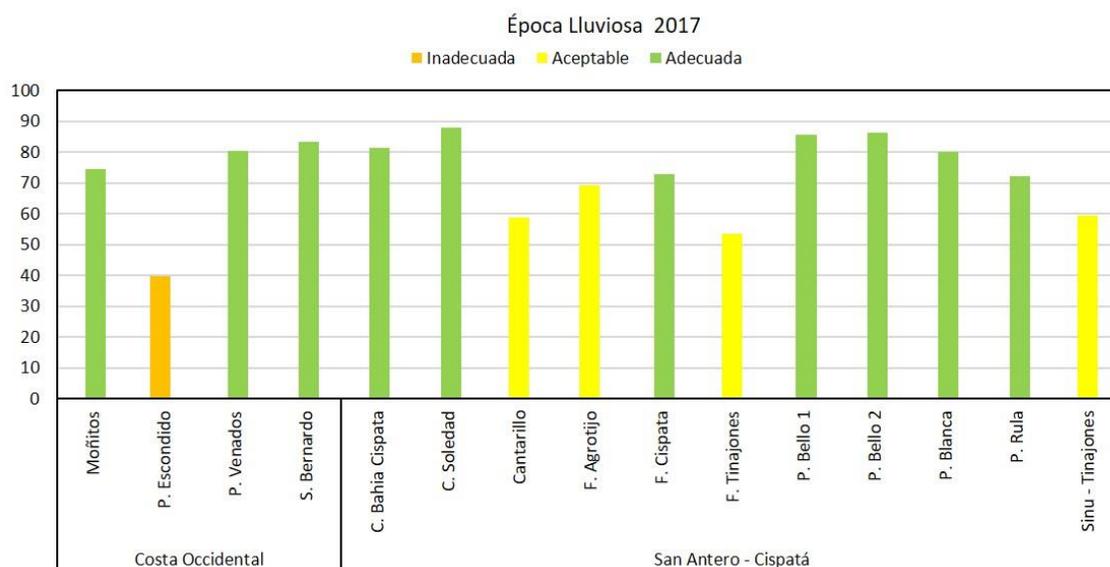


Figura 9.8. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas de la REDCAM en el departamento de Córdoba en el muestreo de la época lluviosa 2017, evaluada con el del ICAM_{PFF}.

En la época seca de 2018, disminuyó el número de estaciones con aguas de calidad adecuada (19%) y aumentó el número de estaciones con calidad aceptable (63%), inadecuada (13%) y pésima (6%) (Figura 5.9). La ciénaga de Soledad presentó aguas con calidad pésima por la alta demanda bioquímica de oxígeno y concentración de oxígeno disuelto (11,9 mg/L) asociado a una alta productividad primaria. En esta estación es importante continuar con el monitoreo y seguimiento, evaluar condiciones fisicoquímicas y presencia de tóxico, además de identificar las causas del deterioro de la calidad del agua y aplicar de medida para la recuperación del cuerpo de agua.



Figura 9.9. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas de la REDCAM en el departamento de Córdoba en el muestreo de la época seca 2018, evaluada con el del ICAM_{PFF}.

9.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

En la Tabla 5.3 se presentan los resultados de materia orgánica oxidable en los sedimentos colectados en la época lluviosa de 2017; y granulometría y carbono orgánico total (COT) en los sedimentos colectados en la época seca de 2018.

En las estaciones frente a Agrotijó y Cantarillo los sedimentos están conformados principalmente por arcillas y limos, con tamaños <63 µm y contenidos de carbono orgánico de 11,8 y 58,0 mg/g en peso seco y materia orgánica oxidable de 17,7 y 300 mg/g en peso seco respectivamente, lo cual indica que son zonas de baja energía, en donde los manglares y el río aportan detritos que se depositan en el sedimento. Estas condiciones favorecen la acumulación de contaminantes como hidrocarburos, plaguicidas y metales pesados. En las estaciones de Puerto Escondido y Moñitos, los sedimentos son de tipo arenoso con mayores proporciones de granos con tamaño de 125 µm y bajos contenidos de COT.

Tabla 9.2. Granulometría y carbono orgánico total (COT) en el sedimento colectado en la época seca de 2018 y materia orgánica oxidable (MO) en el sedimento colectado en la época lluviosa 2017, en las estaciones del departamento de Córdoba. No medido (-).

Estación	MO (2017)	Granulometría en época seca 2018							COT (2018)
	mg/g p.s.	% 2 mm	% 1 mm	% 0,5 mm	% 250 µm	% 125 µm	% 63 µm	% <63 µm	mg/g p.s.
R. Sinú	-	0,38	0,26	0,54	0,83	17,1	50,1	30,8	2,4
P. Escondido	-	<0,20	<0,20	0,23	5,52	67,8	14,1	12,4	2,4
Moñitos	-	<0,20	<0,20	<0,20	3,32	78,8	7,62	10,3	<0,5
F. Tinajones	17,7	0,35	<0,20	<0,20	0,45	0,74	2,46	95,9	11,8
Cantarillo	300	1,56	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	1,13	97,0	58,0

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos medidos en los sedimentos de las estaciones de muestreo, fueron no detectados (ND) o estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM del INVEMAR (Tabla 9.3), con excepción del Fenantreno en la estación Moñitos, cuya concentración fue de 7,64 ng/g en peso seco, concentración que está por debajo de los valores de referencia de efectos umbral –TEL y de efectos probables - PEL en la biota béntica marina y estuarina, propuestos por la NOAA ([Buchman, 2008](#)).

Tabla 9.3. Concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en los sedimentos del departamento de Córdoba, colectados en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018. No detectados (ND), los valores con el signo (<) corresponden a los límites de cuantificación del método usado en el LABCAM del INVEMAR.

HAP (ng/g p.s.)	Río Sinú		P. Escondido	Moñitos	F. Tinajones	Cantarillo	Ref. TEL	Ref. PEL
	Lluviosa 2017	Seco 2018	Seco 2018	Seco 2018	Seco 2018	Seco 2018		
Naftaleno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	34,6	391
Acenaftileno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5,9	128
Acenafteno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6,7	88,9
Fluoreno	ND	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	21,2	144
Fenantreno	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	7,64	<6,00	86,7	544
Antraceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	46,8	245
Fluoranteno	ND	<6,00	ND	<6,00	<6,00	<6,00	113	1494
Pireno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	153	1398
Benzo(a) Antraceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	74,8	693
Criseno	ND	<6,00	ND	ND	<6,00	ND	108	846
Benzo(b) Fluoranteno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
Benzo(k) Fluoranteno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
Benzo(a) Pireno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	88,8	763
Indeno(1,2,3-cd) Pireno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-
Dibenzo(a,h) Antraceno	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6,2	135
Benzo(g,h,i) Perilene	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-

Los 41 plaguicidas medidos en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018 en los sedimentos de las estaciones del río Sinú, Sinú-Tinajones, Puerto Escondido, Frente de Tinajones y Cantarillo estuvieron por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada en el LABCAM del INVEMAR, valores que están por debajo de las referencias de efectos probables descritos en [Buchman \(2008\)](#).

Los metales pesados totales (Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Fe y Hg) medidos en los sedimentos de las estaciones de muestreo, en las épocas lluviosa de 2017 y seca de 2018, se presentan en la Tabla 5.4. Las concentraciones de Pb total en los sedimentos marinos y estuarinos de Puerto Escondido y frente de Tinajones en la época seca de 2018, y las concentraciones de Cr y Cu total en sedimentos estuarinos de frente de Tinajones y Cantarillo estuvieron por encima del valor de referencia TEL en los muestreos de las épocas lluviosa 2017 y seca de 2018. Las concentraciones de Ni total, en las estaciones Puerto Escondido, Moñitos, río Sinú, frente Tinajones y Cantarillo, en el muestreo de la época seca de 2018, superaron el valor de referencia de efectos probables –PEL (Tabla 5.4). Teniendo en cuenta estos resultados, es necesario medir la biodisponibilidad de estos metales para reducir la incertidumbre del riesgo ambiental que puedan representar y evaluar los efectos que estos tienen sobre la fauna bentónica. Debido a la alta concentración de Ni, es necesario determinar su fuente o si este valor corresponde a la concentración natural de la zona.

Tabla 9.4. Concentración de metales pesados totales en los sedimentos de estaciones del departamento de Córdoba, colectados en las épocas lluviosa 2017 y seca de 2018. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de Buchman (2008). Sin referencia (-). Valores con el signo (<) corresponden al límite de cuantificación del método utilizado en el LABCAM. Sedimentos marinos y estuarinos (Mar/estu.). Los valores resaltados en color amarillo superan la referencia TEL y los resaltados con naranja superan la referencia PEL. Las estaciones Sinú-Tinajones y Río Sinú son estaciones de agua dulce.

Metal Totales	Sinú - Tinajones	R. Sinú	P. Escondido	Moñitos	F. Tinajones		Cantarillo		Ref. TEL		Ref. PEL	
	Lluvia 2017	Seca 2018	Seca 2018	Seca 2018	Lluvia 2017	Seca 2018	Lluvia 2017	Seca 2018	Mar./estu.	Dulce	Mar./estu.	Dulce
Plomo (µg Pb/g p.s.)	22,1	18,8	31,3	<16,7	18,9	31,0	18,4	21,2	30,2	35	112	91,3
Cadmio (µg Cd/g p.s.)	<12,5	<0,83	<0,83	0,92	<12,5	0,89	<12,5	0,94	0,68	-	4,2	-
Cromo (µg Cr/g p.s.)	95,0	67,1	23,7	28	122	100	102	90,2	52,3	37,3	160	90
Cobre (µg Cu/g p.s.)	49,6	19,5	<12,0	<12,0	59,4	38,8	53,4	53,4	18,7	35,7	108	197
Zinc (µg Zn/g p.s.)	113	42,2	20,7	21,9	143	67,2	120	72,8	124	123	271	315
Níquel (µg Ni/g p.s.)	39,3	231	221	235	47,3	221	34,6	173	15,9	18	42,8	36
Hierro (mg Fe/g p.s.)	44,5	17,7	10,2	9,46	55,9	31,3	50,0	38,9	-	-	-	-
Mercurio (ng Hg/g p.s.)	106	27,9	8,96	12,4	129	67,1	93,5	91,8	130	174	700	486

9.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El cálculo del ICAM_{ppf} mostró que la calidad del agua superficial en la mayoría de las estaciones REDCAM en Córdoba, estuvo entre aceptable y adecuada para la preservación de flora y fauna acuática, debido a que las condiciones fisicoquímicas y las concentraciones de contaminantes estuvieron dentro de los criterios de calidad de la legislación nacional o dentro de valores de referencia internacionales, con excepción de Puerto Escondido en la época lluviosa de 2017 y Soledad y frente a Agrotijó que tuvieron calidad entre inadecuada y pésima respectivamente, en la época seca del 2018.
- ❖ La estación Playa Blanca, tiene buena calidad microbiológica, que la hace apta para el uso recreativo, en tanto que las playas de Puerto Escondido y Moñitos presentan condiciones microbiológicas inadecuadas para el uso recreativo, asociado a la contaminación por vertimientos de aguas residuales.
- ❖ El agua superficial de las estaciones REDCAM en el departamento de Córdoba, no presentan contaminación por los metales Cd, Pb, Cr, Ni, Cu, Zn y Fe, ni por hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos, tampoco por residuos de plaguicidas, ya que las concentraciones registradas están por debajo de los valores de referencia internacionales.
- ❖ El sedimento de las estaciones río Sinú, Puerto Escondido, Moñitos, frente a Tinajones y Cantarillo, no se detectaron hidrocarburos aromáticos policíclicos, ni residuos de los plaguicidas analizados, pero las concentraciones de los metales Ni y Cr, estuvieron por encima de la referencia de efecto probable en la biota acuática descrito por la NOAA, por lo cual se requiere dar continuidad en el monitoreo y evaluar la biodisponibilidad y efectos de estos metales en los organismos bentónicos.

ANTIOQUIA

Por: Max Martínez-Campo y Ostin Garcés-Ordóñez



Playa Bobalito, Necoclí. Foto: Jairo Guillermo Vasquez

EQUIPO TÉCNICO CORPOURABÁ

Vanessa Paredes Zuñiga – Directora General
Arbey Molina – Subdirección de planeación
Enrique Vanegas Ospino- Subdirector de Gestión y Administración ambiental
Kelis Hinestroza – Coordinadora proyecto Manejo Integrado de Zonas Costeras.
Diana Cuervo Paternina – Coordinadora Laboratorio de Aguas
Jonny Charles Hernández Correa– Responsable de la toma de muestras
Julieth Katherine García – Responsable de la toma de muestras
Andrés Felipe Hernández – Profesional responsable red Monitoreo
Adelaida Pastrana Romero – Responsable área Microbiología
Daniel Flórez Alvarado – Responsable del área Físicoquímica

10. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

La zona costera del departamento de Antioquia es reconocida por presentar diversos ecosistemas marinos y costeros, como playas de arena, litorales, manglares y formaciones coralinas con una alta influencia de la hidrodinámica del delta del río Atrato y de corrientes como la contracorriente del Darién que determinan el contraflujo del golfo de Urabá ([Ricaurte-Villota y Bastidas, 2017](#)). La mayoría de las poblaciones de la zona costera del departamento presentan una inadecuada infraestructura para el tratamiento de las aguas domésticas, las cuales son vertidas directamente en el golfo, motivo por el cual sus ecosistemas se encuentran sometidos principalmente a esta fuente de contaminación, así como a otras fuentes producto de las diversas actividades económicas que se realizan en la zona, como la pesca, agricultura, explotación de recursos naturales, tránsito de embarcaciones y turismo, entre otras ([Vivas-Aguas et al., 2010](#)).

El presente capítulo contiene el diagnóstico de la calidad de las aguas y sedimentos marinos y costeros con base en tres (3) muestreos realizados en el segundo semestre del 2017, entre julio y diciembre, y dos (2) muestreos del primer semestre de 2018, realizados entre febrero y julio. La información del diagnóstico es útil para la gestión ambiental y el manejo integral del medio ambiente marino por parte de la Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá-CORPOURABÁ.

10.1 ZONAS DE MONITOREO

En el departamento de Antioquia, la REDCAM cuenta con 27 estaciones de muestreo para la evaluación de la calidad de las aguas. Estas estaciones se distribuyen geográficamente en cuatro zonas:

La zona **San Juan de Urabá** que corresponde a la zona más al norte del departamento, incluye siete estaciones de muestreo de agua marina superficial, distribuidos en la costa de los municipios de Necoclí y Arboletes, con la influencia de los ríos Mulatos, Damaquiel, San Juan, Hobo y Arboletes, abarcando un área con interés turístico, pesquero y sus desembarcaderos. En las estaciones río Hobo y las desembocaduras de los ríos Mulatos, Volcán, Damaquiel y San Juan, se recolectaron sedimentos para el análisis de contaminantes.

La zona **Golfo Alto** que incluye tres estaciones de muestreo de agua superficial, playa Lechugal; desembocadura del río Necoclí y ensenada de Rionegro, donde también se toman muestras de sedimentos. Es una zona de gran interés pesquero y desarrollo de actividades de interés turístico.

La zona **Golfo Medio**, donde se ubican las playas de interés turístico del departamento de Antioquia, la Martina, el Totumo y Necoclí, que son generadas por los depósitos sedimentarios transportados por el río Atrato, los cuales forman amplias extensiones deltaicas ([Díaz, 2014](#)). En esta zona se ubican siete estaciones de muestreo de agua superficial, en cuatro de las cuales (desembocadura de los ríos Caimán Nuevo, Necoclí, Turbo y Atrato Matatungo) se muestrearon sedimentos.

La zona de **Bahía Colombia** que abarca la parte sur de golfo y va desde el delta del río Atrato hasta la zona costera del municipio de Turbo. Esta zona se caracteriza por el desarrollo de actividades socioeconómicas del distrito portuario, logístico y turístico del municipio de Turbo; está influenciada por las desembocaduras del río Atrato, Suriquí, León, Guadualito y Turbo que

reciben desechos líquidos y sólidos provenientes de las plantaciones bananeras, la ganadería y las descargas residuales de los asentamientos urbanos (Vallejo *et al.*, 2016). En esta zona se cuenta con 10 estaciones de muestreo de agua superficial y cuatro estaciones de sedimentos ubicados en las desembocaduras de los ríos Guadualito, Currulao y León, y en el río Turbo.

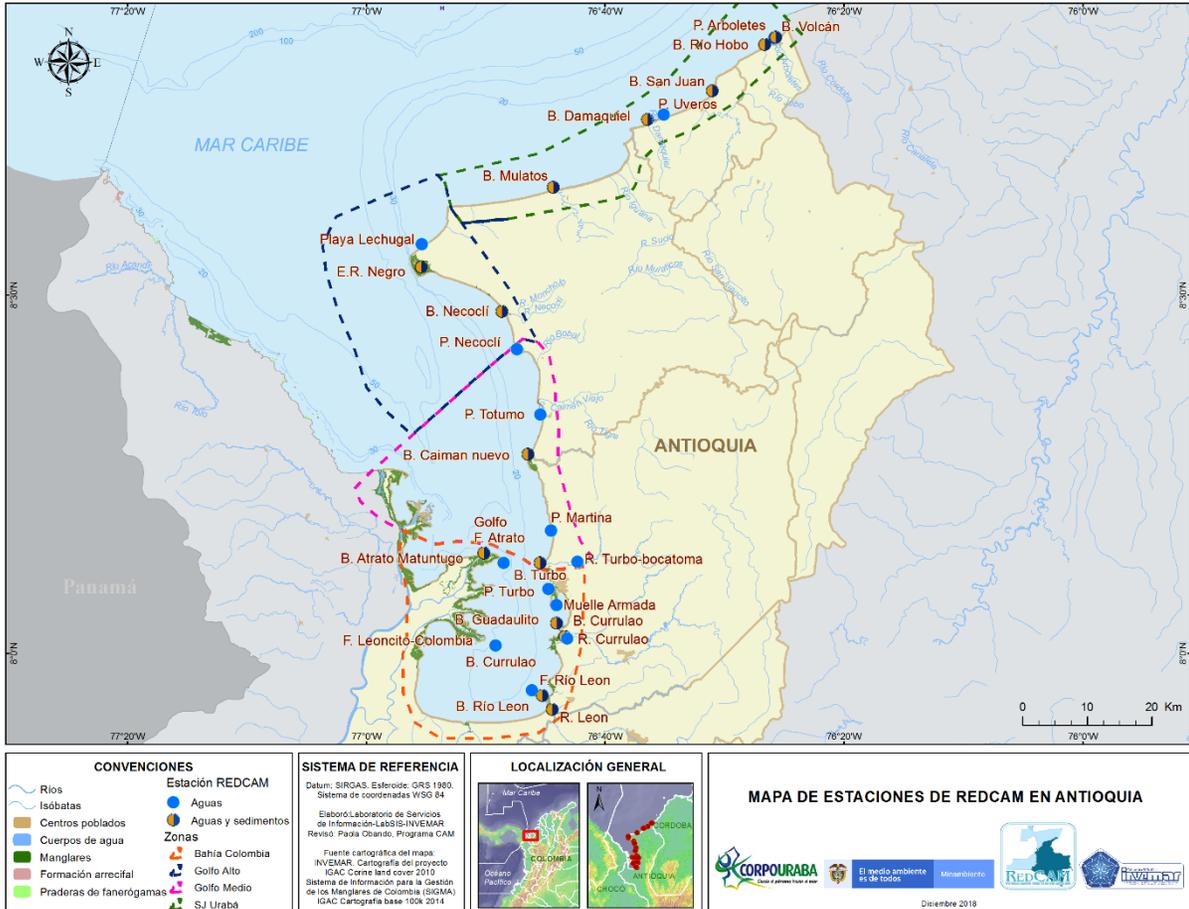


Figura 10.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Antioquia. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolor (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo.

Los muestreos fueron realizados por personal de CORPOURABÁ, en los meses de julio-agosto (época de lluvias), octubre (época de lluvias) y diciembre (época seca) de 2017, y entre febrero-abril (época seca) y junio-julio (transición) de 2018, teniendo en cuenta las diferentes épocas climáticas del golfo de Urabá, las cuales que están influenciadas por los vientos Alisios (Urrego *et al.*, 2014; INVEMAR, 2015). De acuerdo con el reporte de IDEAM (2018b), durante el muestreo de agosto de 2017, en el sur del golfo de Urabá se registraron precipitaciones entre 40 y 80% por debajo de lo normal, mientras que en el norte se registraron precipitaciones normales para esta época; en octubre de 2017 se registraron precipitaciones muy por debajo de lo normal (entre 0 y 40%) en la parte sur del golfo de Urabá y por debajo de lo normal en el norte (entre 40 y 80%), mientras que en el mes de diciembre de 2017 se presentaron precipitaciones normales

entre 80 y 120% ; en febrero de 2018 se presentaron precipitaciones muy por debajo de lo normal entre 0 y 40% a diferencia de abril donde estuvieron muy por encima de lo normal (>160%), mientras entre junio y julio, estuvieron apenas por debajo de lo normal (40-80%).

10.2 CALIDAD DE AGUAS

La temperatura del agua superficial en las estaciones REDCAM en Antioquia, osciló entre 25,5 y 32,5°C en el segundo semestre de 2017 y entre 26,1 y 31,7 en el primer semestre de 2018 (Tabla 10.1). Pese que no se presentaron diferencias significativas entre los muestreos, las temperaturas durante el segundo semestre fueron más variables, atribuido a la misma variabilidad climática durante este periodo con precipitaciones ocasionales.

Tabla 10.1. Temperatura del agua superficial del agua en las estaciones REDCAM de Antioquia, durante los muestreos de agosto, octubre y diciembre de 2017 y de febrero-abril y junio-julio de 2018.

Zona	Estación	Agosto 2017	Octubre 2017	Diciembre 2017	Feb-Abr 2018	Jun-Jul 2018	Rango histórico
San Juan de Urabá	Playa Arboletes	31,0	30,4	30,1	29,4	29,0	26 - 31,6
	Desembocadura río Mulatos	26,5	30,3	28,9	29,8	30,8	26 - 31,8
	Desembocadura río Volcán	31,0	30,2	28,7	30,0	27,0	24,2 - 31,7
	Desembocadura río Hobo	31,0	30,6	30,5	30,0	29,6	25,9 - 33,3
	Playa Uveros	31,1	32,4	32,2	30,5	29,7	25,7 - 32,2
	Desembocadura río Damaquiel	29,5	31,7	30,3	28,7	29,3	25,7 - 31,2
	Desembocadura río San Juan	29,6	29,7	30	30,4	28,9	25,3 - 33,4
Golfo Alto	Ensenada de Rionegro	29,5	30,4	27,7	27,7	29,4	25,1 - 32,2
	Desembocadura río Necoclí	28,2	30,2	26,4	28,9	28,0	24,9 - 31
	Playa Bobalito	31,0	29,7	28,8	27,7	29,2	25,4 - 29,3
Golfo Medio	Playa Necoclí	29,3	29,0	28,6	28,2	28,9	27 - 30,9
	Playa El Totumo	30,2	30,3	26,7	28,5	29,7	24,2 - 32,2
	Playa la Martina	30,3	29,9	28,3	28,4	29,7	26,3 - 32,9
	Desembocadura río Caimán Nuevo	26,7	29,3	27,7	28,3	26,7	26 - 32
	Desembocadura río Turbo	27,5	27,4	30,3	28,9	26,4	24 - 33,6
	km arriba río Turbo (bocatoma)	25,5	26,8	26,2	29,3	26,1	25,4 - 36,6
	Km afuera boca Matuntugo	28,4	30,3	26,9	28,3	28,0	26 - 29,2
Bahía Colombia	Playa Turbo	31,6	31,0	28,3	29,2	30,7	26,1 - 31,8
	Desembocadura río Currulao	31,7	32,5	29,9	31,5	27,4	25,5 - 31,3
	Km arriba río Currulao	27,9	28,3	25,5	31,7	29,2	23,3 - 37
	Desembocadura río León	28,2	28,2	28,2	29,6	28,6	25,5 - 30,8
	Km arriba río León	28,2	28,4	28,1	29,4	27,8	25,6 - 30,1
	Km Afuera río León (fondeadero)	28,9	28,5	28,3	28,3	29,1	25,4 - 31,1
	Desembocadura boca Matuntugo	28,5	31,0	29,0	27,5	27,0	27 - 27
	Muelle de la armada	31,2	30,4	29,6	29,0	31,5	26 - 32,9
	Km afuera boca Leoncito (Fondeadero)	27,8	26,7	27,0	27,8	28,3	26,5 - 29
Desembocadura río Guadualito	29,0	31,4	29,8	30,7	27,0	25,9 - 33,6	

La salinidad registrada durante los muestreos realizados entre primer semestre de 2017 y segundo semestre de 2018 se muestra en la Figura 10.2. Los valores más bajos de salinidad se registraron el muestreo de febrero-abril de 2018 (máx. 24,6), en comparación con los muestreos

del primer semestre de 2017 y el muestreo de junio-julio 2018 (Figura 10.2). Lo anterior es atribuido al incremento de las precipitaciones durante abril, las cuales estuvieron muy por encima del promedio histórico (>160%; IDEAM, 2018b), generando un incremento de los aportes continentales. Comparando estos resultados de salinidad con la escala de clasificación de las aguas propuestas por Knox (2001), en las estaciones de playas Arboles, Uveros y Bobalito, las aguas clasifican como marinas oligohalinas (>17-30) y mesohalinas (>30-34), mientras que las playas Necoclí, Totumo, Martina y Turbo, las aguas clasifican como salobres polihalina (>10-17) y marinas oligohalinas. Las estaciones en las desembocaduras de los ríos clasifican como aguas salobres (estuarina) oligohalina (0,5 – 3) y polihalina, y en los ríos se clasifican como dulce en algunas de las mediciones y salobres oligohalinas.

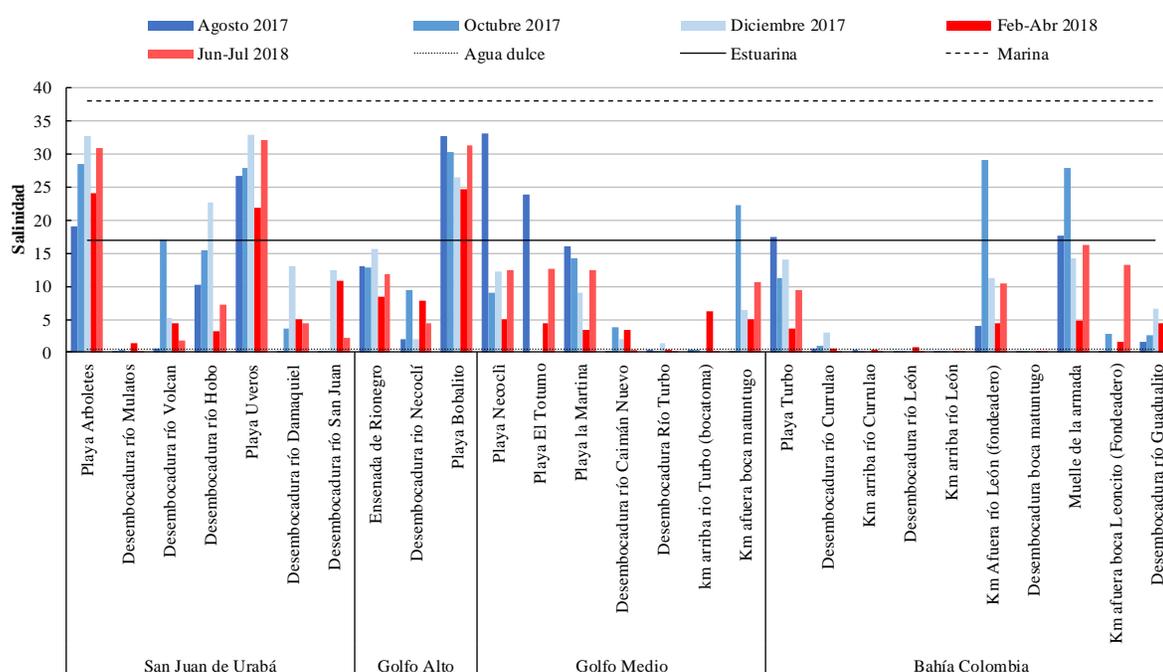


Figura 10.2. Salinidad del agua superficial de las estaciones del departamento de Antioquia, durante los muestreos realizados en el primer semestre de 2017 y el segundo semestre de 2018. Las líneas horizontales indican los rangos de clasificación de las aguas por salinidad propuestos por Knox (2001): agua dulce (<0,5), agua salobre (>0,5-17), agua marina (>17-38) y salmuera (>38).

En la Figura 10.3 se presentan las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) registradas durante los muestreos del segundo semestre de 2017 (1,1 – 8,8 mg/L) y primero del 2018 (0,4 - 8,4 mg/L), encontrándose diferencias significativas entre los semestres, donde las concentraciones más bajas de oxígeno disuelto se presentaron durante los muestreos de 2018, con un 33% de estaciones por debajo del límite permisible para preservación de flora y fauna (4 mg/L; MinSalud, 1984). En las estaciones ubicadas en las desembocaduras de los ríos; Volcán, Necoclí, Hobo, León y Atrato-Matuntugo, en la playa Arboletes y en la ensenada Rionegro, se presentaron condiciones de hipoxia (<2 mg O₂/L), representando un riesgo para la biota acuática aerobia.

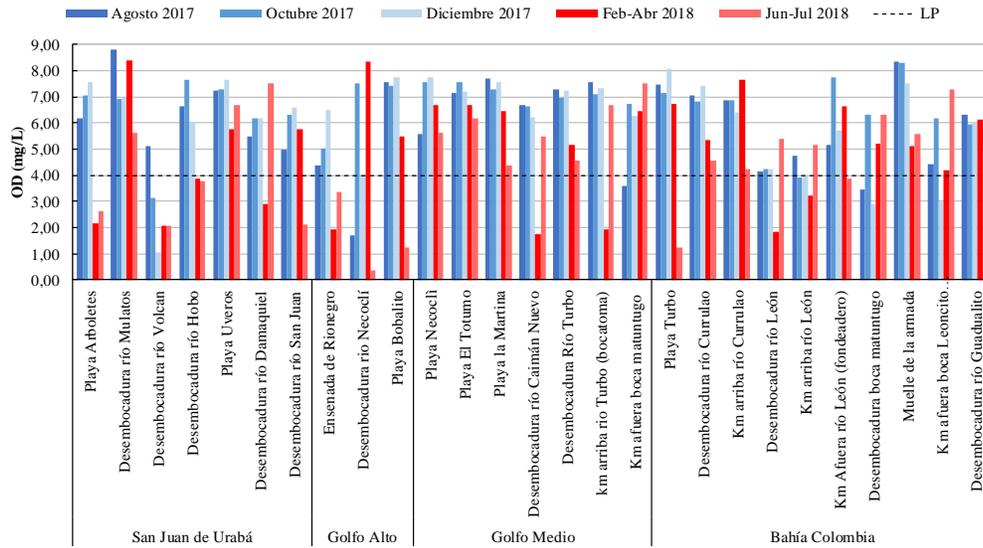


Figura 10.3. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Antioquia, durante los muestreos en el segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018. La línea punteada indica el nivel permisible para la preservación de flora y fauna establecido en el Decreto 1594 de 1984 (>4,0 mg de O₂/L; [MinSalud, 1984](#)).

El pH en las aguas superficiales osciló entre 5,8 y 8,6 en el segundo semestre de 2017, y entre 5,5 y 8,1 en el primer semestre de 2018, como se evidencia en la Figura 10.4, encontrándose dentro de los rangos establecidos para preservación de flora y fauna en aguas cálidas marinas y estuarina (6,5 – 8,5) y dulces (4,5 – 9,0; [MinSalud, 1984](#)). Los valores más bajos de pH, se registraron durante los muestreos de febrero-abril y junio-julio de 2018, debido a los aportes continentales, los cuales tienen gran influencia en las estaciones marinas.

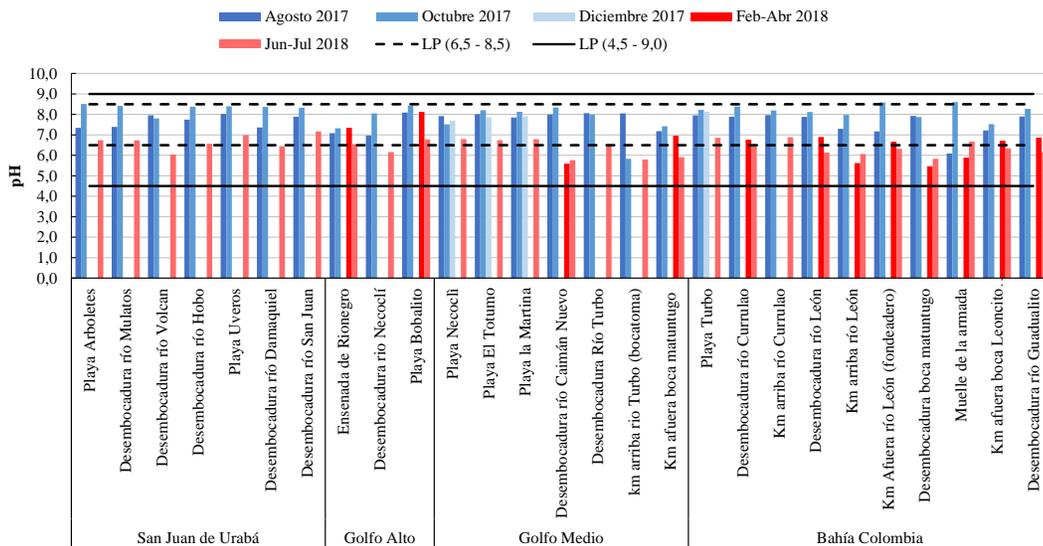


Figura 10.4. pH del agua superficial de las estaciones de Antioquia, en los muestreos en el segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018. La línea negra continua corresponden al rango permisible para preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce, y las líneas negras punteadas el rango permisible en aguas cálidas marinas y estuarinas establecidos en el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)).

Las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) oscilaron entre el límite de cuantificación del método analítico utilizado en el laboratorio de Agua de CORPOURABÁ (<9 mg/L) y 38.515 mg/L (Figura 10.4). Los registros más altos se obtuvieron en el muestreo de junio-julio de 2018, con un 31% de estaciones que presentaron condiciones de alta contaminación (> 400 mg/L) según el índice de calidad de México (CONAGUA, 2015), seguida del muestreo de agosto de 2017, con un 24% de estaciones fuertemente contaminadas y un 28% contaminadas. Las altas concentraciones se presentaron principalmente en las desembocaduras de los ríos y en las estaciones con influencia continental.

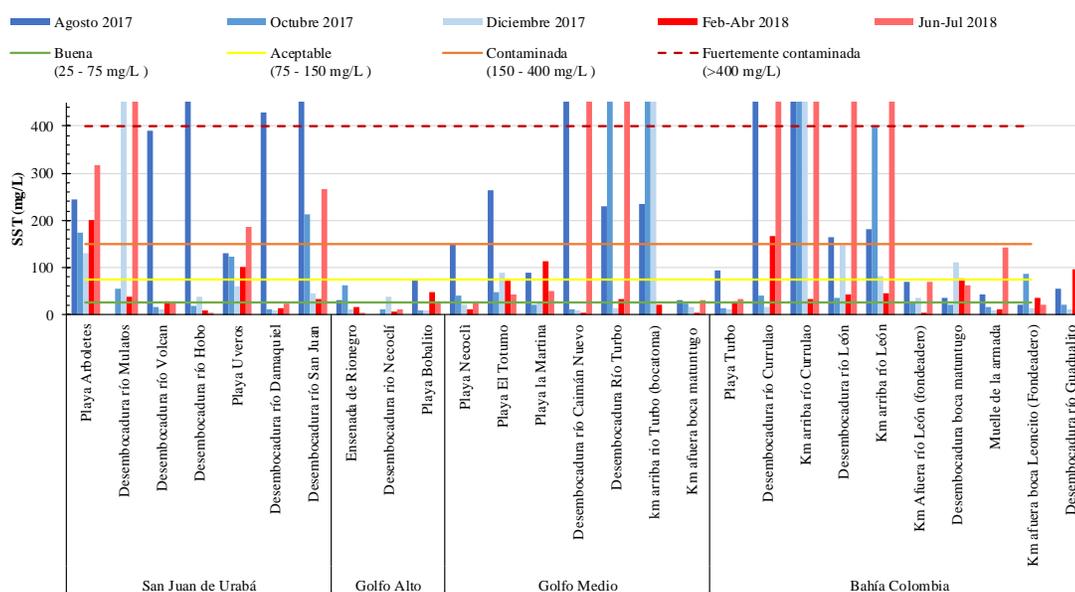


Figura 10.5. Concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Antioquia, en los muestreos en el segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018. Las líneas de color indican los rangos de clasificación de las aguas propuesto por CONAGUA (2015).

En la Figura 10.6, se presentan las concentraciones de los nutrientes inorgánicos disueltos como nitrito ($N-NO_2^-$), nitrato ($N-NO_3^-$), amonio ($N-NH_4^+$) y ortofosfato ($P-PO_4^{3-}$), medidos en los muestreos del segundo semestre de 2017 y primero del 2018. Los valores de nitrito oscilaron entre menor al límite de cuantificación del método analítico utilizado en el laboratorio de Aguas de CORPOURABÁ (<3,0 $\mu g NO_2^-/L$) y 150 $\mu g NO_2^-/L$ (Figura 10.6a). Las concentraciones más elevadas de este nutriente se registraron en las estaciones de las desembocaduras de los ríos Volcán (150 $\mu g NO_2^-/L$) y Guadualito (125,8 $\mu g NO_2^-/L$) en los muestreos del segundo semestre de 2017. En los muestreos de 2018, las mediciones de nitrito estuvieron en su mayoría por debajo del límite de cuantificación, no obstante, durante el muestreo de febrero-abril de 2018 se presentaron concentraciones entre 19,3 y 39,6 $\mu g NO_2^-/L$ en la zona Bahía Colombia.

Las concentraciones de nitrato oscilaron entre el límite de cuantificación del laboratorio de Aguas de CORPOURABÁ (<10 $\mu g NO_3^-/L$) y 2.120 $\mu g NO_3^-/L$ (Figura 10.6b), la cual fue obtenida en la estación ubicada 1 km arriba del río Currulao, seguido de las desembocaduras de los ríos Volcán (1.580 $\mu g NO_3^-/L$) y Guadualito (1.440 $\mu g NO_3^-/L$), principalmente durante los muestreos del segundo semestre de 2017.

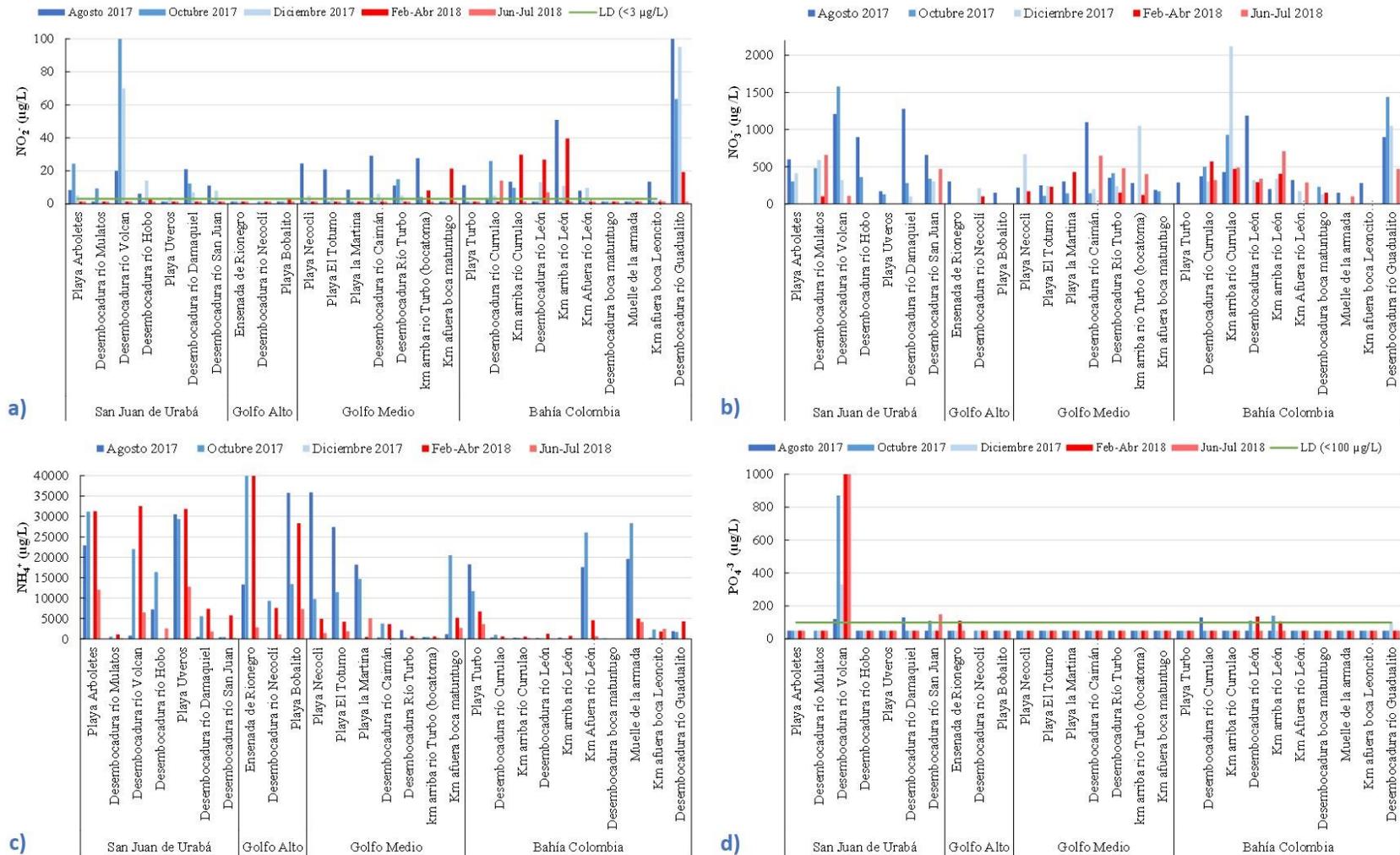


Figura 10.6. Nutrientes inorgánicos disueltos: a) amonio (N-NH_4^+), b) nitritos (N-NO_2^-), c) nitratos (N-NO_3^-) y d) ortofosfatos (P-PO_4^{3-}), medidos en agosto, octubre-y diciembre de 2017; y febrero-abril y junio-julio de 2018 en las estaciones REDCAM del departamento de Antioquia.

De las mediciones de amonio, cabe resaltar que durante el muestreo de diciembre de 2017 solo se midió en dos estaciones. A nivel general las concentraciones de más del 90 % de las estaciones estuvieron por encima de los 20.000 $\mu\text{g NH}_4^+/\text{L}$ para los muestreos de agosto y octubre de 2017 y febrero-abril de 2018, mientras que en junio-julio de 2018, estuvieron por debajo de 10.000 $\mu\text{g NH}_4^+/\text{L}$ (Figura 10.6c). Es de anotar que las más altas concentraciones se presentaron en la ensenada de Rionegro, principalmente en octubre de 2017 (3.153.000 $\mu\text{g NH}_4^+/\text{L}$) y febrero-abril de 2018 (55.480 $\mu\text{g NH}_4^+/\text{L}$).

En cuanto a los ortofosfatos, únicamente fueron detectado en las estaciones ubicadas en las desembocaduras de los ríos, presentándose las más altas concentraciones en la estación desembocadura río Volcán (120 – 2.350 $\mu\text{g PO}_4^{-3}\text{L}$; Figura 10.6d).

Durante los muestreos de 2018, personal de CORPOURABÁ recolectaron muestras de agua superficial para el análisis de Carbono Orgánico Total – COT, el cual fue realizado por el LABCAM del INVEMAR. Como se evidencia en la Tabla 10.2, las concentraciones más elevadas, por encima del percentil 90, se dieron en la desembocadura de los ríos, Necoclí, Volcán, San Juan, Hobo y Caimán Nuevo. Las altas concentraciones pueden generar una disminución muy importante del oxígeno disuelto, como se evidencia en la Figura 10.3, teniendo un impacto negativo sobre los organismos que se desarrollen en esos sistemas.

Tabla 10.2. Concentraciones de Carbono Orgánico Total – COT medidos en febrero-abril y junio-julio de 2018 en las estaciones REDCAM del departamento de Antioquia.

Zona	Estación	COT (mg C/L)	
		feb-abr 2018	jun-jul 2018
San Juan de Urabá	Playa Arboletes	2,75	1,73
	Desembocadura río Mulatos	<0,50	6,28
	Desembocadura río Volcán	11,2	11,7
	Desembocadura río Hobo	8,74	7,08
	Playa Uveros	3,01	1,84
	Desembocadura río Damaquiel	4,70	3,26
	Desembocadura río San Juan	<0,50	9,59
Golfo Alto	Ensenada de Rionegro	1,84	8,83
	Desembocadura río Necoclí	5,58	15,3
	Playa Bobalito	1,34	1,61
Golfo Medio	Playa Necoclí	4,65	3,00
	Playa El Totumo	4,74	3,06
	Playa la Martina	4,99	3,15
	Desembocadura río Caimán Nuevo	4,27	9,87
	Desembocadura Río Turbo	<0,50	6,65
	1 km arriba río Turbo (bocatoma)	<0,50	6,82
	Km afuera boca Matuntugo	1,73	2,46
Bahía Colombia	Playa Turbo	4,05	3,39
	Desembocadura río Currulao	4,37	7,43
	1 Km arriba río Currulao	<0,50	3,65
	Desembocadura río León	2,75	3,63
	Km arriba río León	1,72	4,27
	Km Afuera río León (fondeadero)	1,76	3,68
	Desembocadura boca Matuntugo	1,93	3,37
	Muelle de la armada	2,01	3,51
	Km afuera boca Leoncito (Fondeadero)	1,79	3,47
Desembocadura río Guadualito	2,28	9,00	

La evaluación de la calidad microbiológica de las aguas superficiales en los muestreos del segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018, se analizó a partir de la determinación de coliformes totales - CTT y *Escherichia coli*. Como se evidencia en la Tabla 10.4, aproximadamente el 90 % de las estaciones evaluadas registraron concentraciones que sobrepasaban los límites permisibles de CTT tanto para contacto primario (1.000 NMP/100 mL) como secundario (5.000 NMP/100 mL; [MinSalud, 1984](#)).

Tabla 10.3. Concentraciones de coliformes totales (CTT) medidos en agosto, octubre-y diciembre de 2017; y febrero-abril y junio-julio de 2018 en las estaciones REDCAM del departamento de Antioquia. NR: Sin registro. MG: Media geométrica.

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)					
		Ago-17	Oct-17	Dic-17	Feb-Abr 18	Jun-Jul 18	MG
San Juan de Urabá	Playa Arboletes	165.370	241960	81640	31	4611	13610
	Desembocadura río Mulatos	NR	3873	344800	15531	121000	39802
	Desembocadura río Volcán	2.419.600	2755000	204600	1299700	24196000	2120662
	Desembocadura río Hobo	960.060	547500	1986300	25900	6570	177795
	Playa Uveros	241.960	24196	17329	15531	443	14749
	Desembocadura río Damaquiel	1.732.900	3255	19863	241960	190400	87610
	Desembocadura río San Juan	158.500	80100	241960	20460	48840	78962
Golfo Alto	Ensenada de Rionegro	1.968,3	19863	6867	1540	3680	4330
	Desembocadura río Necoclí	NR	19863	241960	9804	51720	39511
	Playa Bobalito	19.863	4884	97	1098	20	730
Golfo Medio	Playa Necoclí	19.683	24196	173290	388	15531	13782
	Playa El Totumo	19.863	10112	173290	2260	24196	18026
	Playa la Martina	17.327	1201	19863	22820	8164	9491
	Desembocadura río Caimán Nuevo	198.630	1201	19863	46110	241960	35046
	Desembocadura Río Turbo	98.040	387300	12033	23830	24196000	192370
	km arriba río Turbo (bocatoma)	19863	325500	1046200	19863	3448000	215360
	Km afuera boca Matuntugo	2820	1396	1842	147	2239,8	1190
Bahía Colombia	Playa Turbo	9804	19863	NR	36540	2143	11112
	Desembocadura río Currulao	166400	120330	173290	51000	241960	133759
	Km arriba río Currulao	173290	2419600	1011200	30760	471000	361137
	Desembocadura río León	173290	92080	129970	52000	325500	128549
	Km arriba río León	155310	908	19863	63000	238200	33475
	Km Afuera río León (fondeadero)	198630	775,6	129970	231	1789	6075
	Desembocadura boca Matuntugo	57940	26130	8664	30760	17329000	93093
	Muelle de la armada	2382	9804	1553	3360	293300	8140
	Km afuera boca Leoncito (Fondeadero)	24196	2909	2909	20000	4839,2	7234
	Desembocadura río Guadualito	51720	111990	120330	19890	241960	80374
Límite permisible contacto primario		1.000					
Límite permisible contacto secundario*		5.000					

En cuanto a la determinación de *E. coli*, en la Tabla 10.4, se presentan las concentraciones obtenidas en los muestreos del segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018. Cabe resaltar que, si bien a nivel nacional no existe un valor de referencia para este indicador, se empleará el límite para coliformes termotolerantes (200 NMP/100 mL; [MinSalud, 1984](#)), ya que este microorganismo representa el 99% de los coliformes termotolerantes. En ese orden, las estaciones Ensenada de Rionegro, las playas Bobalito y Turbo y los frentes de las bocas del río Atrato Matuntugo y Leoncito presentaron condiciones adecuadas en la mayoría de las mediciones.

Tabla 10.4. Concentraciones de *Escherichia coli* medidos en agosto, octubre-y diciembre de 2017; y febrero-abril y junio-julio de 2018 en las estaciones REDCAM del departamento de Antioquia. NR: Sin registro. MG: Media geométrica. MG: Media geométrica.

Zona	Estación	E coli (NMP/100ml)					
		Ago-17	Oct-17	Dic-17	Feb-Abr 18	Jun-Jul 18	MG
San Juan de Urabá	Playa Arboletes	68670	13240	27230	10	1076	3056
	Desembocadura río Mulatos	NR	668	12200	122	10000	1776
	Desembocadura río Volcán	115300	331000	57300	686700	809000	261159
	Desembocadura río Hobo	10000	1000	5200	2000	1220	2634
	Playa Uveros	4430	5475	450	683	85	913
	Desembocadura río Damaquiel	110600	693	794	149	7400	2319
	Desembocadura río San Juan	30900	11000	2530	1460	5040	5758
Golfo Alto	Ensenada de Rionegro	387,3	108	52	18	100	83
	Desembocadura río Necoclí	NR	323	3090	121	10460	1060
	Playa Bobalito	193	341	10	23	< LD	62
Golfo Medio	Playa Necoclí	443	6867	86640	20	1137	1431
	Playa El Totumo	402	1071	111990	200	3654	2039
	Playa la Martina	63	354	243	520	218	228
	Desembocadura río Caimán Nuevo	11120	20	1989	100	62940	1227
	Desembocadura río Turbo	5210	9800	789	100	121000	3448
	km arriba río Turbo (bocatoma)	6488	3100	62000	3076	31000	10352
	Km afuera boca Matuntugo	100	20	31	4	344,4	39
Bahía Colombia	Playa Turbo	62	98	NR	200	108	107
	Desembocadura río Currulao	18900	34480	92080	1000	81640	21778
	Km arriba río Currulao	38730	816400	58100	750	52000	37242
	Desembocadura río León	92080	16580	32550	10000	32700	27680
	Km arriba río León	22470	122	20	10000	16000	1544
	Km Afuera río León (fondeadero)	41060	251,8	104620	4	414	1124
	Desembocadura boca Matuntugo	100	1210	31	100	675000	760
	Muelle de la armada	20	1274	187	200	82600	601
	Km afuera boca Leoncito (Fondeadero)	75	86	31	1000	46,6	99
Desembocadura río Guadualito	7030	30760	32550	100	77010	8847	

Las concentraciones de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD) equivalentes de criseno, oscilaron entre el límite de cuantificación (<0,075 µg/L) y 11,3 µg/L, encontrándose los valores más altos durante el muestreo de junio-julio de 2018. Como se evidencia en la Figura 10.7, las estaciones ubicadas 1 km arriba de los ríos Turbo (10,9 µg/L) y Currulao (11,3 µg/L), estuvieron contaminadas (>10 µg/L); mientras que las estaciones playa Necoclí (9,6 µg/L, desembocadura río Damaquiel (6,5 µg/L) y desembocadura río Turbo (7,8 µg/L), presentaron contaminación baja (>5 <10 µg/L; [Zanardi et al., 1999](#)). Lo anterior se asocia al tipo de actividad que se realiza en la zona, la cual es principalmente actividad portuaria ([INVEMAR, 2018](#)).

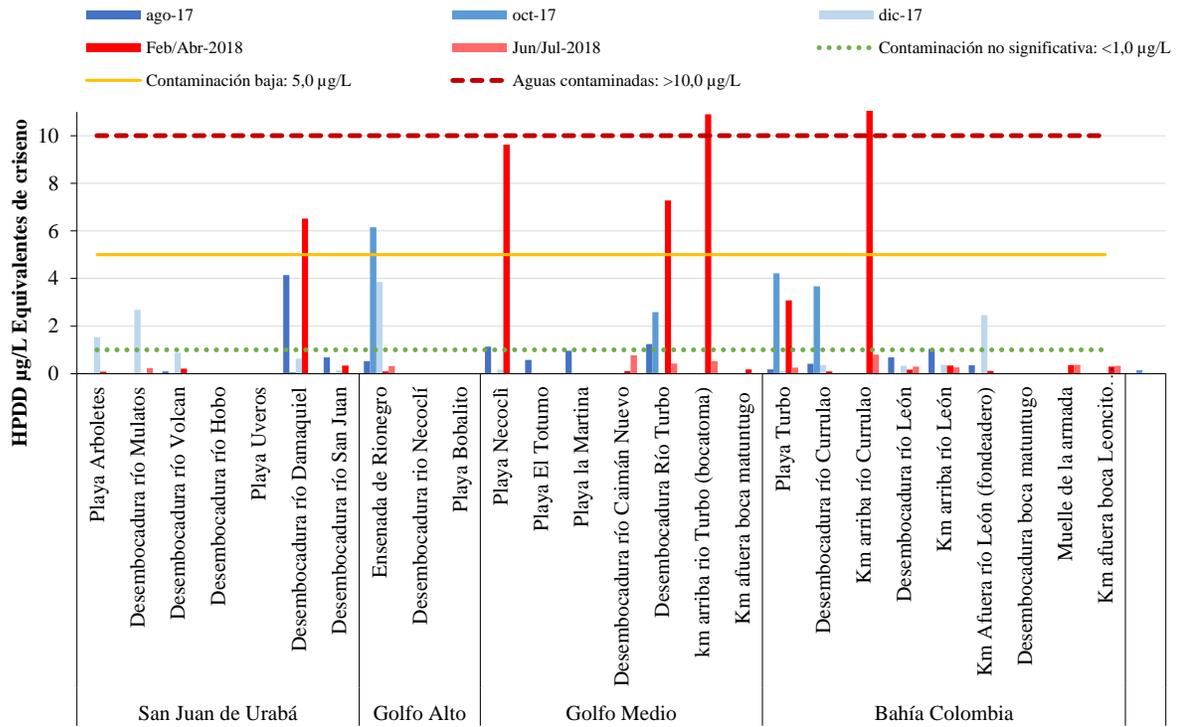


Figura 10.7. Concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) en el agua superficial en las estaciones del departamento de Magdalena, durante los muestreos del segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018.

En cuanto a los metales pesados disueltos medidos en aguas superficiales, entre agosto y diciembre de 2017 solo fueron analizados el hierro y mercurio, de los cuales el hierro únicamente fue detectado en las estaciones ubicadas frente (2,83 µg Hg/L) y sobre la boca (19,42 µg Hg/L) Matuntugo del río Atrato (Tabla 10.5).

Tabla 10.5. Concentración de metales pesados disueltos medidos en el agua superficial en las estaciones del departamento de Magdalena, durante los muestreos del segundo semestre de 2017.

Zona	Estación	Ago-17	Oct-17	Dic-17	
		Hierro	Hierro	Hierro	Mercurio
		mg Fe/L	mg Fe/L	mg Fe/L	µg Hg/L
San Juan de Urabá	Playa Arboletes	0,41	0,38	<0,08	1
	Desembocadura río Mulatos	-	0,92	18,75	<0,0010
	Desembocadura río Volcán	3,22	0,37	<0,08	1,38
	Desembocadura río Hobo	0,69	0,18	<0,08	<0,0010
	Playa Uveros	0,35	0,36	<0,08	<0,0010
	Desembocadura río Damaquiel	0,36	0,23	<0,08	<0,0010
	Desembocadura río San Juan	5,59	2,95	<0,08	<0,0010
Golfo Alto	Ensenada de Rionegro	0,15	<0,08	<0,08	<0,0010
	Desembocadura río Necoclí	-	<0,08	3,68	<0,0010
	Playa Bobalito	0,131	0,103	<0,08	<0,0010
Golfo Medio	Playa Necoclí	<0,08	<0,08	<0,08	<0,0010
	Playa El Totumo	<0,08	0,16	0,14	<0,0010
	Playa la Martina	<0,08	0,08	<0,08	<0,0010

Zona	Estación	Ago-17	Oct-17	Dic-17	
		Hierro	Hierro	Hierro	Mercurio
		mg Fe/L	mg Fe/L	mg Fe/L	µg Hg/L
	Desembocadura río Caimán Nuevo	1,13	0,52	<0,08	<0,0010
	Desembocadura río Turbo	0,49	3,85	<0,08	<0,0010
	km arriba río Turbo (bocatoma)	0,43	3,06	42,76	<0,0010
	Km afuera boca Matuntugo	0,47	0,76	0,08	2,83
Bahía Colombia	Playa Turbo	<0,08	<0,08	<0,08	<0,0010
	Desembocadura río Currulao	0,111	1,85	<0,08	0,68
	Km arriba río Currulao	0,58	3,13	7,65	<0,0010
	Desembocadura río León	1,07	5,14	0,51	<0,0010
	Km arriba río León	2,12	4,45	0,4	<0,0010
	Km Afuera río León (fondeadero)	0,6	<0,08	<0,08	<0,0010
	Desembocadura boca Matuntugo	0,97		0,73	19,42
	Muelle de la armada	<0,08	0,16	<0,08	<0,0010
	Km afuera boca Leoncito (Fondeadero)	0,69	1,06	0,38	<0,0010
	Desembocadura río Guadualito	<0,08	1,22	0,08	1,38

De las mediciones realizadas en los muestreos de febrero-abril (Tabla 10.6) y junio-julio (Tabla 10.7) de 2018; el plomo solo fue detectado en la bocatoma del río Turbo (2,84 µg Pb/L) en el muestreo de febrero-abril de 2018, estando por encima del valor de referencia para efectos crónicos en aguas dulces (<2,5 µg Pb/L; [Buchman, 2008](#)); el cadmio fue detectado en el muestreo de febrero-abril de 2018, donde las concentraciones más altas se registraron en las zonas de San Juan de Urabá (1,41 – 2,01 µg Cd/L) y Golfo Alto (1,09 – 1,91 µg Cd/L), las cuales no superaron el valor de referencia para efectos crónicos aguas en aguas marinas (8,1 µg Cd/L) pero si en aguas dulces (0,25 µg Cd/L; [Buchman, 2008](#)). El cobre fue detectado en la mayoría de las estaciones, presentándose las más altas concentraciones durante el muestreo de junio-julio de 2018 en las estaciones ubicadas 1 km arriba del río Turbo (85,47 µg Cu/L), desembocadura del río Turbo (101,31 µg Cu/L) y 1 km arriba río Currulao (98,02 µg Cu/L; Tabla 10.7) los cuales estuvieron por encima del valor de referencia de efectos agudos en organismos de aguas dulces (13 µg Cu/L; [Buchman, 2008](#)) y marino-estuarinas (2 µg Cu/L; [EPA, 2016](#)).

Tabla 10.6. Concentraciones de metales pesados disueltos medidos en el agua superficial de las estaciones REDCAM en Antioquia, durante el muestreo de febrero-abril de 2018.

Zona	Estación	Febrero-abril de 2018					
		Plomo	Cadmio	Cobre	Zinc	Hierro	Mercurio
		µg Pb/L	µg Cd/L	µg Cu/L	µg Zn/L	mg Fe/L	µg Hg/L
San Juan de Urabá	Playa Arboletes	<3,6	1,41	4,65	<200	1,86	<0,5
	Desembocadura río Mulatos	<3,6	<0,5	5,72	<200	1,1	2,48
	Desembocadura río Volcán	<3,6	1,39	5,12	<200	0,364	<0,5
	Desembocadura río Hobo	<3,6	<0,31	6,87	<200	0,32	<0,5
	Playa Uveros	<3,6	2,01	3,62	<200	0,54	1,89
	Desembocadura río Damaquiel	<3,6	0,7	3,54	<200	0,36	0,62
	Desembocadura río San Juan	<3,6	1,84	5,87	<200	0,66	<0,5
Golfo Alto	Ensenada de Rionegro	<3,6	1,06	<2	<200	<0,08	<0,5
	Desembocadura río Necoclí	<3,6	1,55	2,15	<200	0,46	<0,5
	Playa Bobalito	<3,6	1,91	<2	<200	0,57	3,63
Golfo Medio	Playa Necoclí	<3,6	1,02	5,61	<200	0,58	<0,5
	Playa El Totumo	<3,6	0,8	9,84	<200	1,31	<0,5
	Playa la Martina	<3,6	0,94	11,64	<200	2,78	<0,5

Zona	Estación	Febrero-abril de 2018					
		Plomo	Cadmio	Cobre	Zinc	Hierro	Mercurio
		µg Pb/L	µg Cd/L	µg Cu/L	µg Zn/L	mg Fe/L	µg Hg/L
	Desembocadura río Caimán Nuevo	<3,6	<0,5	10,18	<200	0,089	<0,5
	Desembocadura río Turbo	<3,6	<0,5	49,6	<200	0,66	<0,5
	km arriba río Turbo (bocatoma)	2,84	0,58	4,77	<200	<0,08	0,0342
	Km afuera boca Matuntugo	<3,6	<0,5	<0,2	3,79	<0,08	<0,5
Bahía Colombia	Playa Turbo	<3,6	0,82	7,36	<200	0,95	<0,5
	Desembocadura río Currulao	<3,6	<0,5	14,61	<200	0,66	0,0825
	Km arriba río Currulao	<3,6	<0,5	12,77	<200	<0,08	<0,5
	Desembocadura río León	<3,6	<0,5	9,98	<200	0,83	1,05
	Km arriba río León	<3,6	<0,5	5,03	<200	1,04	<0,5
	Km Afuera río León (fondeadero)	<3,6	0,63	3,91	<200	0,15	<0,5
	Desembocadura boca Matuntugo	<3,6	<0,5	6,96	<200	0,5	<0,5
	Muelle de la armada	<3,6	0,83	3,3	<200	0,32	<0,5
	Km afuera boca Leoncito (Fondeadero)	<3,6	<0,5	7,87	<200	1,76	<0,5
	Desembocadura río Guadualito	<3,6	<0,5	10,77	<200	0,71	<0,5

Durante los muestreo de 2018, las concentraciones más elevadas de zinc se presentaron en las estaciones frente río Atrato - boca Matuntugo (3.790 µg Zn/L; febrero-abril), desembocadura del río Caimán Nuevo (230 µg Zn/L; junio-julio), Turbo (310 µg Zn/L; junio-julio) y bocatoma del río Turbo (260 µg Zn/L; junio-julio), encontrándose por encima del valor de referencia de efectos agudos tanto para aguas marinas (90 µg Zn/L) como dulces (120 µg Zn/L; [Buchman, 2008](#)). El hierro presentó concentraciones que estuvieron por encima de los valores de referencia para efectos agudos en aguas marinas (0,3 mg Fe/L) y efectos crónicos en aguas dulces (1 mg Fe/L; [Buchman, 2008](#)). En cuanto al mercurio, las concentraciones más altas se presentaron en la estación playa Bobalito tanto en el primer muestreo (3,6 µg Hg/L) como en el segundo (14,2 µg Hg/L) del 2018, sobrepasando el valor de referencia para efectos agudos en aguas marinas (1,8 µg Hg/L; [Buchman, 2008](#)).

Tabla 10.7. Concentraciones de metales pesados disueltos medidos en el agua superficial de las estaciones REDCAM en Antioquia, durante el muestreo de junio-julio de 2018.

Zona	Estación	Jun-Jul 2018					
		Plomo	Cadmio	Cobre	Zinc	Hierro	Mercurio
		µg Pb/L	µg Cd/L	µg Cu/L	µg Zn/L	mg Fe/L	µg Hg/L
San Juan de Urabá	Playa Arboletes	<3,6	<0,3	10,89	<200	0,86	3,04
	Desembocadura río Mulatos	<3,6	<0,3	37,22	380	<0,08	1,0297
	Desembocadura río Volcán	<3,6	<0,3	<2	<200	0,43	1,66
	Desembocadura río Hobo	<3,6	<0,3	3,23	<200	0,16	<0,5
	Playa Uveros	<3,6	<0,3	5,03	<200	0,34	0,6129
	Desembocadura río Damaquiel	<3,6	<0,3	4,74	<200	0,21	1,8204
	Desembocadura río San Juan	<3,6	<0,3	9,62	<200	2,31	0,57
Golfo Alto	Ensenada de Rionegro	<3,6	<0,3	5,33	<200	0,21	2,5713
	Desembocadura río Necoclí	<3,6	ND	2	<200	<0,08	1,68
	Playa Bobalito	<3,6	<0,3	2,57	<200	<0,08	14,225
Golfo Medio	Playa Necoclí	<3,6	<0,3	14,34	<200	0,08	0,77
	Playa El Totumo	<3,6	<0,3	8,79	<200	0,21	1,08
	Playa la Martina	<3,6	<0,3	3,93	<200	0,15	0,71
	Desembocadura río Caimán Nuevo	<3,6	<0,3	2,99	230	76,85	3
	Desembocadura río Turbo	<3,6	0,38	101,31	310	37,49	<0,5
	km arriba río Turbo (bocatoma)	<3,6	<0,3	85,47	260	37,19	0,63
	Km afuera boca Matuntugo	<3,6	<0,3	<2	<200	0,22	2,58

Zona	Estación	Jun-Jul 2018					
		Plomo	Cadmio	Cobre	Zinc	Hierro	Mercurio
		µg Pb/L	µg Cd/L	µg Cu/L	µg Zn/L	mg Fe/L	µg Hg/L
Bahía Colombia	Playa Turbo	<3,6	ND	5,13	<200	0,094	2,32
	Desembocadura río Currulao	<3,6	<0,3	6,34	<200	45,22	<0,5
	Km arriba río Currulao	<3,6	<0,3	98,02	300	50,25	0,8857
	Desembocadura río León	<3,6	<0,3	<2	<200	11,97	3,26
	Km arriba río León	<3,6	<0,3	<2	<200	11,58	0,79
	Km Afuera río León (fondeadero)	<3,6	<0,3	<2	<200	1,81	3,2841
	Desembocadura boca Matuntugo	<3,6	<0,3	6,13	<200	1,4	0,9
	Muelle de la armada	<3,6	<0,3	9,05	<200	0,41	1,0496
	Km afuera boca Leoncito (Fondeadero)	<3,6	<0,3	0,33	<200	0,64	0,85
	Desembocadura río Guadualito	<3,6	<0,3	7,97	<200	57,93	<0,5

Durante los muestreos del segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018, no fueron detectados los plaguicidas evaluados en aguas superficiales (Aldrines, DDT's, Lindano, Endrín Cetona, DDD, Clorotalonil, Clorpirifós, Cis-Permetrina, Propiconazol, Azoxistribin, Difeconazol Azoxistribin, β – Endosulfán y Tebuconazol).

10.2.1 Calidad del agua de acuerdo con el ICAM_{PPF}

La aplicación del ICAM_{PPF} mostró que en el muestreo de agosto 2017, la calidad del agua superficial del 5% de las estaciones fue adecuada, el 45% fue aceptable, el 35% inadecuada y el 15% pésima (Figura 10.8). Las estaciones con calidad pésima fueron las ubicadas en las desembocaduras de los ríos Hobo, San Juan y Caimán Nuevo, debido a la elevada concentración de sólidos suspendidos, nutrientes inorgánicos y la contaminación microbiológica.

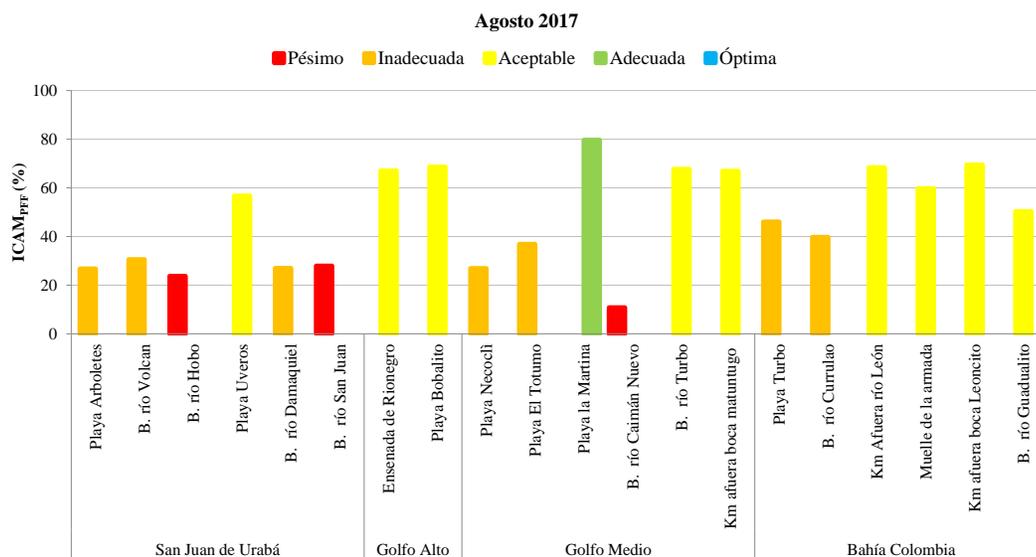


Figura 10.8. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas de la REDCAM en el departamento de Antioquia en el muestreo de agosto de 2017 evaluadas con el ICAM_{PPF}.

En octubre de 2017, aumentó el número de estaciones con aguas de calidad adecuada (57%), disminuyó el número de estaciones con calidad aceptable (10%) e inadecuada (19%), y se mantuvo el número de estaciones con calidad pésima (14%) (Figura 10.9). Las estaciones con calidad pésima fueron playa Arboletes, y las desembocaduras de los ríos Volcán y Turbo, por altas concentraciones de *E. coli*, nitratos y sólidos suspendidos totales.

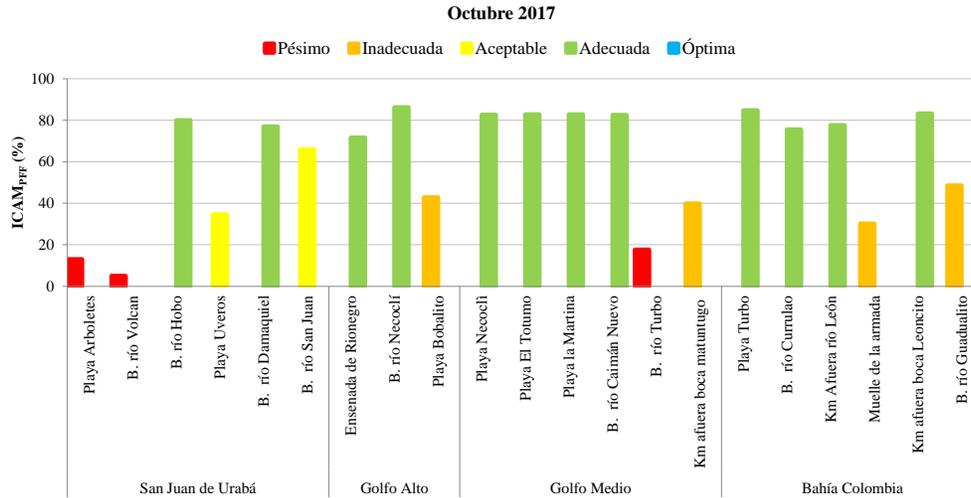


Figura 10.9. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas de la REDCAM en el departamento de Antioquia en el muestreo de octubre de 2017 evaluadas con el ICAM_{PFF}.

En diciembre de 2017 mejoró la calidad de las aguas, 62% de las estaciones presentaron calidad adecuada, el 19% calidad aceptable y el 14% calidad inadecuada. La calidad inadecuada y aceptable se determinaron como consecuencia de la prevalencia de altas concentraciones de *E. coli*, microorganismo indicador de contaminación fecal.

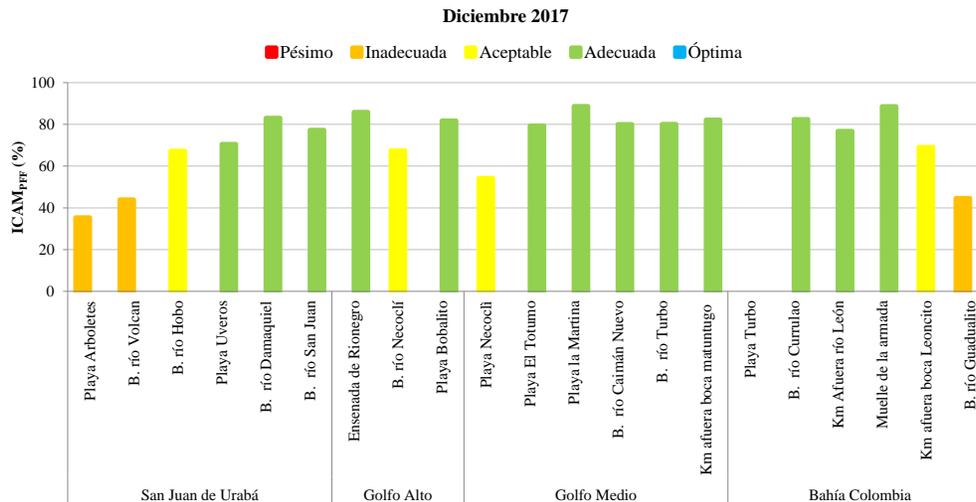


Figura 10.10. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas de la REDCAM en el departamento de Antioquia en el muestreo de diciembre de 2017 evaluadas con el ICAM_{PFF}.

En el muestreo de febrero-abril de 2018, los resultados del ICAM_{PFF} mostraron que la calidad de las aguas bajó, con 20% de estaciones con aguas de calidad pésima, 35% con calidad inadecuada, 30% con calidad aceptable y 15% con adecuada calidad para la preservación de flora y fauna (Figura 10.11). La razón del deterioro de la calidad de las aguas fue un incremento en las concentraciones de *E. coli*, altas concentraciones de sólidos suspendidos totales y de nitratos.

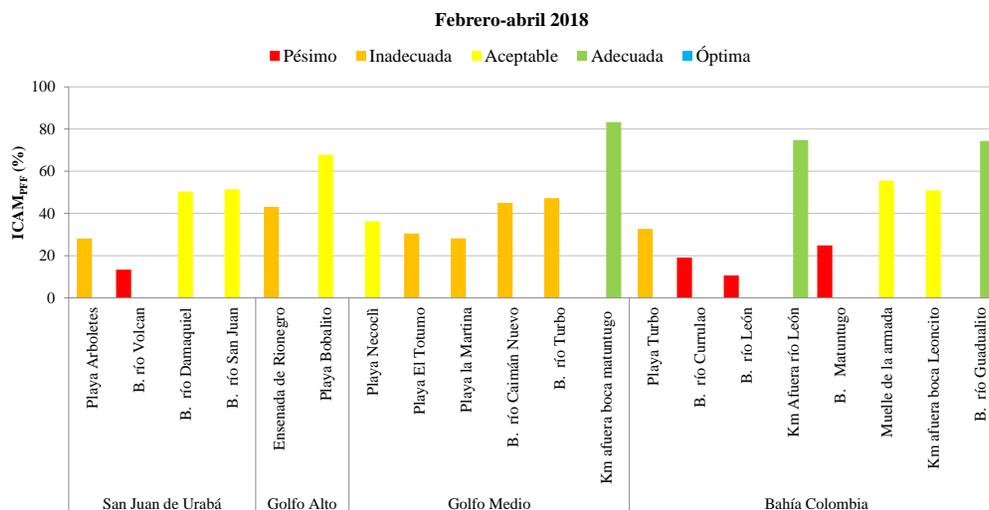


Figura 10.11. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas de la REDCAM en el departamento de Antioquia en el muestreo de febrero-abril de 2018 evaluadas con el ICAM_{PFF}.

En el muestreo de junio-junio de 2018, se continuaron registrando concentraciones más elevadas de *E. coli*, nutrientes inorgánicos, sólidos en suspensión y bajas concentraciones de oxígeno disuelto que dio como resultado, aguas con calidad pésima en el 46% de las estaciones evaluadas, calidad inadecuada en el 25% de las estaciones y calidad aceptable en el 29% (Figura 10.12).

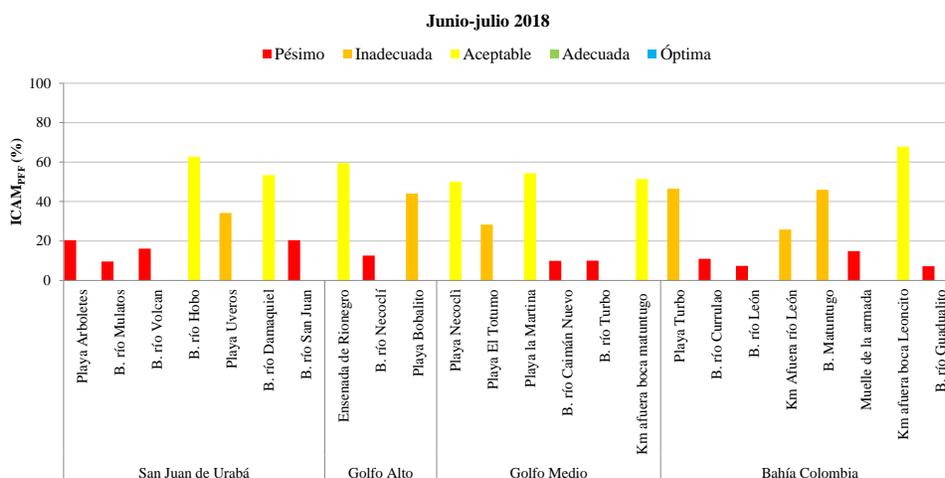


Figura 10.12. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas de la REDCAM en el departamento de Antioquia en el muestreo de junio-julio de 2018 evaluadas con el ICAM_{PFF}.

Teniendo en cuenta los resultados del ICAM y las opciones de medidas a optar propuesta en la Tabla 1.2, se sugiere continuar con el monitoreo e implementar un plan de contingencia; además de implementar acciones de inversión para el tratamiento de las aguas residuales de los municipios del golfo de Urabá, para reducir la contaminación microbiológica, la carga orgánica, los nutrientes, entre otros contaminantes, y de esta manera tratar de reducir los impactos de las aguas residuales sobre el recurso hídrico marino costero.

10.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

De los 16 hidrocarburos aromáticos policíclicos analizados, únicamente se detectó el fenantreno (10 ng/g) en la estación de la desembocadura del río León. El fenantreno es un compuesto de interés ambiental al ser catalogado como agudamente tóxico para organismos acuáticos, no obstante la concentración determinada estuvo por debajo de los valores de referencia en Canadá para sedimentos continentales (< 41,9 ng/g; [CCME, 2010](#)).

Con respecto a las mediciones de metales pesados en los sedimentos, en la Tabla 10.8 se relacionan las concentraciones obtenidas únicamente en los muestreos de febrero-abril y junio-julio de 2018. Los metales cadmio, plomo y mercurio, si bien fueron detectados, las concentraciones no sobrepasaron los valores de referencia para sedimentos según la NOAA ([Buchman, 2008](#)). Por otro lado, el cobre se encontró en concentraciones por encima de los valores de efecto umbral en organismos acuáticos, y el zinc estuvieron por encima del valor para efectos probables, principalmente en el muestreo de febrero-abril de 2018 ([Buchman, 2008](#)).

Tabla 10.8. Metales pesados totales en sedimentos, determinados en el primer (febrero-abril) y segundo (junio-julio) muestreo de 2018. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y probables (PEL), fueron tomados de la NOAA Screening Quick Reference Tables ([Buchman, 2008](#)).

Zona	Estación	Cadmio (µg Cd/g)		Cobre (µg Cu/g)		Mercurio (ng/g Hg/g)		Plomo (µg Pb/g)		Zinc (mg Zn/g)	
		Feb-abr 18	Jun-jul 18	Feb-abr 18	Jun-jul 18	Feb-abr 18	Jun-jul 18	Feb-abr 18	Jun-jul 18	Feb-abr 18	Jun-jul 18
San Juan de Urabá	Desembocadura río Mulatos	0,13	0,08	53,1	10,5	60,8	41,0	6,90	0,23	2,53	0,13
	Ensenada de Rionegro	0,11	0,05	75,9	19,9	66,8	43,0	7,80	0,51	2,24	0,26
	Desembocadura río San Juan	0,09	0,08	55,3	27,1	46,8	73,0	5,98	1,48	2,17	0,37
	Desembocadura río Volcán	0,09	0,09	57,2	16,4	47,1	73,0	7,01	0,59	1,79	0,36
	Desembocadura río Hobo	0,05	0,10	44,5	13,3	46,0	50,0	9,29	0,84	3,18	0,86
	Desembocadura río Damaquiel	0,06	0,05	42,2	18,8	30,4	53,0	3,85	1,03	2,33	0,38
Golfo Medio	Desembocadura río Caimán Nuevo	0,09	0,12	60,3	35,1	65,3	100,0	6,54	1,16	1,31	0,23
	Desembocadura río Necoclí	0,03	0,07	10,6	32,9	17,3	77,0	ND	1,85	0,76	0,38
	Desembocadura río Turbo	0,07	0,06	46,6	19,4	52,5	77,0	2,78	0,91	3,55	0,19
	Desembocadura boca Matuntugo	0,16	0,09	90,82	56,9	59,7	53,0	3,27	1,22	1,88	0,44
Bahía Colombia	Desembocadura río Currulao	<0,5	0,07	14,61	34,3	82,5	82,0	29,71	1,59	4,43	0,46
	Desembocadura río Guadualito	NR	0,06	NR	24,3	NR	75,3	NR	1,25	NR	0,39
	Km Arriba río Turbo (bocatoma)	0,07	0,09	45,43	47,7	34,2	79,0	7,01	1,06	3,28	0,69
	Desembocadura río León	0,12	0,07	85,65	48,6	73,1	58,0	7,70	2,06	3,95	0,48
Referencia TEL Sedimentos marinos y fluviales*		0,68 - 0,60*		18,7 - 35,7		130 - 174*		30,2 - 35*		0,124 - 0,123*	
Referencia PEL Sedimentos marinos y fluviales*		4,2 - 3,53*		108 - 197*		700 - 486*		112 - 91,3*		0,271 - 0,315*	

10.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El cálculo del $ICAM_{pff}$ mostró que la calidad del agua superficial en la mayoría de las estaciones REDCAM en Antioquia, estuvo entre pésima y adecuada para la preservación de flora y fauna acuática, debido a la alta contaminación microbiológica, concentración de sólidos suspendidos y nutrientes, que afectan en algunos casos las concentraciones de oxígeno disuelto llevando a condiciones de hipoxia. Es importante la inversión pública para mejorar el servicio de saneamiento ambiental de las poblaciones costeras, y esfuerzos para la reducción de factores ambientales que están incrementando las cargas de contaminantes que llegan al golfo a través de los ríos.
- ❖ Las aguas en las estaciones de las playas Arboletes, Uveros, Necoclí, El Totumo y La Martina, presentan recurrentemente altas concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal asociado a la contaminación por vertimientos de aguas residuales, que las hace no apta para el uso recreativo, mientras que la playa de Turbo, presenta concentraciones de *E. coli* adecuadas para el uso recreativo.
- ❖ El agua superficial de las estaciones REDCAM en el Antioquia, tienen residuos de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos, en niveles bajos de contaminación, a excepción de las estaciones km arriba del río Turbo y km arriba del río Currulao que presentan aguas contaminadas según las referencias internacionales.
- ❖ Las aguas superficiales en las estaciones bocatoma del río Turbo, Currulao, Atrato, Caimán Nuevo y Bobalito presentan concentraciones de Cd, Pb, Cu, Zn, Fe y Hg, por encima del valor de referencia internacionales para efectos crónicos y en algunos casos para efectos agudos. Se recomienda seguir con el monitoreo de estos elementos, y evaluar fuentes de contaminación en estos cuerpos de agua.
- ❖ Los sedimentos de las estaciones evaluadas no presentan contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos, ni por metales pesados, al registrar concentraciones debajo de las referencias internacionales de efectos adversos en la biota acuática descrito por la NOAA.

CHOCÓ - PACÍFICO

Por: Victoria Castillo-Olaya



Playa Tribugá. Foto: Jorge Gracia

EQUIPO TÉCNICO CODECHOCÓ

Arnold Rincon Lopez – Subdirector de Calidad y Control Ambiental
Alexis Castro Arriaga – Coordinador Laboratorio de aguas CODECHOCÓ
Danny Yennescy Palomeque Largacha – Ingeniera Ambiental, Contratista

11. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE CHOCÓ

La zona costera del Pacífico chocoano es reconocida como una de las áreas de mayor biodiversidad marino-costera del Pacífico Oriental Tropical ([Miloslavich et al., 2011](#)). Esta zona presenta diversos ecosistemas como playas de arena, litorales rocosos, manglares, arrecifes rocosos y formaciones coralinas que albergan una gran diversidad de especies así como recursos disponibles para el consumo de las comunidades locales ([Guzmán et al., 2004](#); [Gómez-Cubillos et al., 2015](#); [INVEMAR, 2016](#)). Estos ecosistemas se encuentran sometidos a múltiples fuentes de contaminación, debido a que en la mayoría de las poblaciones de la zona costera del departamento del Chocó, el tratamiento de las aguas residuales domésticas es deficiente, hay una escasa cobertura de alcantarillado y aseo, y hay una serie de actividades que se realizan en la zona, entre estas, la pesca, agricultura, explotación de recursos naturales (maderables y mineros), actividades portuarias, entre otras que generan residuos.

El presente capítulo contiene el diagnóstico de la calidad de las aguas y sedimentos marinos y costeros durante el monitoreo realizado en el segundo semestre de 2017; información que fue comparada con los registros históricos de la REDCAM desde el año 2001. La información del diagnóstico es útil para la gestión ambiental y el manejo integral del medio ambiente marino por parte de dicha Corporación.

11.1 ZONAS DE MONITOREO

El departamento del Chocó, cuenta con 16 estaciones REDCAM distribuidas en dos zonas (Figura 11.1):

La zona **Bahía Solano**, corresponde a la sección norte del departamento del Chocó en el Pacífico, la cual se caracteriza por presentar una gran variedad de ecosistemas marinos y costeros con una alta riqueza y abundancia de especies marinas ([INVEMAR, 2016](#)). En esta zona se ubican cinco estaciones de muestreo de agua superficial, playa Huina, frente Bahía Solano, Bahía Solano, quebrada Chocolatal y río Jella (Figura 11.1).

La zona **Golfo Tribugá**, corresponde a la zona sur del departamento del Chocó en el Pacífico, va desde la playa Almejal hasta el centro urbano del municipio de Nuquí. En esta zona se encuentra el Parque Nacional Natural Utría y la ensenada de Tribugá. Esta zona cuenta con 11 estaciones de muestreo de agua superficial, ubicadas en las playas Almejal, río Valle, ensenada de Utría, Jurubidá, Tribugá y Nuquí (Figura 11.1).

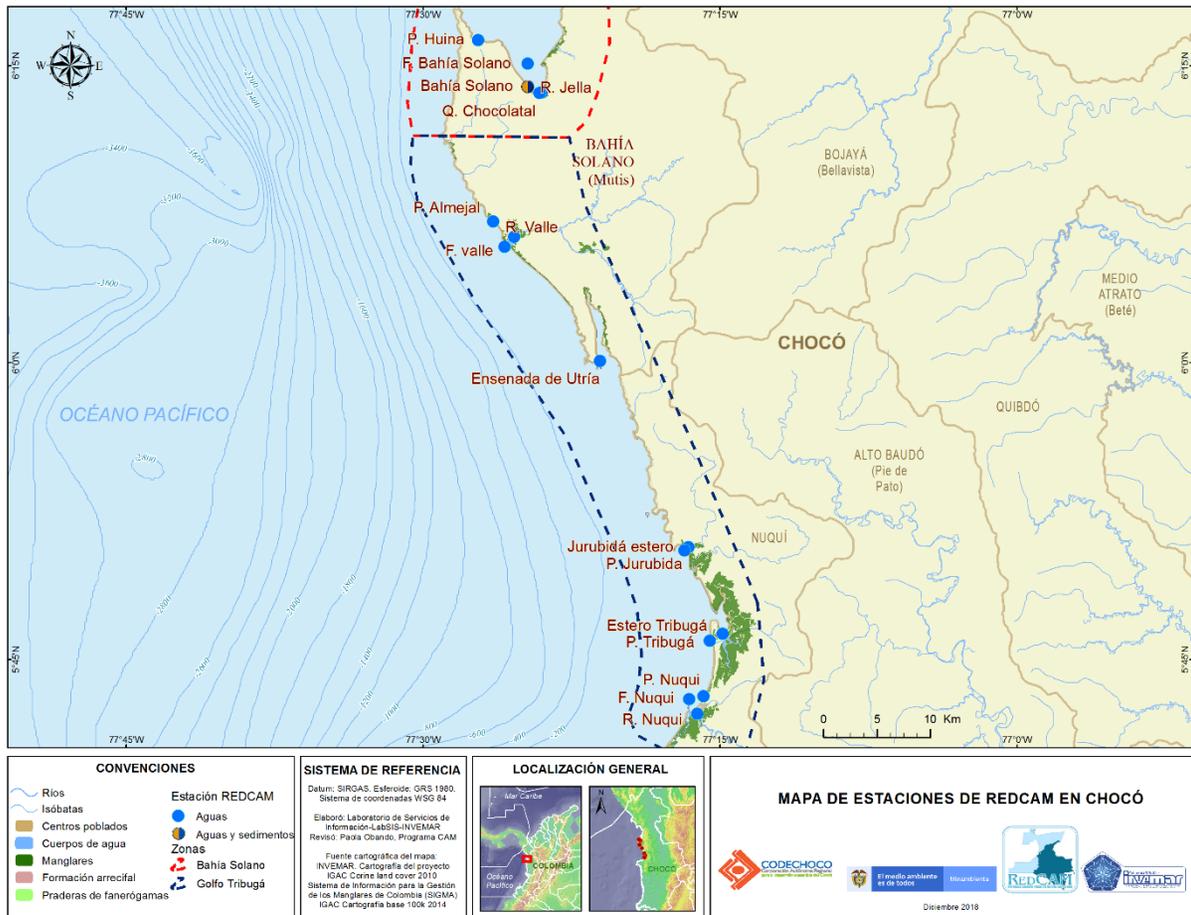


Figura 11.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Chocó. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolors (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo.

El muestreo fue realizado por personal de INVEMAR, durante la primera semana del mes de octubre de 2017, en compañía de funcionarios de CODECHOCÓ. Durante el mes de octubre se registraron precipitaciones diarias menores a 100 mm con un promedio acumulado de 50 mm, en el cual se presentaron precipitaciones anómalas de 68% de por debajo de lo normal ([IDEAM, 2018b](#)).

11.2 CALIDAD DE AGUAS

Durante el muestreo de octubre de 2017, la temperatura del agua superficial en las estaciones REDCAM de la zona costera del Pacífico Chocoano, fluctuó entre 25 y 28,9°C, valores que estuvieron dentro del rango histórico reportado por la REDCAM (Tabla 11.1).

Tabla 11.1. Temperatura del agua superficial en las estaciones del departamento del Chocó, en octubre de 2017; y rango histórico reportados por la REDCAM de 2001 a 2016 (INVEMAR, 2017a).

Zona	Estación	Octubre 2017	Rango histórico
Bahía Solano	P. Huina	28,9	26,4 - 30,4
	F. Bahía Solano	28,8	26,2 - 30,4
	Bahía Solano	28,5	26,2 - 37,4
	Q. Chocolatal	25	24,1 - 29,7
Golfo Tribugá	R. Jella	27,1	24,4 - 30,9
	P. Almejal	27,6	25,3 - 28,9
	R. Valle	25,2	24 - 28,2
	F. Valle	25,4	24,5 - 29,7
	Ensenada de Utría	27,8	24,5 - 29,4
	Jurubidá Estero	26,7	24,1 - 29,2
	P. Jurubidá	27,6	25,7 - 29,9
	Estero Tribugá	27,5	25,8 - 29,5
	P. Tribugá	28,3	25 - 30
	P. Nuquí	26,8	26,5 - 29,8
	F. Nuquí	26,7	25,2 - 30,6
	R. Nuquí	25,1	24,6 - 30

La salinidad del agua superficial en las estaciones de muestreo en octubre de 2017, osciló entre 0 y 25,9 unidades (Figura 11.2). En la zona Bahía Solano, las aguas corresponden a aguas marinas oligohalinas (>17-30) de acuerdo con la clasificación de [Knox \(2001\)](#), excepto la estación quebrada Chocolatal que corresponde a agua estuarina y el río Jella que corresponde a agua dulce. En la zona Golfo Tribugá, de igual manera la mayoría de estaciones corresponden a aguas marinas oligohalinas; las estaciones frente del río Valle, Jurubidá Estero, playa Nuquí y frente del río Nuquí corresponde a agua estuarina; y las estaciones río Valle y río Nuquí se clasifican como agua dulce. En esta época de muestreo, en todas las estaciones, la salinidad fue más baja que el promedio reportado por la REDCAM entre 2001 y 2016 (Figura 11.2).

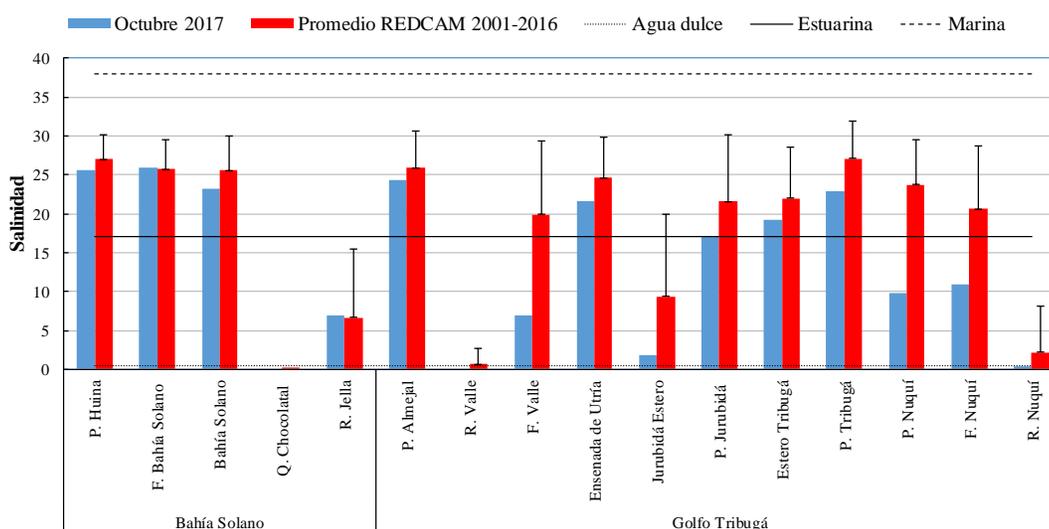


Figura 11.2. Salinidad del agua superficial de las estaciones del departamento del Chocó, en octubre de 2017 y el promedio histórico de 2001 a 2016. Las líneas horizontales indican los rangos de clasificación de las aguas por salinidad propuestos por [Knox \(2001\)](#): agua dulce (<0,5), agua salobre (>0,5-17) y agua marina (>17-38).

En octubre de 2017, la concentración de oxígeno disuelto (OD) fluctuó entre 4,69 y 8,02 mg O₂/L (Figura 11.3), valores que se consideran adecuados para la biota acuática, al estar por encima del criterio de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce, marinas y estuarinas, según el Decreto 1594 de 1984 (4 mg O₂/L; [MinSalud, 1984](#)). Comparando estos resultados con el registro histórico de la REDCAM (2001 a 2016), en las estaciones de zona de Bahía Solano y del Golfo de Tribugá, la concentración de OD promedio ha estado por encima del criterio de calidad para la preservación de la flora y fauna (Figura 11.3). En la estación Estero Tribugá, se han registrado las concentraciones de OD más bajas (5,64±1,07 mg de O₂/L), alcanzando valores por debajo del criterio de calidad, como el registrado en el año 2004 (3,6 mg de O₂/L), posiblemente debido a vertimientos de aguas residuales. Otros casos de incumplimiento se han registrado en las estaciones río Nuquí (año 2001: 1,2 mg de O₂/L), frente del río Nuquí (año 2001: 1 mg de O₂/L) en la zona del Golfo de Tribugá y río Jella (2002: 3,93 mg de O₂/L) en la zona de Bahía Solano, valores asociados con vertimientos de aguas residuales ([INVEMAR, 2001](#)).

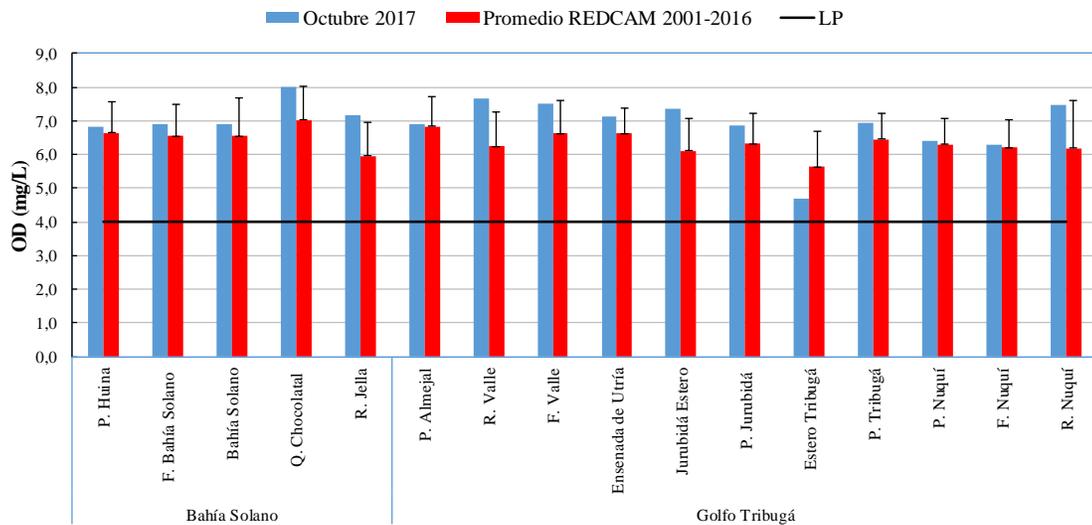


Figura 11.3. Concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua superficial de las estaciones del departamento del Chocó, en octubre de 2017 y promedio histórico de la REDCAM entre 2001 y 2016. La línea negra indica el nivel permisible para la preservación de flora y fauna establecido en el Decreto 1594 de 1984 (>4,0 mg de O₂/L; [MinSalud, 1984](#)).

En el muestreo de octubre 2017, el pH osciló entre 7,46 y 8,23, valores que estuvieron dentro de los rangos permisibles para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulces, marinas y estuarinas según el Decreto 1594 de 1984 (Figura 11.4). Adicionalmente, los valores registrados están dentro del promedio histórico reportado por la REDCAM, entre 2001 y 2016 en las estaciones de las zonas de Bahía Solano y el Golfo de Tribugá (Figura 11.4).

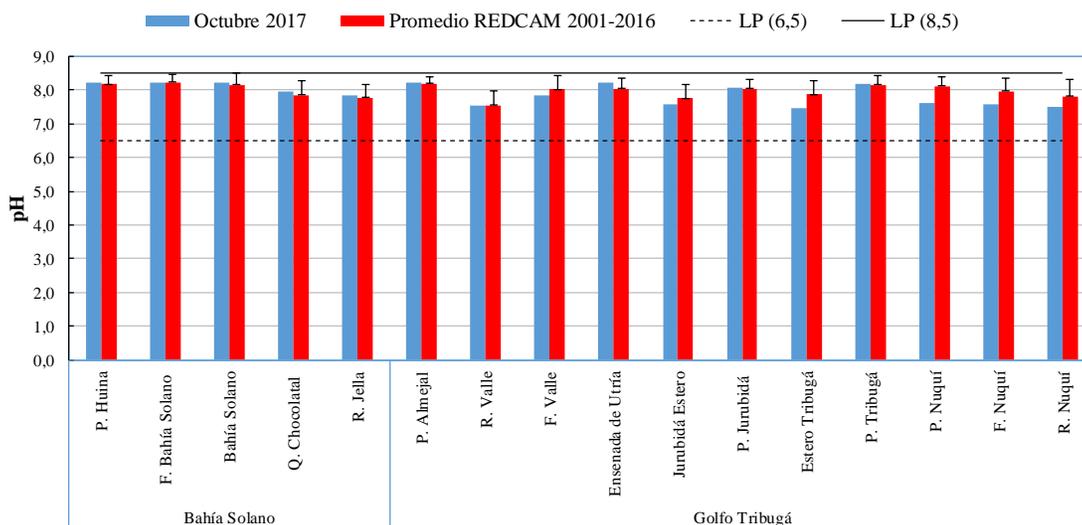


Figura 11.4. pH del agua superficial de las estaciones del departamento del Chocó en el muestreo de octubre de 2017 y promedio desde 2001 a 2016. La línea negra continua corresponden al rango permisible para preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce, y las líneas negras punteadas el rango permisible en aguas cálidas marinas y estuarinas establecidos en el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)).

En octubre de 2017, los sólidos suspendidos totales (SST) oscilaron entre 2,1 y 33,8 mg/L, siendo las estaciones río Valle, frente del río Valle, río Nuquí y frente del río Nuquí las que presentaron las concentraciones más altas de SST (Figura 11.5). Teniendo en cuenta la referencia de clasificación de la calidad de las aguas por SST propuesta por [CONAGUA \(2015\)](#), el 100% de las estaciones presentaron buena calidad (<75 mg/L). De acuerdo con los reportes históricos de la REDCAM (2001 a 2016), la mayoría de las estaciones de muestreo en el departamento del Chocó han presentado bajas concentraciones de SST, con algunas excepciones en las estaciones en el río Nuquí, Estero Tribugá, Jurubidá Estero y río Valle, donde se han registrado concentraciones promedio de SST de $167,8 \pm 365,6$ mg/L, $65,9 \pm 154,0$ mg/L, $71,8 \pm 119,8$ mg/L, $86,3 \pm 190,4$ mg/L, respectivamente (Figura 11.5), superando en algunas épocas la referencia de buena calidad de [CONAGUA \(2015\)](#), condiciones que pudieron estar asociadas a procesos erosivos, producto de la deforestación de las rondas hídricas, a escorrentías y a vertimientos de aguas residuales provenientes de las poblaciones de Nuquí, Valle, Bahía Solano, entre otros centros poblados que pudieron incrementarse por las precipitaciones.

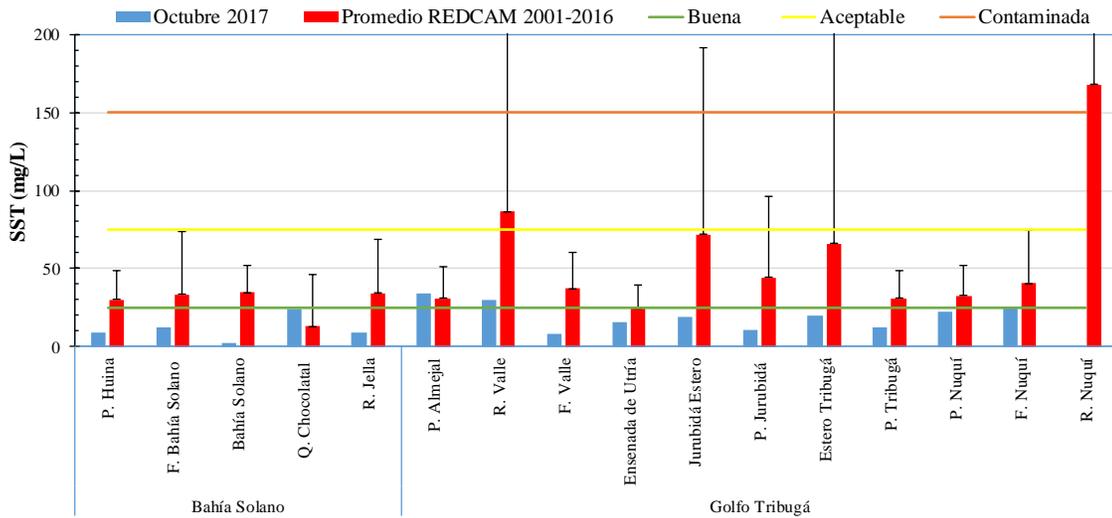


Figura 11.5. Concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el agua superficial en las estaciones del departamento de Chocó en octubre de 2017 y promedio desde 2001 a 2016. Las líneas de color indican los rangos de clasificación de calidad de las aguas propuesto por [CONAGUA \(2015\)](#).

En la Figura 11.6 se muestran las concentraciones de los nutrientes inorgánicos disueltos, medidas en el muestreo de octubre de 2017 y los promedios históricos REDCAM (2001 a 2016). En la zona de Bahía Solano, las mayores concentraciones de amonio ($N-NH_4^+$) fueron registradas, en las estaciones quebrada Chocolatal ($5.372 \mu g N-NH_4^+/L$), concentración que está por encima del promedio histórico, río Jella ($43 \mu g N-NH_4^+/L$) y Bahía Solano ($20 \mu g N-NH_4^+/L$) (Figura 11.6a), que además en el registro histórico, han presentado altas concentraciones en los años 2009 y 2013, asociadas con la escorrentía del basurero a cielo abierto de Bahía Solano, así como por el vertimiento de aguas residuales de origen doméstico ([INVEVAR, 2017b](#)). En la zona del Golfo Tribugá la estación frente del río Nuquí y playa Nuquí, presentaron las concentraciones más altas de amonio ($N-NH_4^+$) (Figura 11.6a).

Los nitritos ($N-NO_2^-$) se encontraron en bajas concentraciones durante el muestreo de octubre de 2017 (Figura 11.6b). La mayor concentración, se registró en la estación frente del río Valle ($0,97 \mu g$ de $N-NO_2^-/L$), sin embargo, en el histórico, la estación río Jella es la que presenta la concentración promedio de nitritos más alta en el departamento del Chocó ($3,5 \pm 3,2 \mu g$ de $N-NO_2^-/L$).

En la zona de Bahía Solano, la quebrada Chocolatal ($148 \mu g$ de $N-NO_3^-/L$) y río Jella ($108 \mu g$ de $N-NO_3^-/L$) presentaron las concentraciones de nitratos ($N-NO_3^-$) más altas (Figura 11.6c); en la zona de Golfo Tribugá, en la estación Jurubidá Estero se presentó la mayor concentración ($68,2 \mu g$ de $N-NO_3^-/L$), seguida de las estaciones frente del río Valle ($57,6 \mu g$ de $N-NO_3^-/L$) y río Nuquí ($49,4 \mu g$ de $N-NO_3^-/L$). Históricamente, las concentraciones más altas de nitritos y nitratos se han registrado en la estación playa de Tribugá y en la estación bahía Solano en el 2004 y 2012, respectivamente ([INVEVAR, 2017a](#)).

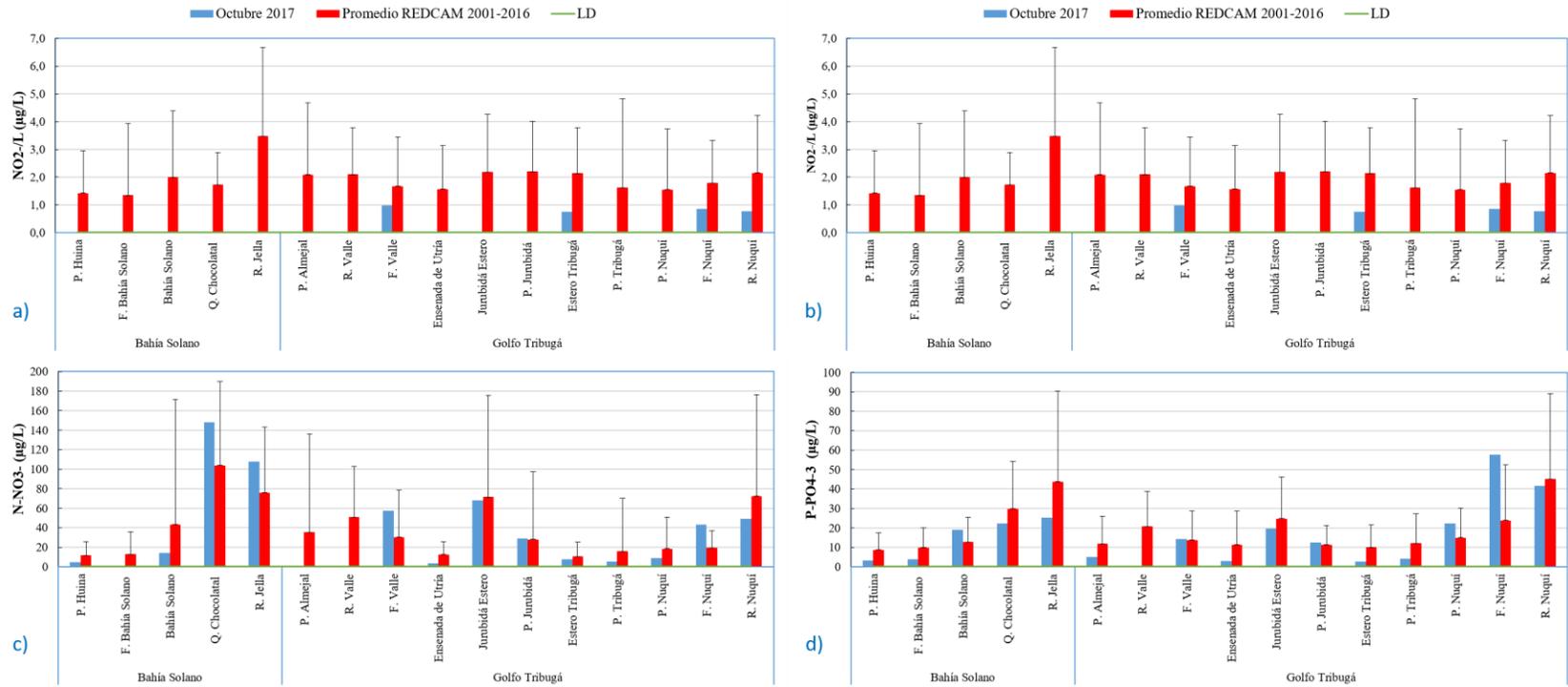


Figura 11.6. Concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos: a) amonio (N-NH_4^+), b) nitritos (N-NO_2^-), c) nitratos (N-NO_3^-) y d) ortofosfatos (P-PO_4^{3-}), en el agua superficial de las estaciones del departamento de Chocó, en el muestreo de octubre de 2017 y el promedio reportados por la REDCAM entre 2001 y 2016.

En octubre de 2017, la concentración más alta de ortofosfatos se registró en la zona del Golfo Tribugá (Figura 11.6d), en las estaciones frente del río Nuquí (58 μg de $\text{P-PO}_4^{-3}/\text{L}$), río Nuquí (42 μg de $\text{P-PO}_4^{-3}/\text{L}$), playa Nuquí (22 μg de $\text{P-PO}_4^{-3}/\text{L}$) y Jurubidá Estero (20 μg de $\text{P-PO}_4^{-3}/\text{L}$). En la zona de Bahía Solano las concentraciones más altas de ortofosfatos se registraron en las estaciones río Jella (25 μg de $\text{P-PO}_4^{-3}/\text{L}$) y quebrada Chocolatal (22 μg de $\text{P-PO}_4^{-3}/\text{L}$). Históricamente entre 2001 y 2016 en promedio las estaciones de los ríos Nuquí y Jella han presentado las concentraciones más altas de ortofosfatos del departamento del Chocó (Figura 11.6d), principalmente en el año 2009 (INVEVAR, 2017a), asociados con vertimientos de aguas residuales y escorrentías con lixiviados del basurero del pueblo.

La calidad microbiológica del agua en las estaciones de muestreo, se evaluó con las concentraciones de coliformes totales (CTT), coliformes termotolerantes (CTE) y enterococos fecales (EFE). En el muestreo de octubre de 2017, los CTT oscilaron entre 1.600 y 9.200.000 NMP/100 mL, registrándose las mayores concentraciones en las estaciones de los ríos Nuquí y Jella (Tabla 11.2). No obstante, en todas las estaciones las concentraciones de CTT estuvieron por encima del límite permisible para el uso recreativo del agua por contacto primario, según el Decreto 1594 de 1984 (1.000 NMP/100 mL; [MinSalud, 1984](#)); y en 10 estaciones, las concentraciones de CTT estuvieron por encima del límite permisible por contacto secundario (5.000 NMP/100 mL; Tabla 11.2).

La contaminación microbiológica de las estaciones posiblemente se deba a las diferentes actividades humanas que se realizan en la zona costera del departamento, así como a la falta de tratamiento de las aguas residuales que son vertidas directamente al mar. Históricamente las concentraciones más elevadas se han registrado en los ríos Jella y quebrada Chocolatal, de la zona de Bahía Solano; y en las estaciones en los ríos Valle y Nuquí de la zona de Golfo Tribugá (Tabla 11.2).

Los CTE fluctuaron entre 280 y 9.200.000 NMP/100 mL, siendo los ríos Nuquí y Jella las estaciones con las concentraciones más altas (Tabla 11.2). El 100% de las estaciones muestreadas en octubre de 2017 sobrepasaron el límite permisible para uso recreativo (natación y buceo) por contacto primario del Decreto 1594 de 194 (200 NMP/100 mL; Tabla 11.2). Este resultado confirma la contaminación de origen fecal por vertimientos de aguas residuales sin tratamiento.

Tabla 11.2. Concentraciones de coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Chocó, en el muestreo de octubre de 2017 e históricos REDCAM (2001 a 2016). Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y por contacto secundario se tomaron del Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)). No medidos (-).

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)				CTE (NMP/100 mL)			
		Oct-17	Promedio histórico	Rango histórico	Percentil 90	Oct-17	Promedio histórico	Rango histórico	Percentil 90
Bahía Solano	P. Huina	16000	474 ± 645	20 - 3000	872	470	326 ± 678	20 - 3000	698
	F. Bahía Solano	1600	941 ± 964	7.8 - 2400	2400	280	459 ± 534	4.5 - 1300	1072
	Bahía Solano	1600	3347 ± 7454	130 - 38730	3930	1600	719 ± 631	45 - 2400	1580
	Q. Chocolatal	110000	63281 ± 122292	800 - 524700	186000	17000	21618 ± 43565	400 - 200000	48800

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)				CTE (NMP/100 mL)			
		Oct-17	Promedio histórico	Rango histórico	Percentil 90	Oct-17	Promedio histórico	Rango histórico	Percentil 90
	R. Jella	110000 0	323657 ± 544179	7800 - 2400000	684850	110000 0	86125 ± 128739	2300 - 540000	219000
Golfo Tribugá	P. Almejal	16000	964 ± 1850	20 - 9000	2223	9200	449 ± 857	18 - 3500	1270
	R. Valle	170000	759308 ± 3257195	2300 - 1600000 0	267160	110000	24592 ± 48653	200 - 170000	73600
	Ensenada de Utría	16000	872 ± 1366	20 - 5000	2760	16000	263 ± 584	10 - 2400	440
	Jurubidá Estero	-	23020 ± 32498	40 - 46000	41404	-	23010 ± 32512	20 - 46000	41402
	P. Jurubidá	16000	778 ± 870	40 - 2800	2240	4300	239 ± 344	13 - 1600	441
	Estero Tribugá	1700	2517 ± 5547	20 - 24000	4459.6	330	1477 ± 3796	20 - 16000	4160
	P. Tribugá	1700	423 ± 893	2 - 3500	1631.8	1700	64 ± 71	2 - 230	182
	P. Nuquí	16000	2611 ± 6146	78 - 28000	3060	16000	2091 ± 5436	-1 - 22000	1680
	F. Nuquí	160000	3643 ± 4838	20 - 16000	8859.4	160000	1649 ± 2891	20 - 9200	4070
R. Nuquí	920000 0	111547 ± 327876	1700 - 1600000	221400	920000 0	18783 ± 40367	450 - 160000	26700	
Límite permisible contacto primario		1.000				200			
Límite permisible contacto secundario		5.000				-			

Las concentraciones de enterococos fecales (EFE) en las estaciones de aguas marinas en la zona costera del departamento del Chocó, medidas en octubre de 2017, oscilaron entre 0 y 106 UFC/100 mL, siendo playa Nuquí la estación con la concentración más alta (Tabla 11.3). Esta concentración, representa un riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales agudas (EGI) entre 1 y 5% y de contraer enfermedades febriles agudas (ERFA) entre 0,3 y 1,9%, de acuerdo con los lineamientos de la [OMS \(2003\)](#).

Tabla 11.3. Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones del departamento de Chocó, en el muestreo de octubre de 2017 e históricos REDCAM (2001 a 2016). El valor de referencia para el riesgo de contraer enfermedades Gastrointestinales (EGI) y Respiratoria Febril Aguda (ERFA) fue tomado de la [OMS \(2003\)](#). No medido (-).

Zona	Estación	Octubre 2017	Rango histórico segundo semestre (2001-2016)	Percentil 90
Bahía Solano	P. Huina	1	<1-95	7
	Bahía Solano	0	<1-80	44
Golfo Tribugá	P. Almejal	3	<1-54	37
	Ensenada de Utría	<1	<1-32	13
	P. Jurubidá	0	<1-59	35
	P. Tribugá	10	<1-17	12
	P. Nuquí	106	<1-57	50
Valores de referencia OMS (2003)		≤40 UFC/100 mL, <1% de contraer EGI y <0,3% de contraer ERFA.		
		41–200 UFC/100 mL, 1–5% de EGI y 0,3-1,9% de ERFA.		
		201–500 UFC/100 mL, 5–10% de EGI y 1,9–3,9% de ERFA.		
		>500 UFC/100 mL, >10% de EGI y >3,9% de ERFA		

Los hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) oscilaron entre el límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM ($<0,07 \mu\text{g/L}$) y $0,3 \mu\text{g/L}$ (Figura 11.7). La concentración más elevada se registró en el río Jella ($0,3 \mu\text{g/L}$), sin superar el valor de referencia para aguas contaminadas con petróleo ($>10 \mu\text{g/L}$) (Zanardi *et al.*, 1999; Acuña-González *et al.*, 2004), siendo consideradas como concentraciones no significativas al ser inferiores a $1,0 \mu\text{g/L}$ (Acuña-González *et al.*, 2004). Históricamente se han registrado casos puntuales en donde las concentraciones de HPDD sobrepasaron el valor de referencia para aguas contaminadas con petróleo, sin embargo en promedio la concentración más alta registrada para las estaciones del departamento del Chocó es de $2,5 \pm 9,4 \mu\text{g/L}$ en la estación frente del río Nuquí, seguida de $1,3 \pm 2,6 \mu\text{g/L}$ en la estación Bahía Solano y $1,3 \pm 2,1 \mu\text{g/L}$ en la estación río Jella (Figura 11.7), registros obtenidos en los años 2001 y 2003 en la zona de Bahía Solano (INVEMAR, 2017a), asociados con el transporte de embarcaciones y el expendio de combustibles; y en 2014 en la zona de Golfo Tribugá (INVEMAR, 2017a), debido a un derrame puntual en la zona Golfo Tribugá, frente al río Nuquí.

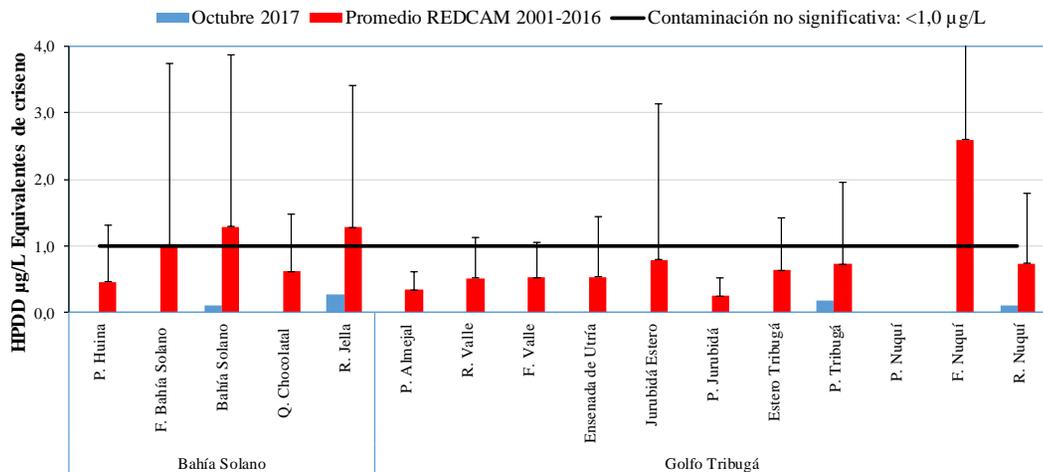


Figura 11.7. Concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) en el agua superficial en las estaciones del departamento de Chocó, en el muestreo de octubre de 2017 y el promedio reportados por la REDCAM entre 2001 y 2016.

En octubre de 2017, los plaguicidas organoclorados y organofosforados evaluados, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR, con excepción del endosulfán sulfato ($202,1 \text{ ng/L}$), endrín aldehído ($158,9 \text{ ng/L}$), endrín cetona ($188,3 \text{ ng/L}$) y metoxicloro ($113,5 \text{ ng/L}$) en la estación Ensenada de Utría. Históricamente en la red de estaciones de la REDCAM en el departamento del Chocó se han registrado algunos plaguicidas, como endrín en la Quebrada Chocolatal en 2002 y 2008; y Hexaclorociclohexano, en la estación Ensenada de Utría, sin que estos plaguicidas hayan superado los valores de referencia para efectos crónicos, propuestos por la NOAA (Buchman, 2008). En la estación Ensenada de Utría, también se ha registrado aldrín, en concentraciones que superan los valores de referencia de efectos crónicos en la biota acuática de agua marina y estuarina ($>1,9 \text{ ng/L}$; EPA, 2016). De manera esporádica, entre 2001 y 2016, se han registrado otros compuestos organoclorados, como DDT (DDT+metabolitos), aldrines (suma de endrín,

dieldrín y aldrín) y heptacloro total (suma de heptacloro y heptacloro epóxido), que en algunos casos han superado los valores de referencia para efectos sobre la biota acuática.

Las concentraciones de los metales disueltos Pb, Cd, Cr⁶⁺, Cu, Zn, Ni y Hg, en agua de todas las estaciones del departamento del Chocó, en el muestreo de octubre de 2017, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR (<2,3 µg Pb/L, <5,0 µg Cd/L, <25 µg Cr/L, <20 µg Cu/L, <10 µg Zn/L, <25 µg Ni/L, y <0,50 µg Hg/L), con excepción de la estación río Valle, ubicada en la zona de Golfo Tribugá donde se presentó una concentración de cromo de 9,8 µg/L, concentración que está por encima del valor de referencia para efectos crónicos 9 µg Cr/L (Buchman, 2008; CONAMA, 2005). Cabe destacar que los límites de cuantificación de los metales analizados, están por debajo de los valores de referencia para efectos crónicos propuestos por la NOAA (Buchman, 2008).

11.2.1 Calidad del agua de acuerdo con el ICAM_{PPF}

La aplicación del ICAM_{PPF} mostró que en octubre de 2017, la calidad del agua superficial del 44% de las estaciones marinas y estuarinas evaluadas fue inadecuada, 31% fue adecuada y el 25% fue aceptable (Figura 11.8). La calidad aceptable e inadecuada se debió principalmente a las altas concentraciones de coliformes termotolerantes y de nitratos, las cuales se vieron influenciadas posiblemente por aportes de aguas residuales o escorrentías de aguas sin tratamiento, principalmente de las poblaciones cercanas a las estaciones de muestreo, debido a que las precipitaciones durante la época de muestreo no fueron significativas y estuvieron en un 68% por debajo de lo reportado normalmente para los meses de octubre en la zona del Chocó. Por ello, se recomienda continuar con el monitoreo y evaluación de acuerdo con las opciones de medida (Tabla 1.2) se recomienda continuar con el monitoreo y evaluación de las características fisicoquímicas semestralmente.

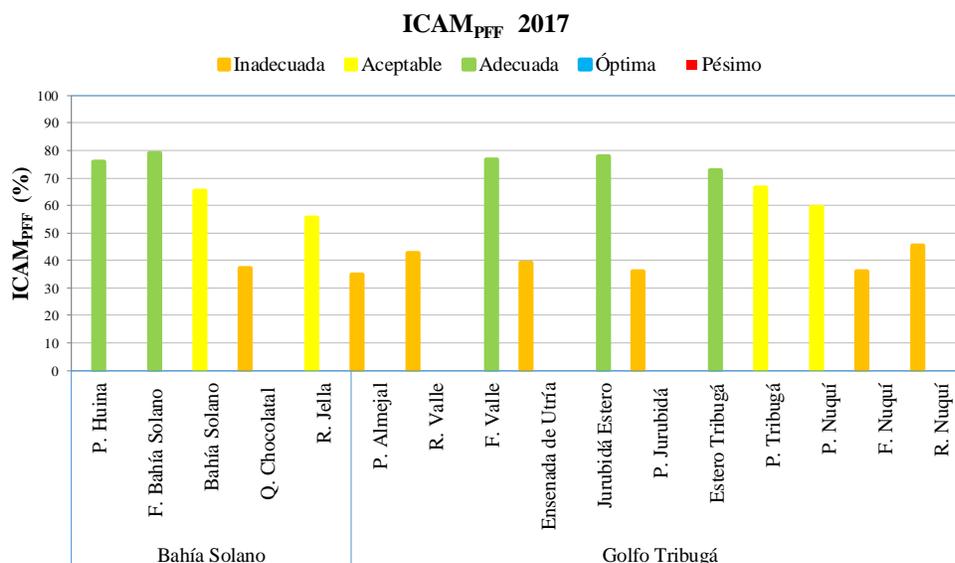


Figura 11.8. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas del departamento de Chocó en el muestreo de octubre de 2017, evaluadas con el del ICAM_{PPF}.

Los análisis realizados en el segundo semestre 2016 y primer semestre 2017, muestran que las aguas marinas y costeras en las estaciones REDCAM del departamento del Chocó en general presentan condiciones de calidad adecuada para la preservación de la flora y fauna y en algunas ocasiones en condiciones inadecuadas principalmente en estaciones cercanas a los centros poblados, entre estos Nuquí y Bahía Solano, principalmente dado a las altas concentraciones de coliformes termotolerantes (Tabla 11.4).

Tabla 11.4. Distribución porcentual (%) de las condiciones de las aguas marino-costeras evaluadas con el ICAM_{PF} en el departamento del Chocó en el periodo desde el 2016-2M al 2017-1M.

Año	Inadecuada	Aceptable	Adecuada	Óptima
2016 – 2M		45%	55%	
2017 – 1M	9%	9%	27%	55%

11.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

En la estación Bahía Solano, las concentraciones de Pb y Cd estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM del INVEMAR; las concentraciones de Zn, Fe y Hg, estuvieron por debajo de las referencias de efectos umbrales (TEL), en el que los efectos adversos ocurren ocasionalmente y de efectos probables PEL, descritos en [Buchman \(2008\)](#); y las concentraciones de Cr, Cu y Ni superaron las referencias TEL y PEL. No obstante, se requiere de investigación para estimar las concentraciones naturales de estos metales en la zona costera del departamento, así como para evaluar la biodisponibilidad de cada uno de estos metales ([Long et al., 1995](#)), puesto que históricamente se han registrado altas concentraciones de Cr, Ni y Cu que superan el valor de referencia TEL ([INVEMAR, 2017a](#)) y de esta manera reducir la incertidumbre de estos resultados. En cuanto al Hg en ninguna de las estaciones muestreadas la concentración de este metal supero los valores de referencia PEL y TEL (Tabla 11.5).

Tabla 11.5 Concentración de metales pesados totales (en peso seco) en los sedimentos de las estaciones del departamento de Chocó, colectados en octubre de 2017. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de [Buchman \(2008\)](#). Sin referencia (-). Valores con el signo (<) corresponden al límite de cuantificación del método utilizado en el LABCAM.

Estación	Pb (µg/g)	Cd (µg/g)	Cr (µg/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	Ni (µg/g)	Fe (µg/g)	Hg (ng/g)
Bahía Solano	<15,0	<12,5	282	133	107	125	87,0	38,0
Playa Almejal	-	-	-	-	-	-	-	4,56
Frente Bahía Solano	-	-	-	-	-	-	-	5,62
Referencia TEL	30,2	0,68	52,3	18,7	124	15,9	-	130
Referencia PEL	112,0	4,2	160,0	108,0	271,0	42,8	-	700,0

En los sedimentos de la estación Bahía Solano, colectados en octubre de 2017, de los 57 plaguicidas organoclorados y organofosforados evaluados, ocho estuvieron por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada en el LABCAM del INVEMAR, entre estos Naftaleno, Fenantreno, Fluoranteno, Pireno, Benzo(a) Antraceno, Criseno, Benzo(a) Pireno y

Benzo (g, h, i) Perilene y 48 plaguicidas no fueron detectados. Solamente se registró Heptacloro en una concentración de 20,7 ng/g.

11.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ La calidad del agua superficial en el 41% de las estaciones REDCAM en el Pacífico chocoano, en octubre de 2017, fue inadecuada para la preservación de flora y fauna, debido principalmente a las altas concentraciones de coliformes termotolerantes, por lo cual se requiere seguir con el monitoreo de la calidad de las aguas en el Departamento.
- ❖ En octubre de 2017, la calidad del agua en las estaciones REDCAM del Pacífico chocoano no fue apta para el uso recreativo por contacto primario y secundario, debido a las altas concentraciones de CTT y CTE, las cuales sobrepasaron los criterios de calidad de la legislación nacional, evidenciando el problema del vertido directo de aguas residuales que requieren de un tratamiento adecuado para reducir los impactos tanto en los ecosistemas como en las poblaciones costeras.
- ❖ Las aguas superficiales de las estaciones REDCAM en el departamento del Chocó no presentan contaminación por plaguicidas, ni por hidrocarburos; solamente en las estaciones Ensenada de Utría y río Jella se registraron concentraciones de plaguicidas e hidrocarburos que, aunque no significativas, se recomienda mayor vigilancia en el manejo de este tipo de residuos contaminantes para prevenir y conservar los ecosistemas de la zona costera en el Pacífico chocoano.
- ❖ Las aguas superficiales de las estaciones REDCAM en el departamento del Chocó en el muestreo de octubre de 2017 no presentan contaminación por metales Pb, Cd, Cu, Zn, Ni y Hg, ya que las concentraciones registradas estuvieron por debajo de los valores referenciados para efectos crónicos y agudos, descritos en guías internacionales. Sin embargo, en el sedimento de la estación Bahía Solano se registraron concentraciones de Cr, Cu y Ni, por encima de los valores de referencia para efectos umbral sobre la biota. No obstante, se recomienda realizar más investigaciones para determinar si corresponden a concentraciones naturales y para establecer su biodisponibilidad, a fin de reducir la incertidumbre en la evaluación del riesgo ambiental por este tipo de compuestos.

VALLE DEL CAUCA

Por: Luisa Fernanda Espinosa



Playa Chuchero, Buenaventura. Foto: Ostin Garcés.

EQUIPO TÉCNICO CVC

Luisa Marina Baena Álvarez– Profesional Especializada, Coordinadora Laboratorio Ambiental
Carolina López Charry – Analista Química, Técnico Operativo
Jairo Calle Velasco – Tecnólogo Químico, Técnico Operativo
Wilson Neiber Grajales Gomez – Analista Químico, Técnico Operativo
Héctor Fabio Hernández Betancourt – Ingeniero Químico, Profesional Especializado
Líber Ernesto Carabalí Peña– Técnico Operativo (campo)
James Larrahondo Posú – Técnico Operativo (campo)
Bibiana Stella Landazábal Marulanda - Técnico Operativo (campo)
German Arturo Rendón – Técnico Operativo (campo)

12. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

En la zona costera del departamento del Valle del Cauca predomina una hidrografía costera con 11 cuencas: Naya, Cajambre, Yurumanguí, Mayorquín, Raposo, bahía Buenaventura y San Juan, y se caracteriza por la riqueza de sus ecosistemas estratégicos como los manglares, arrecifes coralinos y playas de arena, y por presentar condiciones climatológicas influenciadas por la zona de convergencia intertropical. En esta zona solo está presente un municipio, Buenaventura, cuya principal actividad socioeconómica es la portuaria, constituida por 12 muelles donde se mueven más de 8,6 millones de toneladas de carga y que junto a actividades mineras, agropecuarias y turísticas, constituye la principal fuente de contaminación y deterioro de los ecosistemas marino costeros ([Vivas-Aguas et al., 2014b](#); [Gómez-Cubillos et al., 2015](#)).

Las condiciones oceanográficas y climáticas de la zona costera del Valle del Cauca se determinan por el marco ciclo anual de la corriente de vientos denominados chorro del Chocó que transporta humedad desde el Océano Pacífico hacia el interior del país, lo que determina que las mayores intensidades de lluvias se presenten de septiembre a noviembre, con picos máximos de precipitaciones en octubre; y de abril a junio siendo mayo el mes con las mayores precipitaciones. Su geomorfología se constituye por formas marinas características de procesos de erosión y acumulación, dentro de los cuales se forman las playas y depósitos de mareas; y por formas fluviales que están influenciadas por la densidad de drenajes que es determinado por las altas precipitaciones y los sistemas macromareales ([Ricaurte-Villota et al., 2018](#)).

El presente capítulo contiene el diagnóstico de la calidad de las aguas y sedimentos marinos y costeros durante los monitoreos realizados por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) durante el segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018. La información del diagnóstico es útil para la gestión ambiental y el manejo integral del medio ambiente marino por parte de dicha Corporación.

12.1 ZONAS DE MONITOREO

La REDCAM cuenta con 47 estaciones en el Valle del Cauca, distribuidas en cuatro zonas: Bahía Málaga, Buenaventura afuera, Buenaventura urbana y Costa sur Buenaventura (Figura 12.1). La **Zona Bahía Málaga**, cuenta con 14 estaciones y es la zona de mayor interés turístico, principalmente por la presencia de playas de arena y por hacer parte de la ruta de migración estacional de ballenas Yubartas. Adicionalmente, se encuentra protegida bajo la figura de Parque Nacional Natural Uramba bahía Málaga y está articulada con el Distrito de Manejo Integrado (DMI) y el Parque Regional Natural (PNR) de la Sierpe. La **Zona Buenaventura Urbana**, tiene 13 estaciones de muestreo, constituye el interior de la bahía y en ella se desarrollan la mayor parte de las actividades comerciales y portuarias ([Vivas-Aguas et al., 2014b](#)). La **Zona Buenaventura Afuera**, corresponde a la entrada de la región de la Bocana, en ella se ubican 15 estaciones. En la orilla norte se encuentran las playas Pianguita y La Bocana y en la orilla sur están la Isla Soldado, los esteros Brazo Largo y Machetagedó, donde desembocan los ríos Potedó y Anchicayá ([Vivas-Aguas et al., 2015b](#)). Finalmente, la **Zona Costa Sur**, cuenta con 5 estaciones localizadas en el río Raposo.

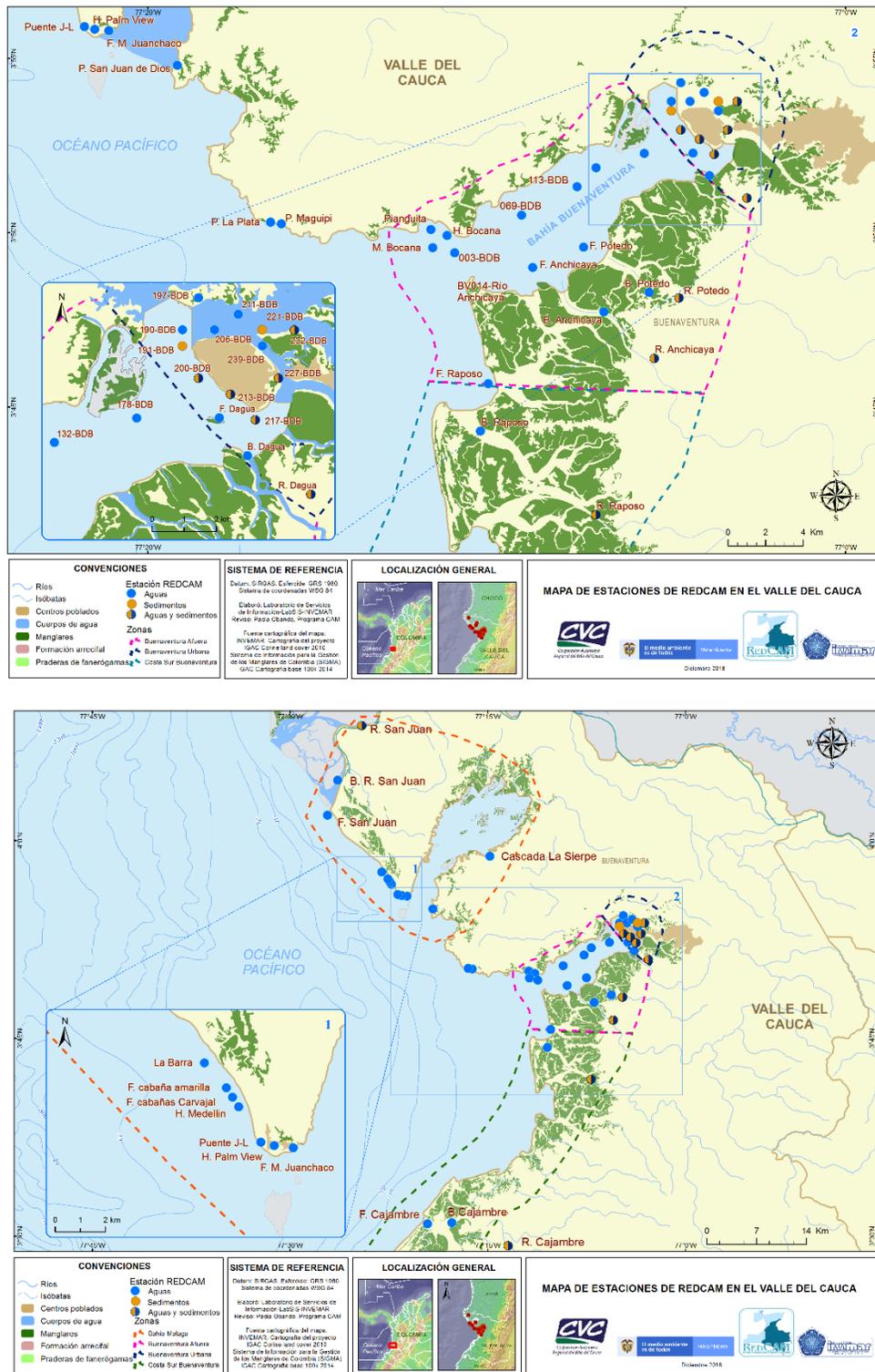


Figura 12.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento del Valle del Cauca. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolors (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo.

Los muestreos fueron realizados por la CVC, los días 5, 7, 10 y 12 de septiembre de 2017 (en adelante segundo semestre 2017) y los días 6, 8, 18 y 23 de febrero de 2018 (en adelante primer semestre 2018). Según [IDEAM \(2018a\)](#), en el mes de septiembre de 2017 se registraron precipitaciones entre 96 y 126 mm, y entre la segunda y tercera semana de febrero de 2018, el promedio de precipitaciones fue >200 mm.

12.2 CALIDAD DE AGUAS

Con el fin de determinar la calidad de las aguas superficiales marinas y costeras del departamento Valle del Cauca, se evaluaron las variables temperatura, oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos totales, nutrientes inorgánicos disueltos y microorganismos indicadores de contaminación fecal.

Durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, la temperatura del agua superficial osciló entre los 20 °C y 28,2 °C (Figura 12.2). Las menores temperaturas se presentaron en las zonas Buenaventura Afuera y Buenaventura Urbana, durante el muestreo del primer semestre 2018. En general la temperatura del agua superficial fue mayor en durante el muestreo del segundo semestre 2017, con excepción de las estaciones ubicadas en la zona Bahía Málaga y en las bocanas y frentes de los ríos Anchicayá, Potedó y Raposo.

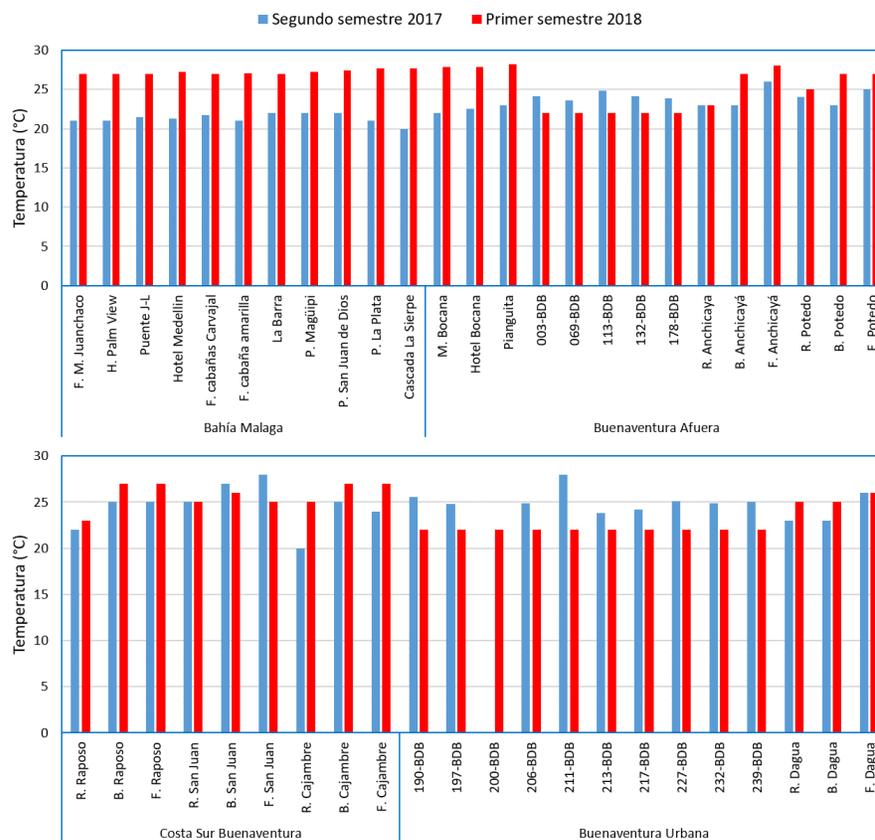


Figura 12.2. Temperatura del agua superficial registrados en las estaciones REDCAM en Valle del Cauca, en los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018.

Durante el muestreo del segundo semestre 2017, el Oxígeno disuelto (OD) fluctuó entre 3,3 y 7,01 mg O₂/L; y durante el muestreo del primer semestre 2018, osciló entre 4,71 y 7,34 mg O₂/L (Figura 12.3). En la mayoría de las estaciones, las concentraciones de OD estuvieron por encima del valor mínimo permisible para la preservación de fauna y flora (>4,0 mg O₂/L, [MinSalud, 1984](#)). Sin embargo, durante el muestreo del segundo semestre 2017, en las estaciones 227-BDB y 239-BDB, de la zona Buenaventura Urbana, se registraron concentraciones de OD por debajo del valor mínimo permisible (3,3 mg O₂/L y 3,95 mg O₂/L respectivamente), lo que refleja la incidencia en las descargas de aguas residuales domesticas sin tratamiento.

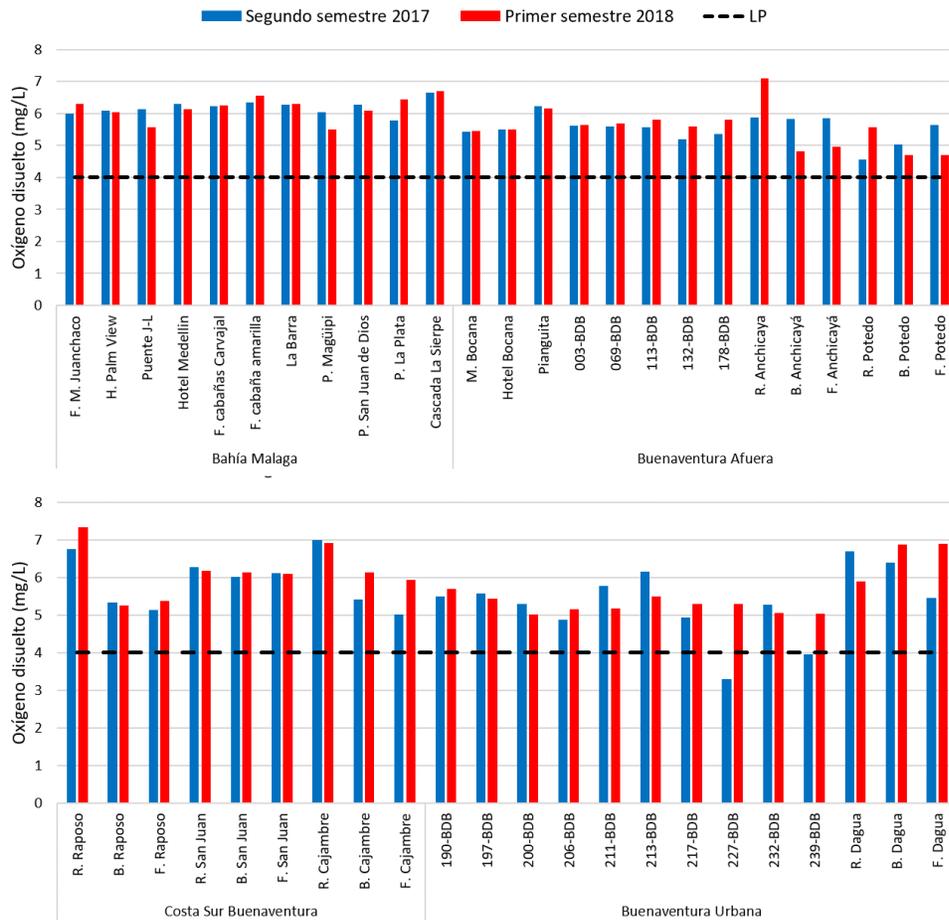


Figura 12.3. Oxígeno disuelto del agua superficial registrado en las estaciones REDCAM en Valle del Cauca, en los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre de 2018. La línea negra punteada indica el límite mínimo permisible para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas (<4,0 mg/L; MinSalud, 1984).

En la Figura 12.4 se muestran los valores de pH del agua superficial registrados en los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. Cabe destacar que durante el muestreo del primer semestre 2018, no se midió el pH en algunas estaciones de las zonas Buenaventura Afuera y Costa Sur Buenaventura. Durante los dos muestreos, en todas las estaciones en las que se realizó la medición, el pH estuvo dentro de los rangos permisibles para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulces, marinas y estuarinas según el Decreto 1594 de 1984

(MinSalud, 1984), con excepción de las estaciones río Cajambre y su desembocadura, durante el muestreo del segundo semestre 2017, donde se registró un pH de 6,04, un poco inferior al valor permisible para la preservación de fauna y flora.

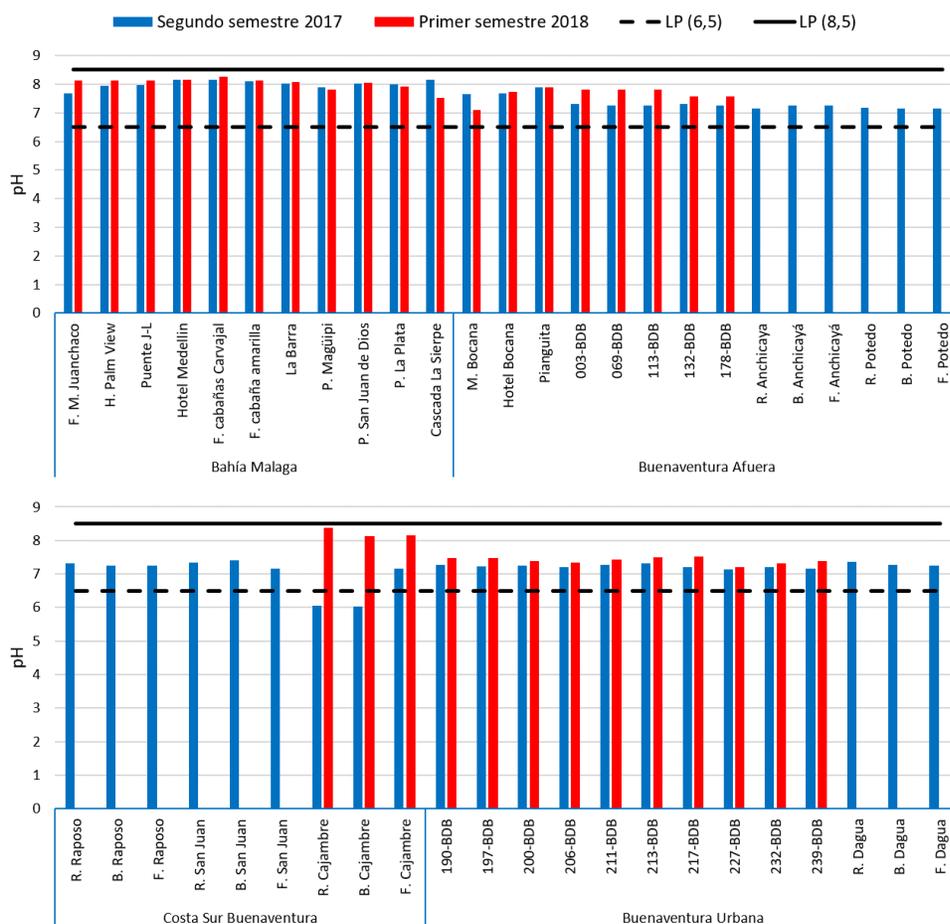


Figura 12.4. pH del agua superficial registrado en las estaciones REDCAM en Valle del Cauca, en los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre de 2018. Las líneas negras indican los límites permisibles para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas (<4,0 mg/L; MinSalud, 1984).

La concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en las estaciones del Valle del Cauca durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, oscilaron entre menores al límite de detección (<11,6 mg/L) y 205 mg/L (Figura 12.5). Las mayores concentraciones, se registraron durante el muestreo del segundo semestre 2017, principalmente en las estaciones río Raposo en la zona Costa Sur Buenaventura; y las estaciones 227-DBD, río Dagua, sin embargo según el rango de concentración para calidad del agua propuesto por CONAGUA, (2015), en estas estaciones, la calidad del agua fue aceptable; y en la estación boca del río Dagua, de la zona costa Sur Buenaventura, donde la concentración de SST indica que durante el muestreo del segundo semestre 2017, el agua de esta estación estaba contaminada con SST (Figura 12.5).

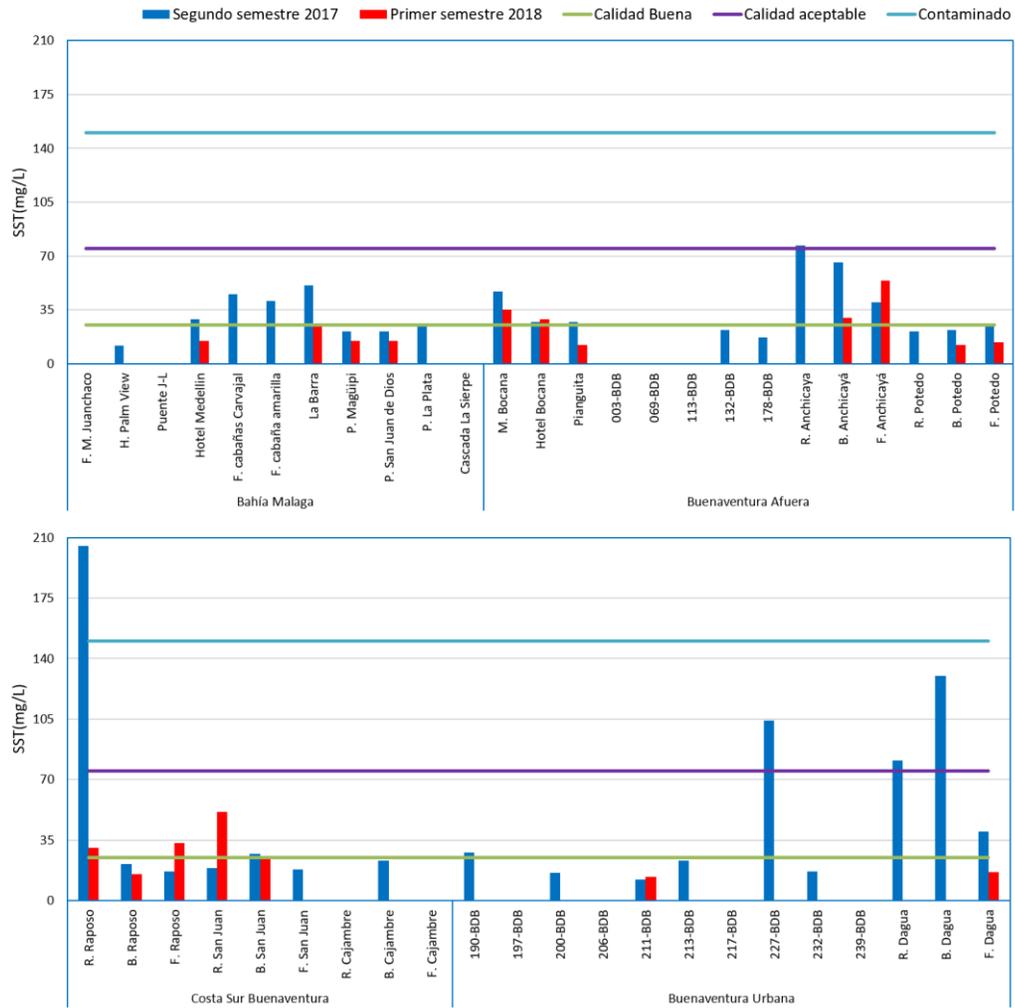


Figura 12.5. Sólidos suspendidos totales (SST) registrados en el agua superficial de las estaciones REDCAM en Valle del Cauca, en los muestreos del segundo semestre 2017 y en una estación durante el primer semestre 2018.

En la Figura 12.6 se presentan las concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos, nitritos ($N-NO_2^-$), nitratos ($N-NO_3^-$) y ortofosfatos ($P-PO_4^{3-}$), en el agua superficial de las estaciones del departamento del Valle del Cauca, durante el segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. Cabe destacar que durante el muestreo del segundo semestre 2017, solamente se midieron las estaciones de la zona Bahía Málaga, tres estaciones de la zona Buenaventura Afuera y tres estaciones de la zona Costa Sur Buenaventura, las cuales eran de interés para el seguimiento de la calidad del agua en el momento de muestreo.

Las concentraciones de nitratos ($N-NO_3^-$) mostraron diferencias en ordenes de magnitud entre estaciones, por lo cual la figura se elaboró en escala logarítmica (Figura 12.6a). Durante el primer semestre 2018, las concentraciones de nitratos superaron en un orden de magnitud las concentraciones registradas en el segundo semestre 2017, en el mes de febrero de 2018, cuando se realizó el muestreo, hubo un marcado incremento de las lluvias (IDEAM, 2018a) que generó aumento de la escorrentía y por lo tanto pudo producir incremento de los aportes de nutrientes hacia la zona costera.

Durante el muestreo del segundo semestre 2018, las concentraciones de nitritos oscilaron entre menor al límite de detección del método usado por el laboratorio ambiental de la CVC ($<9,73 \mu\text{g N-NO}_2^-/\text{L}$), hasta $17 \mu\text{g N-NO}_2^-/\text{L}$. Este nutriente solo fue cuantificable en tres estaciones de la zona Buenaventura afuera (Figura 12.6b). Durante el muestreo del primer semestre 2018, la concentración de nitratos en todas las estaciones estuvo por debajo del límite de detección de método usado pen el laboratorio de la CVS ($<8,98 \mu\text{g N-NO}_2^-/\text{L}$).

Los ortofosfatos (P-PO_4^-), solo fueron cuantificados en la estación La Barra (Figura 12.6c), durante el segundo muestreo del 2017. Al igual que los nitritos, durante el muestreo del primer semestre 2018, la concentración de éste nutriente en todas las estaciones estuvo por debajo del límite de detección de método usado pen el laboratorio de la CVS ($<9,33 \mu\text{g P-PO}_4^-/\text{L}$).

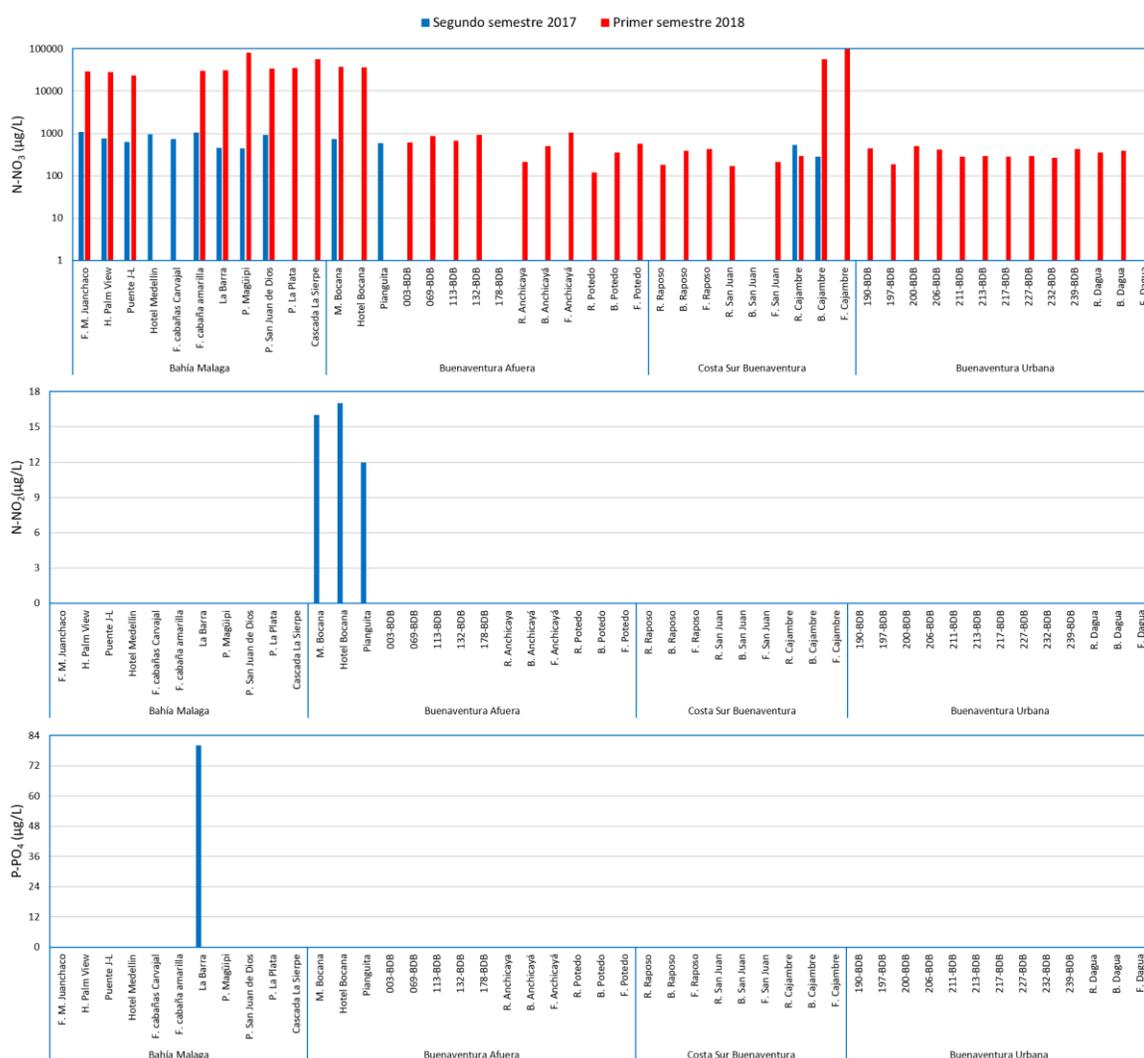


Figura 12.6. Concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos: a) nitratos (N-NO_3^-), b) nitritos (N-NO_2^-) y c) ortofosfatos (P-PO_4^-) en el agua superficial de las estaciones de muestreo del departamento de Valle del Cauca, durante el muestreo del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018.

En la Tabla 12.1, se presentan los resultados de la calidad microbiológica de las aguas superficiales, en las estaciones de monitoreo del departamento del Valle del Cauca, determinada mediante las mediciones de los coliformes totales (CTT) y coliformes termotolerantes (CTE). Durante el muestreo del segundo semestre 2017, las concentraciones de CTT en el 50% de las estaciones de las zonas Buenaventura Afuera y el 31% de las estaciones Buenaventura Urbana, estuvieron por encima del límite permisible para el uso recreativo por contacto primario (LP CP) establecido en el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)); adicionalmente el 22% de las estaciones de la zona Costa Sur Buenaventura y en el 53% de las estaciones de la zona Buenaventura Urbana, las concentraciones de CTT superaron el límite permisible para contacto secundario (LP CS) ([MinSalud, 1984](#)). En cuanto a los CTE, el 65% de las estaciones del departamento, estuvieron por encima del límite permisible para el uso recreativo por contacto primario (LP CP) establecido en el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)).

Durante el muestreo del primer semestre 2018, en general se observó que en las zonas Bahía Málaga, Buenaventura Afuera y Buenaventura Urbana, la calidad microbiológica mejoró; en tanto que en la zona Costa Sur Buenaventura, la calidad se vio deteriorada, alcanzando en cerca del 50% de las estaciones, concentraciones que superaron el límite permisible para contacto secundario (LP CS) ([MinSalud, 1984](#)). Situación similar se registró para los CTE, cuya concentración disminuyó en la mayoría de las estaciones, alcanzando incluso concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método usado por el laboratorio de la CVC (<30 NMP/100mL). Este resultado puede atribuirse a la dilución, producto del aumento de la pluviosidad durante el muestreo de febrero.

Tabla 12.1. Concentraciones de coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) en el agua superficial de las estaciones del departamento de Valle del Cauca, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. No medido (-). Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y por contacto secundario se tomaron del Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)).

Zona	Estación	Segundo semestre 2017		Primer semestre 2018	
		CTT	CTE	CTT	CTE
		NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL
Bahía Málaga	F. M. Juanchaco	1500	430	930	90
	H. Palm View	430	230	150	36
	Puente J-L	230	230	930	90
	Hotel Medellín	230	90	930	150
	F. cabañas Carvajal	430	430	230	<30
	F. cabaña amarilla	230	36	230	36
	La Barra	9	9	150	90
	P. Magüipi	230	90	430	36
	P. San Juan de Dios	36	36	150	<30
	P. La Plata	63	63	2400	36
	Cascada La Sierpe	2100	2100	930	36
Buenaventura Afuera	M. Bocana	930	430	430	36
	Hotel Bocana	430	150	430	90
	Pianguita	2400	210	930	150
	003-BDB	430	230	-	-
	069-BDB	430	230	900	360
	113-BDB	930	210	-	-
	132-BDB	430	430	9300	1500
	178-BDB	2300	2300	2300	360
	R. Anchicayá	1500	230	1500	900
	B. Anchicayá	4600	430	360	<30
	F. Anchicayá	4600	1500	4300	3600
	R. Potedó	2400	90	900	900
B. Potedó	4600	230	900	<30	

Zona	Estación	Segundo semestre 2017		Primer semestre 2018	
		CTT	CTE	CTT	CTE
		NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL
	F. Potedó	2400	230	900	<30
Costa Sur Buenaventura	R. Raposo	11000	4600	4300	360
	B. Raposo	15000	360	360	<30
	F. Raposo	430	230	<30	<30
	R. San Juan	1500	230	9300	<30
	B. San Juan	930	90	9300	360
	F. San Juan	580	63	9300	2300
	R. Cajambre	90	36	1500	150
	B. Cajambre	230	230	90	<30
	F. Cajambre	230	230	90	<30
Buenaventura Urbana	190-BDB	24000	1500	9300	900
	197-BDB	430	90	9300	360
	200-BDB	9300	900	2900	2300
	206-BDB	15000	1500	9300	900
	211-BDB	430	73	9300	2300
	213-BDB	2400	290	4300	360
	217-BDB	43000	23000	24000	2300
	227-BDB	930000	90000	-	-
	232-BDB	4600	4600	-	-
	239-BDB	14000	7200	-	-
	R. Dagua	4600	750	1500	360
	B. Dagua	11000	2100	900	<30
	F. Dagua	4600	1500	1500	360
LP C. primario		1.000 NMP/100 mL	200 NMP/100 mL	1.000 NMP/100 mL	200 NMP/100 mL
LP C. secundario		5.000 NMP/100 mL	-	5.000 NMP/100 mL	-

12.2.1 Calidad del agua de acuerdo con el ICAM_{PPF}

El ICAM_{PPF} en el departamento del Valle del Cauca, solo se calculó en nueve estaciones de la Zona Bahía Málaga y en 6 estaciones de la zona Buenaventura Afuera que corresponde a las estaciones con características marina y estuarinas y que cuentan con la mayoría de parámetros requeridos para su aplicación.

Durante el muestreo del segundo semestre 2017, en la zona Bahía Málaga, la mayoría de las estaciones evaluadas presentó una calidad inadecuada, con excepción de la estación Frente San Juan que mostro calidad adecuada (Figura 12.7). Este resultado se debió a la alta concentración de nitratos y coliformes termotolerantes que son indicadores de vertimientos de aguas residuales sin tratamiento (Ohrel y Register, 2006). En la zona de Buenaventura Afuera, el 50% de las estaciones tuvo calidad adecuada, dos estaciones tuvieron calidad inadecuada y una estación calidad aceptable. Teniendo en cuenta los resultados y las opciones de medidas a optar propuesta en la Tabla 1.2, se sugiere continuar con el monitoreo y determinar las fuentes de nutrientes y coliformes que permitan implementar acciones para disminuir las descargas de aguas residuales y sus impactos sobre el recurso hídrico marino.

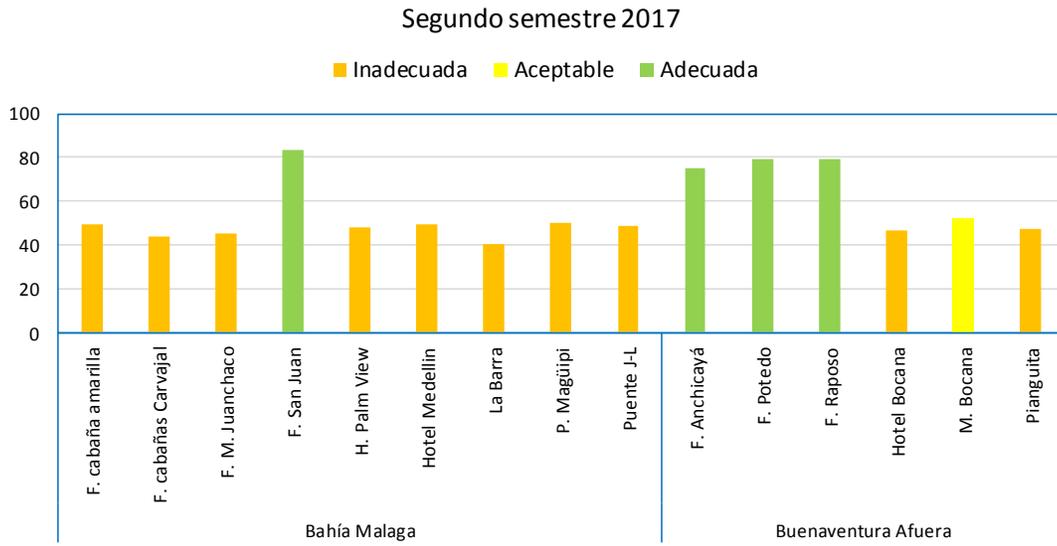


Figura 12.7. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas del departamento Valle del Cauca, en el muestreo del segundo semestre 2017, evaluada con el del ICAM_{PFF}.

En el muestreo del primer semestre 2018, se observó que aumentaron el número de estaciones con calidad inadecuada y la estación frente del río Anchicayá paso de tener calidad adecuada a calidad pésima (Figura 12.8), debido al incremento de la concentración de SST y coliformes termotolerantes, así como el descenso de la concentración de oxígeno disuelto. El deterioro de la calidad de las estaciones a las que se les aplicó el ICAM_{PFF}, está relacionado con el incremento de la pluviosidad que por escorrentía arrastra materiales en suspensión que deterioran la calidad del agua.

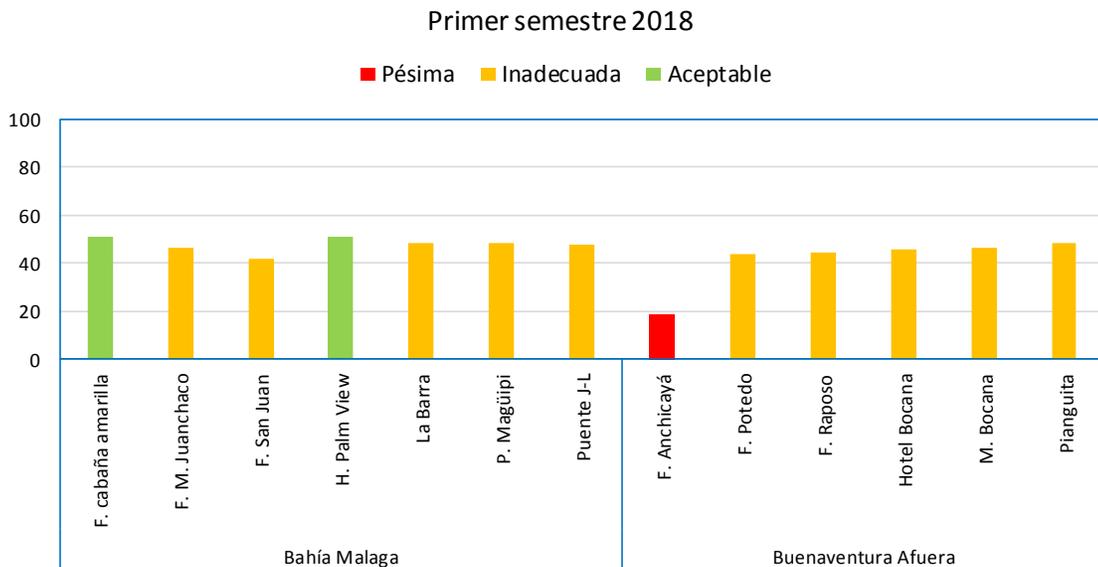


Figura 12.8. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas del departamento Valle del Cauca, en el muestreo del primer semestre 2018, evaluada con el del ICAM_{PFF}.

12.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

En los sedimentos superficiales de las zonas marino costeras del departamento del Valle del Cauca, se analizaron los metales Pb, Cd, Ni, Cr, Hg, Zn y Cu (Tabla 12.2 y Tabla 12.3). Las muestras fueron colectadas en las estaciones de los ríos Potedó, Dagua, Anchicayá, San Juan y Raposo y en las estaciones BDB-200, BDB-213, BDB-217, BDB-227, BDB-232 y BDB-239 de la zona de Buenaventura Urbana, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. Para evaluar la calidad del sedimento en términos de afectación a la biota, se utilizaron las tablas de referencia para el monitoreo de sedimentos de la Administración Nacional de EUA para los Océanos y la Atmósfera (NOAA) ([Buchman, 2008](#)). Para efectos de comparación se escogió el nivel de efectos umbral TEL (Threshold Effect Level), el cual ofrece un mayor nivel de protección y representa la concentración total por debajo de la cual se espera la ocurrencia poco probable de efectos adversos sobre la flora y la fauna ([MacDonald et al., 1996](#)).

En el muestreo del segundo semestre 2017, las concentraciones de los metales Pb y Cd estuvieron por debajo de límite de cuantificación del método analítico implementado en el laboratorio de la CVC. En todas las estaciones, las concentraciones de Ni, Cr y Cu superaron el valor de referencia TEL; así como el Zn en cinco estaciones de la zona Buenaventura Urbana (Tabla 12.2).

Tabla 12.2. Concentración de metales pesados totales en los sedimentos de estaciones del departamento del Valle del Cauca, colectados en el segundo semestre 2017. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) se tomaron de [Buchman \(2008\)](#). Sin referencia (-). Valores con el signo (<) corresponden al límite de cuantificación del método utilizado en el laboratorio de la CVC. Los valores en negrilla superan la referencia TEL. Las estaciones de agua dulce están sombreadas con color gris.

Zona	Estación	Pb	Cd	Ni	Cr	Hg	Zn	Cu
		µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	ng/g	µg/g	µg/g
Bahía Málaga	R. San Juan	<11,1	<2,00	45,1	186	453	90,2	56,5
Buenaventura Afuera	R. Anchicayá	<11,1	<2,00	52,4	222	93,5	92,3	63,1
	R. Potedó	<11,1	<2,00	56,5	70,3	339	88,0	80,9
Buenaventura Urbana	R. Dagua	<11,1	<2,00	87,2	161	190	94,4	112
	BDB-200	<11,1	<2,00	56,9	156	317	143	81,6
	BDB-213	<11,1	<2,00	69,1	120	680	157	120
	BDB-217	<11,1	<2,00	68,4	209	1721	169	129
	BDB-227	<11,1	<2,00	69,1	222	777	152	125
	BDB-239	<11,1	<2,00	43,8	258	819	159	144
	BDB-232	<11,1	<2,00	43,8	159	864	107	87,4
Costa Sur	R. Raposo	<11,1	<2,00	48,4	165	269	92,4	56,5
Referencia TEL Sedimentos marinos		30,2	-	15,9	52,3	130	124	18,7
Referencia TEL Sedimentos de agua dulce		35	-	18	35,7	174	123	35,7

En el muestreo del primer semestre 2018, no se cuantificó el Cd. Las concentraciones de los metales Ni, Cr, Zn y Cu incrementaron respecto al muestreo del segundo semestre 2017, principalmente en el río San Juan y en algunas estaciones de la zona Buenaventura Urbana (Tabla 12.3); así mismo, se registraron concentraciones de Pb por encima del valor TEL, en las

estaciones BDB-217 y BDB-239, de la zona Buenaventura Urbana. Por otro lado, las concentraciones de Hg disminuyeron, alcanzando en algunas estaciones valores por debajo del límite de cuantificación del método analítico implementado en el laboratorio de la CVC.

Tabla 12.3. Concentración de metales pesados totales en los sedimentos de estaciones del departamento del Valle del Cauca, colectados en el primer semestre 2018. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) se tomaron de Buchman (2008). Sin referencia (-). Valores con el signo (<) corresponden al límite de cuantificación del método utilizado en el los resaltados con naranja superan la referencia PEL. Las estaciones de agua dulce están sombreadas con color gris.

Zona	Estación	Pb	Cd	Ni	Cr	Hg	Zn	Cu
		µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Bahía Málaga	R. San Juan	<25,2	-	76,6	226	<200	216	109
Buenaventura Afuera	R. Anchicayá	<25,2	-	74,4	183	<200	183	124
	R. Potedó	<25,2	-	46,3	135	<200	125	62,5
Buenaventura Urbana	R. Dagua	<25,2	-	64,0	167	<200	130	104
	BDB-200	25,7	-	71,6	181	<200	275	173
	BDB-213	29,3	-	64,6	170	224	198	91,4
	BDB-217	48,5	-	71,6	181	<200	275	173
	BDB-227	30,0	-	57,3	197	331	182	233
	BDB-239	55,6	-	82,6	157	243	234	130
Buenaventura Urbana	BDB-232	<25,2	-	62,4	160	<200	149	75,1
Costa Sur	R. Raposo	<25,2	-	54,3	171	<200	117	82,5
Referencia TEL Sedimentos marinos		30,2	-	15,9	52,3	130	124	18,7
Referencia TEL Sedimentos de agua dulce		35	-	18	35,7	174	123	35,7

12.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ La calidad del agua superficial para la preservación de flora y fauna acuática en las estaciones REDCAM del departamento del Valle del Cauca, determinada mediante el ICAM_{PFF}, fluctuó entre inadecuada y aceptable, debido a las altas concentraciones de nitratos, coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos totales. Condiciones que empeoraron en el muestreo del primer semestre del 2018, debido al incremento de las lluvias que arrastran hacia la zona costera materiales que deterioran la calidad del agua.
- ❖ La calidad sanitaria de la mayor parte de las estaciones fue inadecuada para el uso recreativo por contacto primario y secundario, principalmente en la zona Buenaventura Urbana. Si bien el aumento de las lluvias disminuyó las concentraciones de coliformes termotolerantes, la calidad sanitaria continuó siendo inadecuada para uso recreativo. Es indispensable por lo tanto controlar los vertimientos de aguas residuales, para mejorar la calidad de las aguas marino costeras del departamento.
- ❖ Los sedimentos de las estaciones REDCAM del departamento del Valle del Cauca, tienen concentraciones de metales totales Ni, Cr, Hg, Zn y Cu que superan los valores de referencia de efecto umbral (TEL). Teniendo en cuenta este resultado, se sugiere hacer un estudio más detallado para establecer las fuentes de estos metales que permitan proponer medidas para su control. Adicionalmente, es necesario hacer análisis de biodisponibilidad de estos elementos para determinar el riesgo para la biota de esta región.

CAUCA

Por: Victoria Andrea Castillo y Max Martínez Campo



Río Timbiquí. Foto: Max Martínez.

EQUIPO TÉCNICO CRC

Jaime Mauricio Vidal Llantén – Subdirección Defensa del Patrimonio Ambiental.

Diego Zuluaga Vera – Subdirección Defensa del Patrimonio Ambiental.

Julio Cesar Rodríguez Peláez - Subdirección de Gestión Ambiental.

Luz Marina Prieto Bayer - Subdirección de Gestión Ambiental.

13. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL CAUCA

La zona costera del departamento del Cauca comprende los municipios de Guapi, Timbiquí y López de Micay. Esta zona, presenta diversos ecosistemas como los manglares, playas de arena y arrecifes coralinos de gran importancia para el Pacífico colombiano, debido a que soportan una gran riqueza y abundancia de especies marinas ([Uribe y Urrego, 2009](#); [Cantera y Londoño-Cruz, 2011](#)). Por lo anterior, en esta región existen diferentes estrategias de conservación como el Parque Nacional Natural Gorgona y Parque Natural Regional “El Comedero”. Sin embargo, las diferentes actividades humanas que se realizan en esta zona costera como la pesca, agricultura, turismo, transporte de combustible y minería, entre otras ([Vivas-Aguas et al., 2010](#)), permiten un alto grado de vulnerabilidad de estos ecosistemas, ante la entrada de diferentes tipos de contaminantes, causando el deterioro de sus componentes bióticos y abióticos ([Escobar, 2002](#); [Gómez, 2001](#)).

Dada la escasa cobertura de alcantarillado, la inexistente infraestructura para el tratamiento de aguas residuales domésticas en los tres municipios costeros ([Superservicios, 2014a](#)) y demás fuentes de contaminación a la que se encuentran sometidos gran parte de los ecosistemas de la zona costera del departamento del Cauca, desde el año 2001 la Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC, en convenio con el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, vienen efectuando el monitoreo y la evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras del departamento en el marco del Programa Nacional de Monitoreo de Calidad de las Aguas Marino Costeras - REDCAM, a partir de variables fisicoquímicas, microbiológicas y de contaminantes orgánicos e inorgánicos.

El presente capítulo contiene el diagnóstico de la calidad de las aguas y sedimentos marinos y costeros durante los monitoreos realizados los meses de octubre-noviembre de 2017 y abril de 2018. La información del diagnóstico es útil para la gestión ambiental y el manejo integral del medio ambiente marino por parte de la CRC.

13.1 ZONAS DE MONITOREO

Para evaluar la calidad de las aguas marinas y costeras del departamento del Cauca, durante el segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018, la REDCAM contó con una red de 18 estaciones de muestreo, distribuidas geográficamente en tres zonas, López-Timbiquí, Guapi y Gorgona (Figura 13.1).

En la **Zona de López-Timbiquí** hay seis estaciones para el monitoreo de la calidad de las aguas y una estación para el monitoreo de calidad de los sedimentos. Esta zona comprende la franja costera de los municipios López de Micay y Timbiquí, donde se ubican gran parte de comunidades afrocolombianas e indígenas, las cuales realizan actividades de pesca, extracción de crustáceos y moluscos (principalmente pianguías) y minería de oro y platino, principalmente en la cuenca alta del río Timbiquí ([INVEMAR et al., 2006](#)).

La **Zona de Guapi** cuenta con cuatro estaciones para el monitoreo de la calidad de las aguas, en dos de las cuales se monitorea la calidad de los sedimentos. Esta zona comprende el municipio de Guapi, donde se ubica el mayor número poblacional ([DANE, 2017](#)).

La **Zona de Gorgona** presenta un total de nueve estaciones para el monitoreo de la calidad de las aguas marinas ubicadas en la zona oriental de la Isla de Gorgona y Gorgonilla. Esta zona es un área destinada para la conservación de flora y fauna y en ella se desarrollan solamente actividades turísticas.

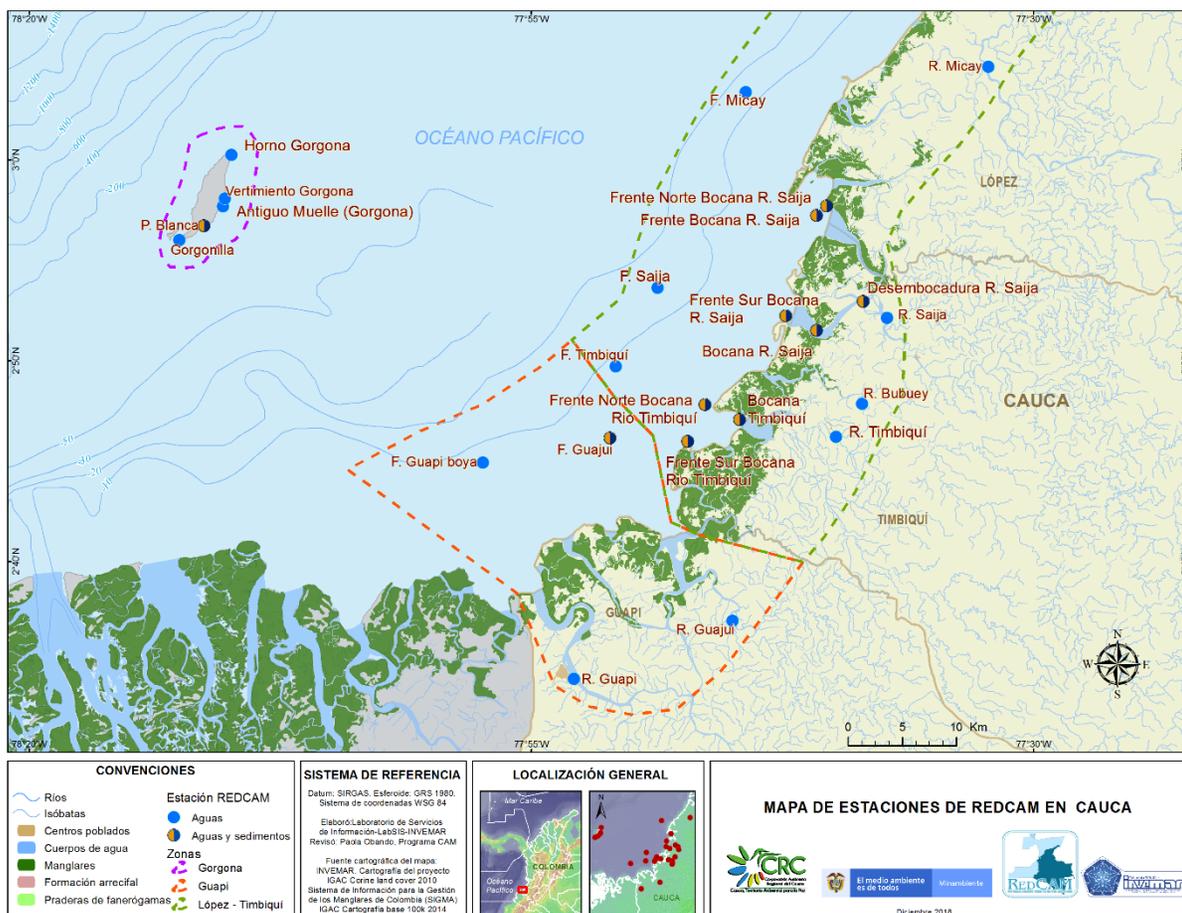


Figura 13.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Cauca. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolors (naranja y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo.

Los muestreos se realizaron por personal de la CRC y del INVEMAR, entre los días 31 de octubre y 2 de noviembre de 2017 (en adelante segundo semestre 2017) y en los días 17 al 19 de abril de 2018 (en primer semestre 2018). En los meses de octubre-noviembre de 2017 se registraron precipitaciones entre 50 y 400 mm; y en abril de 2018 entre 200 y 300 mm ([IDEAM, 2018a](#)).

13.2 CALIDAD DE AGUAS

Dentro de los parámetros *in situ* medidos en campo, en la Tabla 13.1 se presentan los registros de la temperatura estación y hora, lo cual en conjunto con las mediciones de pH y salinidad, permite diferenciar el tipo de agua superficial que se está evaluando. Si bien la temperatura del agua superficial no presentó diferencias entre los muestreos del segundo semestre 2017 (24,6 y 28,7°C) y primer semestre 2018 (24,2 y 28,4°C), si se presentaron variaciones entre las estaciones, asociadas a la hora del muestreo que se realizó entre las 07:10 y 15:09 horas, y al tipo de agua, las temperaturas más bajas se registraron en los ríos (Tabla 13.1).

Tabla 13.1. Temperatura del agua superficial registrada de las estaciones REDCAM del departamento del Cauca, registradas en los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018.

Zona	Estación	Oct-nov 17		Abr 18	
		Hora	Temperatura (°C)	Hora	Temperatura (°C)
Lopez-Timbiquí	Frente a Timbiquí	08:30	27,8	07:15	27,6
	Bocana Río Timbiquí	11:24	28,7	08:28	28,00
	Río Timbiquí	12:09	24,8	09:43	24,9
	Río Bubuey (La Trinidad)	15:09	26,6	09:12	25,6
	Frente a Río Micay	07:45	27,5	06:56	28,1
	Frente a Río Saija	07:10	27,5	06:14	28,0
	Río Micay	13:00	24,6	07:58	24,2
	Río Saija	10:26	26,7	10:44	25,1
Guapi	Bocana río Saija	10:45	27,5	10:10	25,6
	Frente a B. río Guajuí	08:05	27,6	06:51	27,7
	Río Guajuí	14:35	27,3	11:23	26,3
	Frente a río Guapi (Boya)	08:38	27,9	11:54	28,4
Gorgona	Río Guapi	08:35	25,1	12:27	26,1
	Playa Blanca Gorgona	12:09	28,0	09:11	27,1
	Antiguo Muelle Gorgona	11:28	28,1	09:38	27,4
	Norte del Horno Gorgona	10:15	27,6	10:37	27,7
	Gorgonilla	11:55	27,5	08:56	26,6
	Vertimiento Gorgona	11:16	27,8	10:25	27,8

Como se evidencia en la Figura 13.2, la salinidad del agua superficial varió significativamente según el punto de muestreo. En el muestreo del segundo semestre 2017, en las estaciones ubicadas en los ríos, la salinidad fue 0,0, considerándose aguas dulces, a excepción del río Guajuí que presentó una salinidad de 4,8 (agua salobre), valor que se asoció con la marea alta durante la medición. En las estaciones ubicadas en los frentes de los ríos, las salinidades oscilaron entre 18,0 y 29,0 que según la clasificación de [Knox \(2001\)](#), se consideran aguas marinas oligohalinas (17-30). En general, la salinidad de estas estaciones es la más fluctuante, debido a su ubicación, ya que son fuertemente influenciadas por el caudal de los ríos y las condiciones de pleamar. En las estaciones de la Isla Gorgona y Gorgonilla, se registraron variaciones entre los muestreos, pasando de aguas marinas oligohalinas durante el muestreo del segundo semestre de 2017, a aguas marinas mesohalinas, en el muestreo del primer semestre 2018, asociado a la introducción de aguas dulces por escorrentía tras el aumento de las precipitaciones durante el mes de abril ([IDEAM, 2018a](#)).

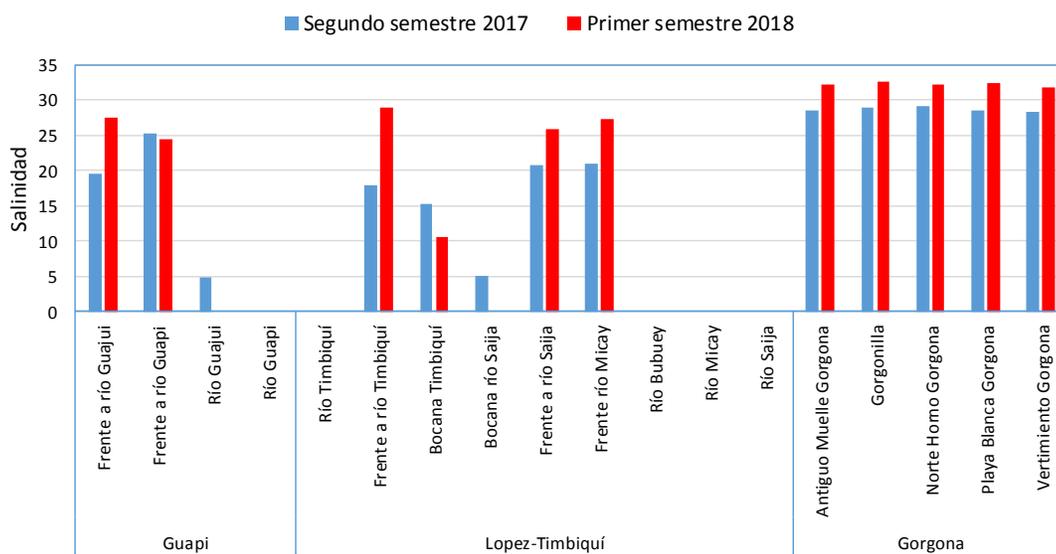


Figura 13.2. Salinidad del agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento del Cauca durante el monitoreo en octubre-noviembre de 2017 y abril de 2018.

Las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua superficial de las estaciones de muestreo durante el segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, oscilaron entre 5,0 y 7,9 mg O₂/L (Figura 13.3), sin diferencias significativas entre los muestreos, pero si entre las estaciones. Durante el muestreo del segundo semestre 2017, las aguas marinas mesohalinas de Gorgona y Gorgonilla presentaron mayor concentración de OD (7,11±0,31 mg O₂/L) en comparación con los ríos (6,17±0,89 mg O₂/L), bocanas (5,94±0,13 mg O₂/L) y frentes (6,01±0,36 mg O₂/L). No obstante, de acuerdo al criterio de calidad nacional para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulces, marinas y estuarinas (>4 mg O₂/L) Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)), el agua de las estaciones muestreadas tenía condiciones adecuadas para la biota acuática aerobia.

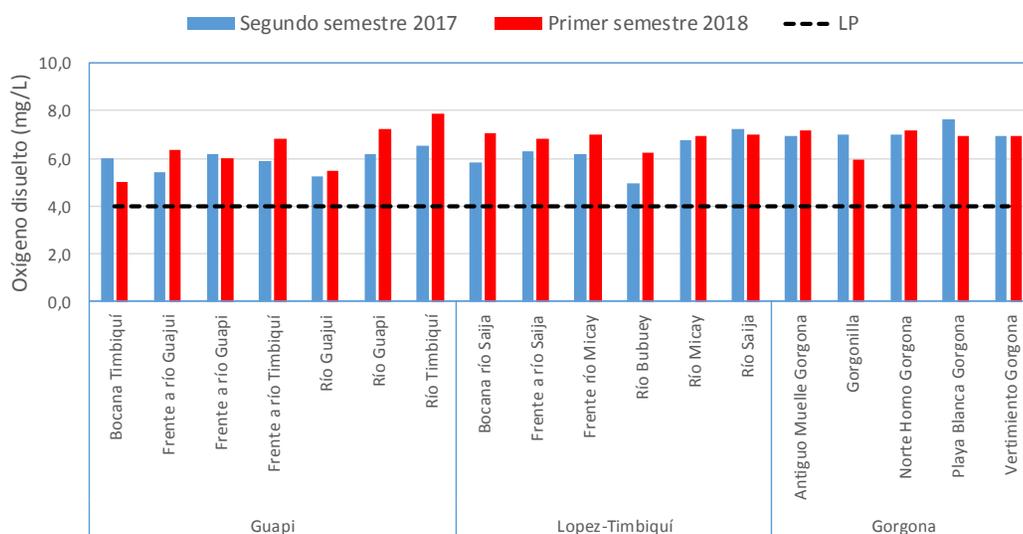


Figura 13.3. Concentraciones de oxígeno disuelto (OD) medidas en el agua superficial en las estaciones REDCAM del departamento de Cauca, durante el monitoreo en octubre-noviembre de 2017 y abril de 2018.

El pH en las aguas superficiales no presentó diferencias significativas entre los muestreos, oscilando entre 6,30 y 8,29 durante el muestreo del segundo semestre 2017; y entre 5,81 y 8,31 para el muestreo del primer semestre 2018 (Figura 13.4). En general, las estaciones ubicadas en los ríos presentaron un pH más ácido, entre 5,81 y 7,57, encontrándose dentro de los valores de referencia de preservación de flora y fauna (4,5-9,0; [MinSalud, 1984](#)); mientras que las estaciones ubicadas en zonas marinas y estuarinas presentaron valores de pH más variables, entre 6,78 y 8,31. Solamente las estaciones frente y bocana del río Saija estuvieron por debajo del rango de referencia para la preservación de la flora y fauna en aguas marinas y estuarinas (6,5-8,5 [MinSalud, 1984](#)).

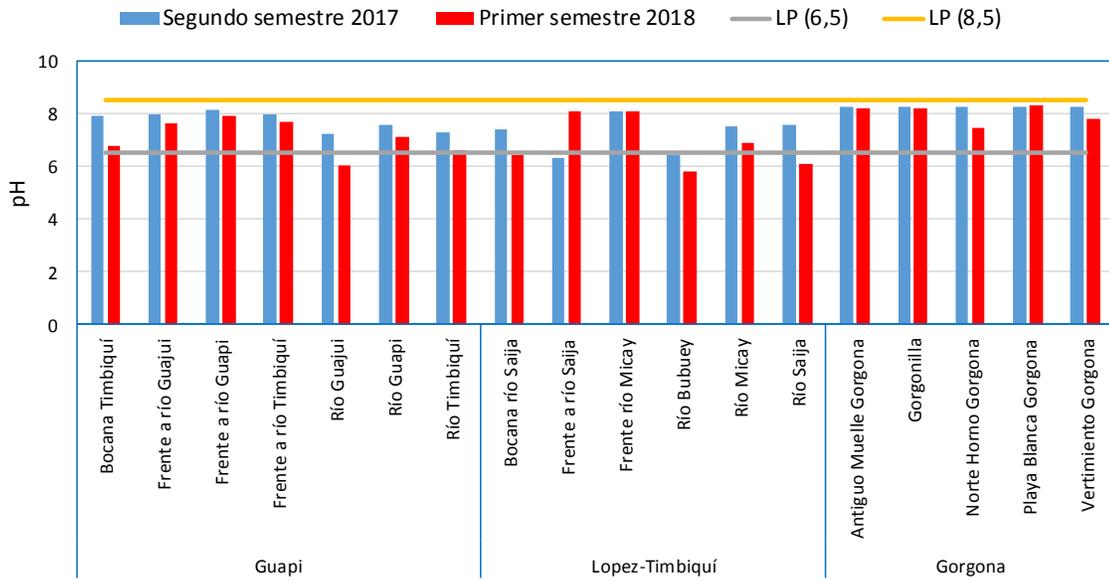


Figura 13.4. pH del agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento del Cauca en los muestreos de octubre-noviembre de 2017 y abril de 2018.

Las mayores concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) se registraron en el muestreo del primer semestre 2018 (Figura 13.5), mes en el cual hubo precipitaciones entre 200 y 300 mm ([IDEAM, 2018b](#)), aumentando la escorrentía que arrastra sedimentos y partículas de material orgánico que llegan al mar. No obstante, al comparar los SST con la referencia de clasificación de calidad para aguas dulces propuesta por [CONAGUA \(2015\)](#), la calidad de las estaciones río Bubuey, Guajú, Guapi y Timbiquí se considera buena, debido a que las concentraciones estuvieron por debajo de 25 mg SST/L; y las de los ríos Micay y Saija aceptables, por estar en el rango entre 75 y 150 mg SST/L.

Para aguas marinas y estuarinas, los SST registrados indican que la estación Bocana de río Timbiquí tenía calidad aceptable, durante los dos muestreos realizados y las demás estaciones buena calidad (Figura 13.5). No obstante, durante el muestreo del primer semestre 2018, la estación Bocana de río Saija presentó una concentración de 229 mg SST/L, clasificándola dentro del rango de aguas contaminadas por SST, condición asociada con los aportes del río Saija,

debido a que en este mes se registraron altas precipitaciones que ocasionan aumento del caudal del río.

En las estaciones que hacen parte del Parque Nacional Natural Gorgona, Antiguo Muelle Gorgona, Gorgonilla, Norte Horno Gorgona, Playa Blanca Gorgona y Vertimiento Gorgona, las concentraciones de SST estuvieron por debajo de los 50 mg de SST/L, por lo cual se consideran aguas con condiciones favorables para la preservación y desarrollo de corales ([Fabricius, 2005](#)).

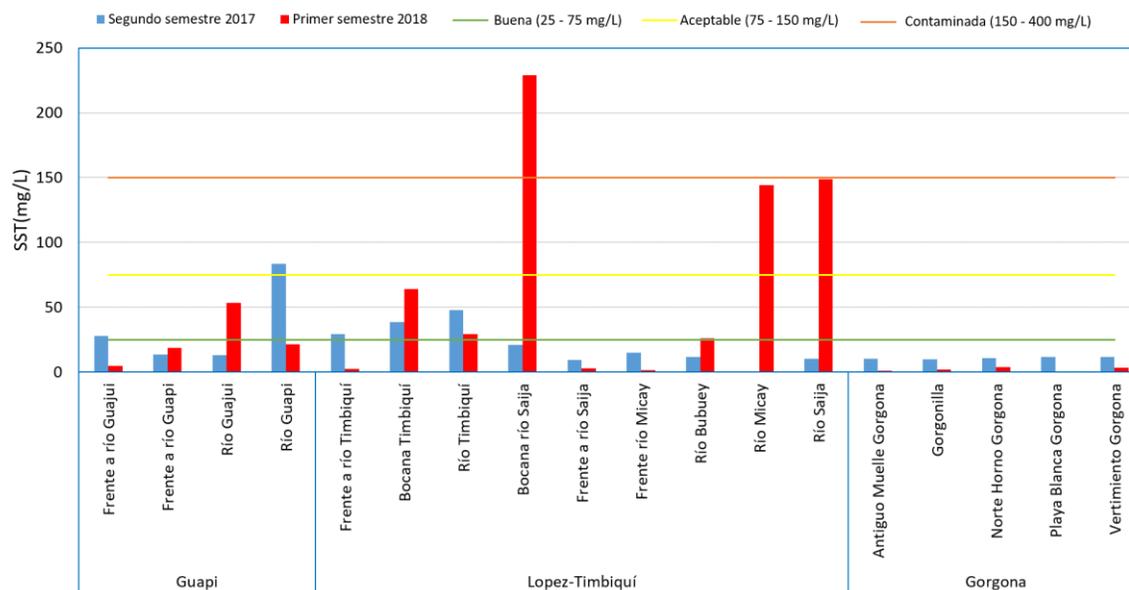


Figura 13.5. Sólidos suspendidos totales (SST) en el agua superficial en las estaciones REDCAM del departamento del Cauca, en los muestreos de octubre-noviembre de 2017 y abril de 2018. Las líneas de color indican los rangos de clasificación de la calidad de las aguas propuesto por CONAGUA (2015).

En la Figura 13.6, se presentan las concentraciones de los nutrientes inorgánicos disueltos nitritos ($N-NO_2^-$) + nitratos ($N-NO_3^-$), amonio ($N-NH_4^+$) y ortofosfatos ($P-PO_4^{3-}$), registradas en las estaciones REDCAM Cauca, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. En el muestreo del segundo semestre 2017, las mayores concentraciones de nitritos + nitratos se registraron en las estaciones Vertimiento-Gorgona, río Micay y Antiguo Muelle-Gorgona (Figura 13.6a); y durante el muestreo del segundo semestre 2018, las concentraciones más altas de nitritos + nitratos se registraron en las estaciones Bocana río Saija, río Micay y río Saija (Figura 13.6a). Estos resultados se relacionan con los aportes a través de escorrentía, como se evidenció con la salinidad (Figura 13.2) y en el caso del río Micay podría estar relacionado con vertimientos constantes de aguas residuales de poblaciones ribereñas. Durante el muestreo del primer semestre 2018, la mayoría de estaciones de Gorgona estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método utilizado ($<2,1 \mu g N-NO_3^-+NO_2^-/L$).

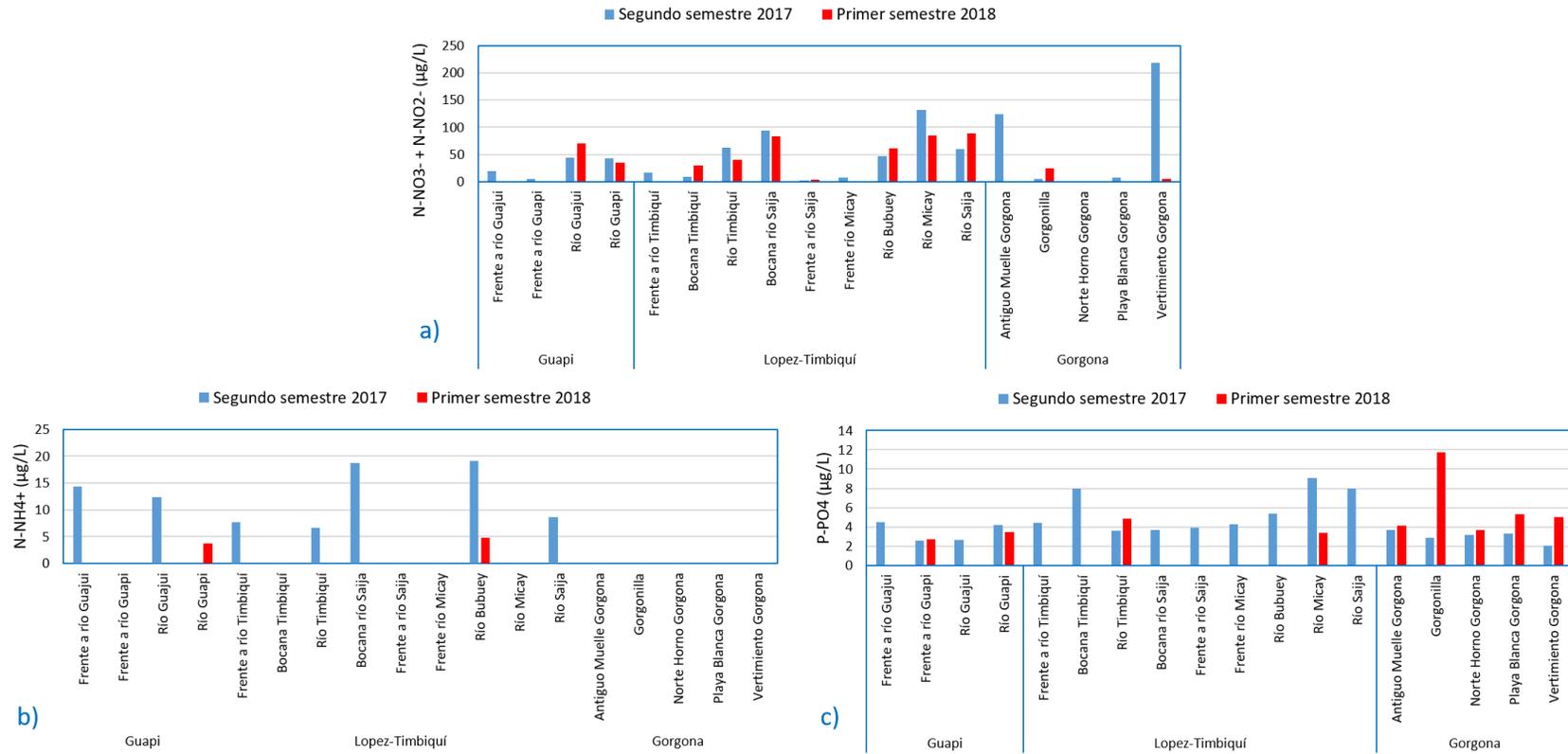


Figura 13.6. Concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos: a) nitritos (N-NO2-) + nitratos (N-NO3-), b) amonio (N-NH4+) y c) ortofosfatos (P-PO4-3) medidas en el agua superficial de las estaciones de muestreo REDCAM del departamento del Cauca, en octubre-noviembre de 2017 y abril de 2018.

Las mayores concentraciones de amonio ($N-NH_4^+$) se registraron en el muestreo del segundo semestre 2017, en las estaciones río Bubuey y Bocana río Saija (Figura 13.6b). El ion amonio no cuenta con un límite permisible para la preservación de la fauna y flora en aguas marinas, dulces o estuarinas dentro de la legislación nacional, sin embargo, altas concentraciones indican contaminación por vertimientos de aguas residuales que producen detrimento de la calidad del agua ya que promueven el aumento de las densidades de algas, y aumento de la materia orgánica, entre otros (Cárdenas y Sánchez, 2013). Cabe destacar que durante el muestreo realizado en el primer semestre 2018, en la mayoría de las estaciones las concentraciones del ion amonio estuvieron por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada ($<3,10 \mu g NH_4^+/L$; Figura 13.6b).

Durante el muestreo del segundo semestre 2017, las mayores concentraciones de ortofosfatos ($P-PO_4^{3-}$) se registraron en la zona de López-Timbiquí, en las estaciones río Micay y río Saija; en la zona de Guapi, en la Bocana del río Timbiquí y Frente a río Guajú; y en la zona de Gorgona en la estación Antiguo Muelle Gorgona (Figura 13.6c).

La calidad microbiológica del agua en las estaciones de muestreo, se evaluó con las concentraciones de coliformes totales (CTT), coliformes termotolerantes (CTE) y enterococos fecales (EFE). Durante los dos muestreos, segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, las mayores concentraciones de CTT se registraron en las estaciones de ríos y sus frentes, excepto los frentes del río Saija y río Micay, en concentraciones que superaron los valores máximos registrados por el monitoreo REDCAM desde el año 2001 (Tabla 13.2). Cabe destacar que durante el muestreo del segundo semestre 2017, en el 44% de las estaciones monitoreadas, las concentraciones de CTT sobrepasaron los límites permisibles para el uso recreativo del agua para contacto secundario (deportes náuticos y pesca recreativa); y en el muestreo del primer semestre 2018, en el 78% de las estaciones las concentraciones de CTT sobrepasaron el límite permisible, incluso en la zona de Gorgona (Tabla 13.2).

Tabla 13.2. Concentraciones de coliformes totales (CTT) medidas en el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento del Cauca, en los muestreos de octubre-noviembre de 2017 y abril de 2018; y límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y por contacto secundario de acuerdo con el Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984).

Zona	Estación	Concentración Coliformes totales (NMP/100 mL)		
		oct-nov 2017	abr-18	Rango histórico
Guapi	Frente a río Guajú	>16000	2200	2 - 16000
	Frente a río Guapi	9200	>16000	2 - >16000
	Río Guajú	-	24000	78 - 172200
	Río Guapi	920000	>1600000	20 - 160000
Lopez-Timbiquí	Río Timbiquí	35000	>1600000	20 - 130000
	Bocana río Saija	-	16000	- 16000
	Bocana Timbiquí	-	160000	13000 - 16000
	Frente a río Timbiquí	>16000	>160000	20 - 7900
	Frente a río Saija	240	170	20 - 5000
	Frente río Micay	920	220	4,5 - 16000
	Río Bubuey	54000	220000	20 - 35000
	Río Micay	35000	35000	400 - 280000
	Río Saija	92000	>160000	1700 - 240000
Gorgona	Antiguo Muelle Gorgona	22	>1600	<1 - 3500
	Gorgonilla	350	>1600	<1 - 3500
	Norte Horno Gorgona	110	>1600	<1 - 2400
	Playa Blanca Gorgona	350	920	<1 - 3500

Zona	Estación	Concentración Coliformes totales (NMP/100 mL)		
		oct-nov 2017	abr-18	Rango histórico
	Vertimiento Gorgona	79	>1600	2 – 880
Límite permisible contacto primario		1000 NMP/100 mL		
Límite permisible contacto secundario		5000 NMP/100 mL		

En cuanto a los CTE, en el 44% de las estaciones muestreadas en el segundo semestre 2017, y el 89% de las estaciones muestreadas el primer semestre 2018, presentaron concentraciones por encima del criterio de calidad para uso recreativo por contacto primario. Al igual que las concentraciones de CTT, las de CTE superaron los máximos valores históricos reportados por la REDCAM desde el año 2001, principalmente en la zona de Gorgona y de Guapi (Tabla 13.3).

Tabla 13.3. Concentraciones de coliformes termotolerantes (CTE) medidas en el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento del Cauca, en los muestreos de octubre-noviembre de 2017 y abril de 2018; y límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario de acuerdo con el Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984).

Zona	Estación	CTE (NMP/100 mL)		
		oct-nov 2017	Abr 2018	Rango histórico
Guapi	Frente a río Guajú	>16000	2200	2 – 2300
	Frente a río Guapi	9200	>16000	<1 – 16000
	Río Guajú	-	3300	45 – 50000
	Río Guapi	92000	>1600000	20 – 44000
Lopez-Timbiquí	Río Timbiquí	17000	>1600000	20 – 54000
	Bocana río Saija	-	16000	-
	Frente a río Saija	4	17	<1 – 800
	Bocana Timbiquí	-	160000	780 – 1700
	Frente a río Timbiquí	70	>160000	11 – 1400
	Frente río Micay	23	2	2 – 2800
	Río Bubuey	2400	46000	20 – 8000
	Río Micay	24000	17000	20 – 49000
Gorgona	Río Saija	7900	92000	200 – 160000
	Antiguo Muelle Gorgona	4,5	>1600	<1 – 130
	Gorgonilla	350	>1600	<1 – 170
	Norte Horno Gorgona	21	>1600	<1 – 540
	Playa Blanca Gorgona	94	920	<1 – 240
	Vertimiento Gorgona	-	>1600	<1 – 130
Límite permisible contacto primario		200 NMP/100 mL		

Estos resultados evidencian un deterioro de la calidad microbiológica de las aguas superficiales, principalmente en los ríos Guapi, Timbiquí, Bubuey, Micay y Saija, los cuales reciben vertimientos de aguas residuales y desechos orgánicos entre otros, provenientes de las poblaciones ribereñas, que influyen directamente en la carga de CTT y CTE (Vivas-Aguas *et al.*, 2010). Las altas concentraciones de CTT y CTE, registradas durante el muestreo del primer semestre 2018 en la zona de Gorgona, pueden ser producto de la carga microbiológica que aportan los tributarios del departamento, así como del aumento de las escorrentías en la isla producto de las altas precipitaciones reportadas para la época de muestreo.

En la zona de Gorgona, durante el muestreo del segundo semestre 2017, se registraron concentraciones de enterococos fecales (EFE) entre <1 y 2 UFC/100 mL; y durante el muestreo del primer semestre 2018, entre 15 y >200 UFC/100 mL, siendo la estación Vertimiento

Gorgona la que presentó la mayor concentración de EFE (>200 UFC/100 mL). El resultado de EFE en esta estación indica que hay un tipo de contaminación de origen fecal que puede estar asociado a lavado de los suelos arrastrando heces de animales (primates y aves), lo cual aumenta el riesgo entre 1 y 5% de contraer enfermedades gastrointestinales agudas (EGI), y entre 0,3 y 1,9%, de contraer enfermedades febriles agudas (ERFA), según la Organización Mundial de la Salud ([OMS, 2003](#)).

Las concentraciones de hidrocarburos del petróleo Disueltos y Dispersos equivalentes de criseno (HPDD), registrados en las estaciones de la zona marino-costera del departamento del Cauca, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, se muestran en la Figura 13.7. Cabe destacar que en todas las estaciones, las concentraciones de HPDD estuvieron por debajo de 5 µg/L, valor de referencia para aguas costeras con baja contaminación ([Zanardi et al., 1999](#); [Acuña-González et al., 2004](#)).

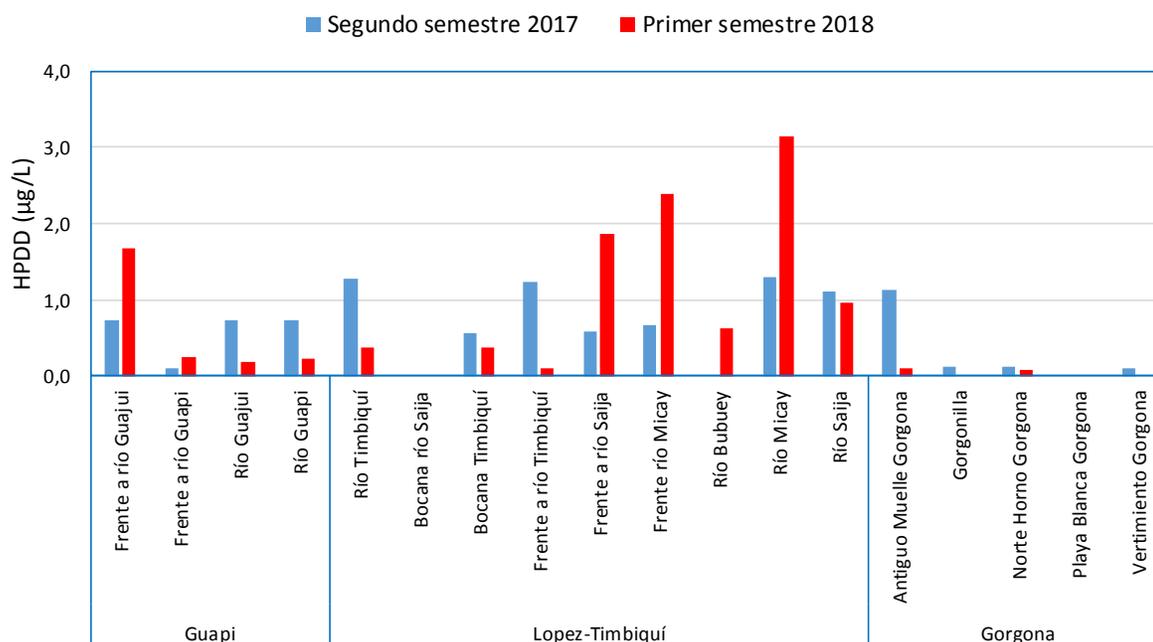


Figura 13.7. Concentraciones de hidrocarburos del petróleo Disueltos y Dispersos equivalentes de criseno (HPDD), medidos en el agua superficial en las estaciones REDCAM del departamento del Cauca, en los muestreos de octubre-noviembre de 2017 y abril de 2018.

Durante los muestreos del segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018, los plaguicidas organoclorados (Aldrín, α – HCH, β – HCH, γ – HCH, δ – HCH, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, α – Clordano, γ – Clordano, Endosulfán I, Endosulfán II, Endosulfán sulfato, pp-DDD, ppDDE, pp-DDT, Endrín, Endrín Aldehído, Endrín Cetona, Dieldrín, Metoxicloro) y organofosforados (Dichlorvos, Mevinphos, Ethoprop, Sulfotep, Phorate, Dimethoate, Diazinon, Clorotalonil, Metil Paratión, Ronnel, Bromacil, Malatión, Clorpirifós/Dursban, Fenthion, Paratión, Trichloronate, Sthiropos, Tokuthion, Bolstar, Cis-permetrina y Trans-permetrina), no fueron detectados por el método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR.

En el agua superficial de la zona marino-costera del departamento del Cauca, tanto en el muestreo del segundo semestre 2017, como el del primer semestre 2018, los metales cromo (Cr) y plomo (Pb), estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR (Tabla 13.4). Cabe destacar que el límite de cuantificación está por debajo de los valores de referencia para efectos agudos y crónicos en organismos que habitan aguas dulces y marinas (Tabla 13.4; [Buchman, 2008](#); [CONAMA, 2005](#)).

Tabla 13.4. Metales disueltos en el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento del Cauca. Los valores de referencia corresponden a Screening Quick Reference Tables ([Buchman, 2008](#)) y el valor con asterisco (*) corresponde a la referencia para cromo ([CONAMA, 2005](#)).

Zona	Estación	Cromo VI	Plomo	Cadmio	Cobre	Zinc	Níquel	Hierro	
		µg Cr/L	µg Pb/L	µg Cd/L	µg Cu/L	µg Zn/L	µg Ni/L	µg Fe/L	
Octubre-noviembre de 2017	Guapi	Río Guajú	<5,00	<2,00	<0,20	<1,00	<10,0	<2,50	26,20
		Río Guapi	<5,00	<2,00	1,5	1,56	18,2	3,28	58,7
	López-Timbiquí	Bocana Timbiquí	<5,00	<2,00	<0,20	1,43	<10,0	<2,50	11,3
		Río Timbiquí	<5,00	<2,00	<0,20	1,67	13,6	<2,50	44,2
		Bocana río Saija	<5,00	<2,00	<0,20	1,06	<10,0	2,76	36,9
		Río Bubuey	<5,00	<2,00	<0,20	3,79	<10,0	<2,50	57,5
		Río Micay	<5,00	<2,00	<0,20	<1,00	<10,1	<2,50	33,9
		Río Saija	<5,00	<2,00	<0,20	<1,00	<10,2	<2,50	36,9
	Gorgona	Antiguo Muelle Gorgona	<5,00	<2,00	0,25	1,44	<10,3	<2,50	<10,0
		Gorgonilla	<5,00	<2,00	0,59	1,37	<10,4	<2,50	16,1
		Norte Horno Gorgona	<5,00	<2,00	<0,20	<1,00	<10,5	<2,50	<10,0
		Playa Blanca Gorgona	<5,00	<2,00	0,51	1,3	<10,6	<2,50	25,5
		Vertimiento Gorgona	<5,00	<2,00	0,7	1,8	<10,7	<2,50	15
Abril de 2018	Guapi	Frente a río Guajú	<5,00	<2,00	0,42	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
		Frente a río Guapi	<5,00	<2,00	0,37	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
		Río Guajú	<5,00	<2,00	<20,0	<1,00	11,30	<2,50	24,40
		Río Guapi	<5,00	<2,00	<20,0	<1,00	<10,0	<2,50	16,6
	López-Timbiquí	Bocana Timbiquí	<5,00	<2,00	<20,0	<1,00	<10,0	<2,50	11,4
		Frente a río Timbiquí	<5,00	<2,00	0,55	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
		Río Timbiquí	<5,00	<2,00	<20,0	<1,00	11,80	<2,50	14,1
		Bocana río Saija	<5,00	<2,00	<20,0	1,06	17,80	<2,50	61,8
		Frente a río Saija	<5,00	<2,00	0,46	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
		Frente río Micay	<5,00	<2,00	0,21	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0
		Río Bubuey	<5,00	<2,00	<20,0	<1,00	15,40	<2,50	32
		Río Micay	<5,00	<2,00	<20,0	<1,00	13,80	<2,50	18,7
	Río Saija	<5,00	<2,00	<20,0	<1,00	13,80	<2,50	33,6	
Gorgona	Antiguo Muelle Gorgona	<5,00	<2,00	0,47	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	
	Gorgonilla	<5,00	<2,00	<20,0	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	
	Norte Horno Gorgona	<5,00	<2,00	0,65	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	
	Playa Blanca Gorgona	<5,00	<2,00	<20,0	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	
	Vertimiento Gorgona	<5,00	<2,00	<20,0	<1,00	<10,0	<2,50	<10,0	
Referencia para efectos crónicos en organismos de agua dulce			2,5	0,3	9,0	120	52,00	350,00	
Referencia para efectos agudos en organismos de agua dulce			65	2,0	13	120	470		
Referencia para efectos crónicos en organismos de aguas marinas			8,1	8,8	1,3	81	8,2	50	
Referencia para efectos agudos en organismos de aguas marinas			65	40	2,0	90	74	300	

Durante el muestreo de octubre-noviembre de 2017, las concentraciones de Cd, en la estación río Guapi; y Cu en las estaciones Antiguo Muelle Gorgona, Gorgonilla y Vertimiento Gorgona, superaron los valores de referencia para efectos crónicos en organismos (Tabla 13.4). Mientras que el Zn, Ni y Fe estuvieron por debajo los valores de referencia para efectos crónicos y agudos

en organismos (Tabla 13.4). En el muestreo de abril de 2018, las concentraciones de Cd superaron el valor de referencia para efectos crónicos en organismos (Tabla 13.4); en tanto que las concentraciones de Cu, Zn y Fe, estuvieron por debajo del valor de referencia para efectos crónicos y agudos (Tabla 13.4; [Buchman, 2008](#); [CONAMA, 2005](#)).

13.2.1 Calidad del agua de acuerdo con el ICAM_{PPF}

La aplicación del ICAM_{PPF} mostró que en el muestreo del segundo semestre 2017, la calidad del agua superficial del 50% de las estaciones evaluadas fue adecuada, el 25% fue aceptable y el 25 % fue inadecuada (Figura 14.8). Las estaciones con calidad inadecuada fueron los frentes de los ríos Guajuí y Saija y la estación Vertimiento Gorgona, las dos primeras debido a la elevada concentración de coliformes termotolerantes; y la estación Vertimientos Gorgona por la elevada concentración de nitratos, debido a los vertimientos de aguas residuales.

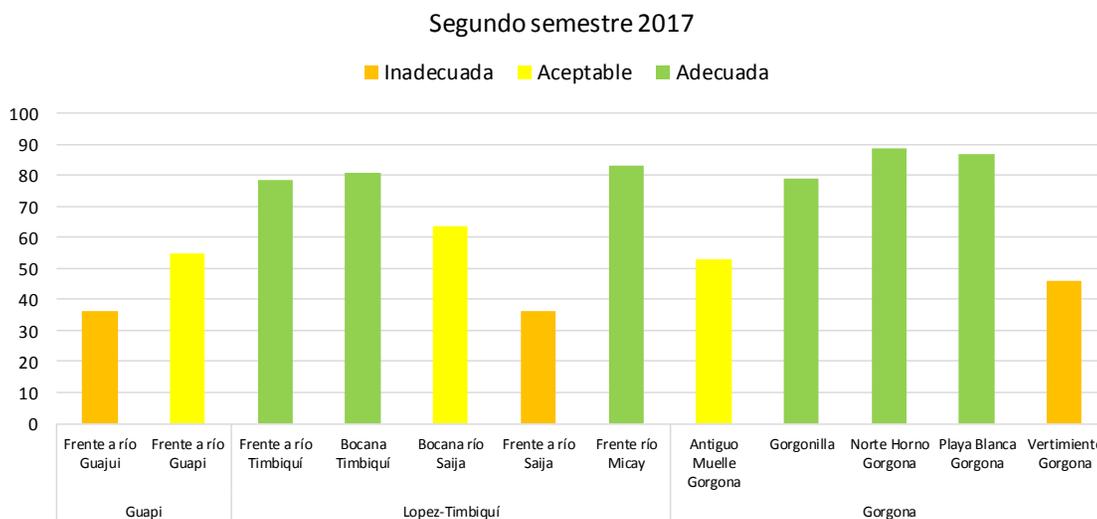


Figura 13.8. Índice de Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas de la REDCAM en el departamento de Magdalena en los muestreos de la época lluviosa 2017, evaluadas con el del ICAM_{PPF}.

En el muestreo del primer semestre 2018, disminuyó el número de estaciones con aguas de calidad adecuada (17%), y aumentó el número de estaciones con calidad aceptable (67%). Cabe destacar que en las bocanas de los ríos Timbiquí y Saija, se presentó el deterioro de la calidad del agua, pasando a calidad inadecuada (Figura 13.9). Esta condición se debió al incremento de coliformes termotolerantes, SST y nutrientes, asociados a la escorrentía producto del incremento de las precipitaciones durante el muestreo ([IDEAM, 2018b](#)).

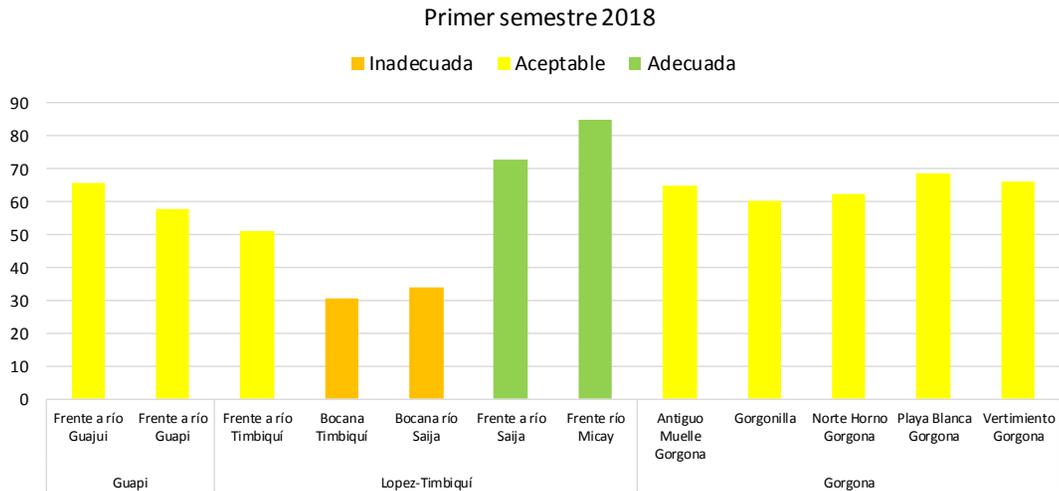


Figura 13.9. Índice de Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas de la REDCAM en el departamento de Magdalena en los muestreos de la época seca 2018, evaluadas con el del ICAM_{PF}.

13.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

En la Tabla 13.5, se presentan los contenidos de materia orgánica (MO) en los sedimentos de las estaciones de muestreo. Los mayores contenidos de MO se registraron en las estaciones Bocana de río Saija y Bocana de río Timbiquí. Lo anterior debido a procesos relacionados con la deposición y re-suspensión de los aportes materia orgánica proveniente de los manglares que precipita en el sedimento (Marcovecchio y Freije, 2013). Si bien el alto contenido de materia orgánica no representa un riesgo para los organismos, y es natural en este tipo de ecosistemas, estas condiciones propician la acumulación de contaminantes como metales y plaguicidas.

Tabla 13.5. Contenido de materia orgánica (mg/g en peso seco), en los sedimentos marinos superficiales de las estaciones REDCAM en el departamento del Cauca, determinados en los muestreos realizados en octubre-noviembre de 2017 y abril de 2018. No medidos (NM).

Zona	Estación	Materia orgánica (mg/g p.s.)	
		Octubre-noviembre 2017	Abril 2018
López-Timbiquí	Bocana río Saija	64,8	10,9
	Bocana río Timbiquí	57,7	75,9
Guapi	Frente Río Guajuí	NM	4,28
Gorgona	Playa Blanca Gorgona	1,20	NM

Los altos contenidos de MO generalmente están asociados con sedimentos de textura fina (limos y arcillas), lo cual se observó en las estaciones Bocana de río Saija y Bocana de río Timbiquí, en donde los sedimentos presentaron en su mayoría texturas finas <math><63 \mu\text{m}</math> (Tabla 13.6). Por el contrario, en la estación Playa Blanca, se presentó sedimento de mayor tamaño (>2 mm) durante el muestreo del segundo semestre de 2017 y bajos contenidos de MO. De igual forma, durante el muestreo del primer semestre de 2018, las estaciones ubicadas en las bocanas presentaron texturas más finas, con excepción de la Bocana de Saija, donde el 43,6% de sus sedimentos fue

250 µm (Tabla 13.6), lo que posiblemente influyó en el contenido de MO reportado durante este muestreo.

Tabla 13.6. Granulometría en sedimentos marinos superficiales de las estaciones REDCAM en el departamento del Cauca, en los muestreos realizados en octubre-noviembre de 2017 y abril de 2018. No medidos (NM).

Muestreo	Zona	Estación	Granulometría						
			% 2 mm	% 1 mm	% 0,5 mm	% 250 µm	% 125 µm	% 63 µm	% <63 µm
Oct-nov 2017	López-Timbiquí	Bocana Río Saija	0,50	0,81	0,90	5,40	12,6	7,25	72,6
		Bocana Río Timbiquí	0,48	0,39	0,54	1,79	18,8	14,5	63,5
	Gorgona	Playa Blanca Gorgona	35,0	6,90	13,3	28,7	12,3	2,72	1,06
	Guapi	Frente Río Guajuí	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
abr-2018	López-Timbiquí	Bocana Río Saija	3,16	4,03	13,0	43,6	23,3	2,18	10,7
		Bocana Río Timbiquí	0,24	<0,20	<0,20	<0,10	<0,20	<0,20	98,8
	Gorgona	Playa Blanca Gorgona	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	Guapi	Frente Río Guajuí	<0,20	<0,20	<0,20	1,03	89,2	7,13	2,65

Durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, las concentraciones de metales Pb y Cd, en los sedimentos de las estaciones muestreadas, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico usado por el LABCAM de INVEMAR; cabe destacar que estos límites están por debajo de los valores de referencia para efectos probables (PEL) descritos en [Buchman \(2008\)](#), que es la concentración por encima de la cual frecuentemente se asocian afectos adversos sobre la biota; y por debajo de los valores de referencia para efecto umbral (TEL) que es la concentración por debajo de la cual raramente se ocasionan efectos adversos sobre la biota ([Long et al., 1995](#); Tabla 13.7).

Tabla 13.7. Concentraciones de metales totales (µg/g en peso seco) medidos en sedimentos superficiales del departamento del Cauca en el segundo semestre de 2017 y primer semestre de 2018. Valores con el símbolo (<) indica el límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR y (NM) valores no medidos. Las referencias de efectos umbral (TEL) y probables (PEL) para sedimentos marinos fueron tomados de la NOAA ([Buchman, 2008](#)). Sin valor de referencia (-). Los resaltados en color amarillo superan la referencia TEL y los resaltados con naranja superan la referencia PEL

Muestreo	Zona	Estación	Plomo Total	Cadmio Total	Cromo Total	Cobre Total	Cinc Total	Níquel Total	Hierro Total
			µg Pb/g	µg Cd/g	µg Cr/g	µg Cu/g	µg Zn/g	µg Ni/g	mg Fe/g
Octubre-noviembre 2017	López-Timbiquí	Bocana río Saija	<15,0	<12,5	104	64,5	75,50	82,7	50,7
		Bocana Río Timbiquí	<15,0	<12,5	97,8	75,7	73,70	79,8	50,0
	Gorgona	Playa Blanca Gorgona	<15,0	<12,5	439	14,1	27,7	235	23,5
	Guapi	Frente río Guajuí	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
abr-18	López-Timbiquí	Bocana río Saija	<15,0	<12,5	98,2	40,3	98,8	88,4	26,5
		Bocana río Timbiquí	<15,0	<12,5	84,6	120	106	121	39,2

Muestreo	Zona	Estación	Plomo Total	Cadmio Total	Cromo Total	Cobre Total	Cinc Total	Níquel Total	Hierro Total
			µg Pb/g	µg Cd/g	µg Cr/g	µg Cu/g	µg Zn/g	µg Ni/g	mg Fe/g
	Gorgona	Playa Blanca Gorgona	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	Guapi	Frente Río Guajuí	<15,0	<12,5	309	24,2	97,5	159	31,2
Valores Referencia TEL			30,2	0,68	52,3	18,7	124	16	-
Valores Referencia PEL			112	4,21		108	271	43	-

La concentración de Zn, en los dos muestreos, no superó los valores de referencia PEL ni TEL. En tanto que las concentraciones de Cr en todas las estaciones superaron la referencia TEL, al igual que las concentraciones de Cu, con excepción de la estación Playa Blanca durante el muestreo del segundo semestre 2017 (Tabla 13.7). En la estación Bocana río Timbiquí, las concentraciones de Ni superaron el valor de referencia PEL. Por lo anterior, es importante que se continúe el monitoreo de metales en éstas estaciones, para su seguimiento, así como otros estudios para conocer su biodisponibilidad y otros factores que lo controlan.

13.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ En la mayoría de las estaciones del departamento del Cauca, la calidad del agua superficial de la zona marino - costera fue adecuada para la preservación de flora y fauna acuática, debido a que los niveles de oxígeno disuelto, el porcentajes de saturación de oxígeno, el pH y los contenidos de sólidos suspendidos, estuvieron dentro de los límites permisibles de la legislación nacional; y las concentraciones de nutrientes inorgánicos dentro de los valores de referencia internacionales, con excepción de la estación Bocana río Saija, donde se registraron concentraciones altas de nutrientes y de MO que afectan la calidad de las aguas.
- ❖ En la mayoría de las estaciones de la zona costera del departamento del Cauca muestreadas, la calidad microbiológica fue inadecuada para el contacto primario, ya que los coliformes termotolerantes estuvieron por encima del máximo permitido en la legislación nacional.
- ❖ En el agua superficial de las estaciones Antiguo Muelle Gorgona, Gorgonilla y Vertimiento Gorgona, se registraron concentraciones de Cu, Zn, Ni y Fe por encima de los valores de referencia para efectos, así como Cd en los frentes de los ríos durante el muestreo de abril de 2018, indicando la necesidad de hacer seguimiento de estos metales y determinar sus fuentes.
- ❖ Las aguas superficiales de la zona costera del Cauca no presentaron contaminación por hidrocarburo, plaguicidas organoclorados, ni plaguicidas organofosforados.
- ❖ En los sedimentos en las bocanas de los ríos Timbiquí y Saija la concentración de los metales Cu, Cr y Ni superaron los valores de referencia TEL en el que los efectos adversos ocurren ocasionalmente. Por ello se recomienda continuar con el monitoreo y evaluar su biodisponibilidad y los factores que los controlan.

NARIÑO

Por: Paola Sofía Obando-Madera



Isla Tumaco, Nariño. Foto: Paola Obando.

EQUIPO TÉCNICO CORPONARIÑO

Blanca Marcela Caviedes C. – Profesional Universitario
Gerardo Arteaga Morales – Coordinador Centro Ambiental Costa Pacífico

14. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE NARIÑO

La zona costera del departamento de Nariño está conformada por 7 municipios costeros: San Andrés de Tumaco, Francisco Pizarro, Mosquera, Olaya Herrera, La Tola, El Charco y Santa Bárbara. La zona costera del departamento de Nariño se caracteriza por la riqueza de sus ecosistemas estratégicos, como los manglares que son los más representativos del Pacífico colombiano; así como, las playas, acantilados, playones intermareales y estuarios. Estos ecosistemas, son vulnerables ante la contaminación que es vertida en la zona costera, a través de los ríos Mira y Patía y los afluentes menores, afluentes que reciben residuos líquidos provenientes de cultivos agrícolas, abonos, aceites y grasas, procesamiento de pesquerías comerciales, minería y los aserríos ([Aguas de Tumaco, 2018a](#)).

De acuerdo con [Ricaurte-Villota et al., \(2018\)](#), las condiciones de oleaje en la zona costera de Nariño, se encuentran influenciadas por los vientos del noroeste y suroeste, los cuales hacen parte del campo de vientos de la cuenca Pacífica colombiana. Las menores lluvias se presentan entre los meses de agosto y noviembre; siendo mayo el mes en donde se presentan las mayores lluvias del año. En cuanto su geomorfología, predominan valles aluviales, pantanos de manglar, pantanos de transición, islas de barrera, playas, montañas, colinas, abanicos, deltas, plataformas continentales, entre otros.

El presente capítulo contiene el diagnóstico de la calidad de las aguas y sedimentos marinos y costeros con base a las mediciones realizadas durante el segundo semestre de 2017 y las mediciones *in situ* durante el primer semestre de 2018, debido a las condiciones de orden público que dificultaron la realización de los muestreos de 2018.

14.1 ZONAS DE MONITOREO

La REDCAM cuenta con 29 estaciones de monitoreo, distribuidas en tres zonas: Costa Norte, Ensenada de Tumaco y Costa Sur (Figura 14.1).

La zona **Costa Norte** se extiende desde la frontera con el departamento del Cauca hasta la punta Cascajal, en donde se sitúan las poblaciones de los municipios costeros de Francisco Pizarro, Mosquera, Olaya Herrera, La Tola y El Charco, los cuales tienen bajas coberturas de saneamiento básico ([SUI, 2017](#)). Las estaciones abarcan parte de las cuencas hidrográficas de los ríos Patía y Sanquianga, y el Parque Nacional Natural Sanquianga, donde se encuentra el 53% de la cobertura de manglar total del departamento ([PNNC, 2017](#)).

En la zona **Ensenada de Tumaco** se encuentra el municipio de Tumaco, uno de los más poblados del Pacífico colombiano y están las desembocaduras de los ríos Rosario, Mejicano, Guayaros, Changüí, y Curay. Las estaciones abarcan los frentes de los ríos, playas turísticas y lugares donde se desarrollan actividades socioeconómicas.

La zona **Costa Sur**, comprende el área desde el sur de la Ensenada de Tumaco hasta el río Mataje, en el límite con el Ecuador. Esta zona está representada por las principales cuencas hidrográficas de los ríos Mataje y Mira, parte del trayecto de ambos ríos es frontera entre Ecuador y Colombia.

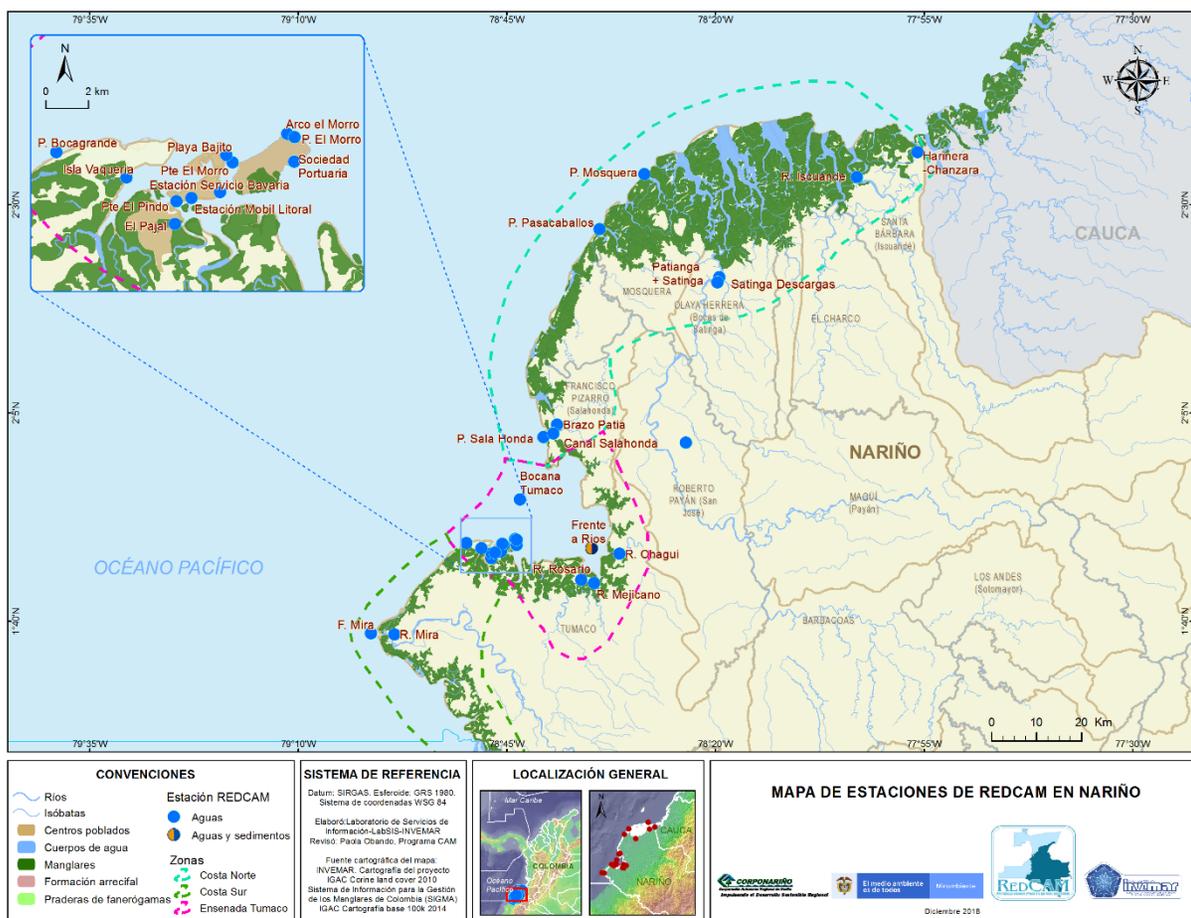


Figura 14.1. Mapa de estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Nariño. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolores (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimentos superficiales. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

Los muestreos fueron realizados por el INVEMAR, con el acompañamiento de personal técnico de CORPONARIÑO, los días 25 y 26 de octubre, y 2 de noviembre de 2017 (en adelante segundo semestre 2017); y el 7 de mayo y 19 de abril de 2018 (en adelante primer semestre 2018).

14.2 CALIDAD DE AGUAS

Para determinar la calidad de las aguas superficiales marinas y costeras del departamento de Nariño, se determinaron las variables de calidad que se describen a continuación. Durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018, la salinidad estuvo entre 0 y 31,3 (Figura 14.2). Teniendo en cuenta las categorías propuestas por Knox (2001), el agua superficial de las estaciones Costa Norte, se clasificaron entre agua dulce y marina con características mesohalinas, en Costa Sur como agua dulce y salobre polihalina, y la Ensenada de Tumaco como agua salobre y agua de mar con características mesohalina, lo que refleja la influencia de los aportes fluviales que desembocan en el mar y la influencia de las condiciones de marea.

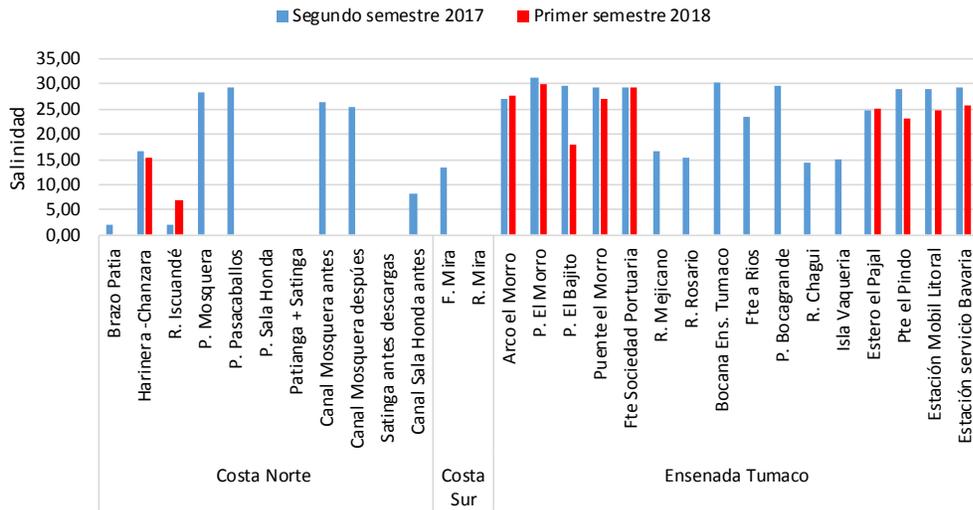


Figura 14.2. Salinidad del agua superficial registrados en las estaciones REDCAM en Nariño, en los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018.

El oxígeno disuelto (OD) estuvo entre 2,9 y 7,94 mg O₂/L durante el segundo semestre 2017 y en el primer semestre 2018 entre 5,12 y 6,65 mg O₂/L (Figura 14.3). En la mayoría de las estaciones las concentraciones de oxígeno disuelto estuvieron por encima del criterio de calidad para la preservación de flora y fauna (>4,0 mg O₂/L, [MinSalud, 1984](#)). Sin embargo, en Arco el Morro se presentaron bajas de oxígeno, durante el segundo semestre 2017, con un registro de 2,9 mg O₂/L, lo cual se asocia con la alta demanda bioquímica de oxígeno (65 mg O₂/L), reflejando la incidencia en las descargas de aguas residuales domesticas sin tratamiento.

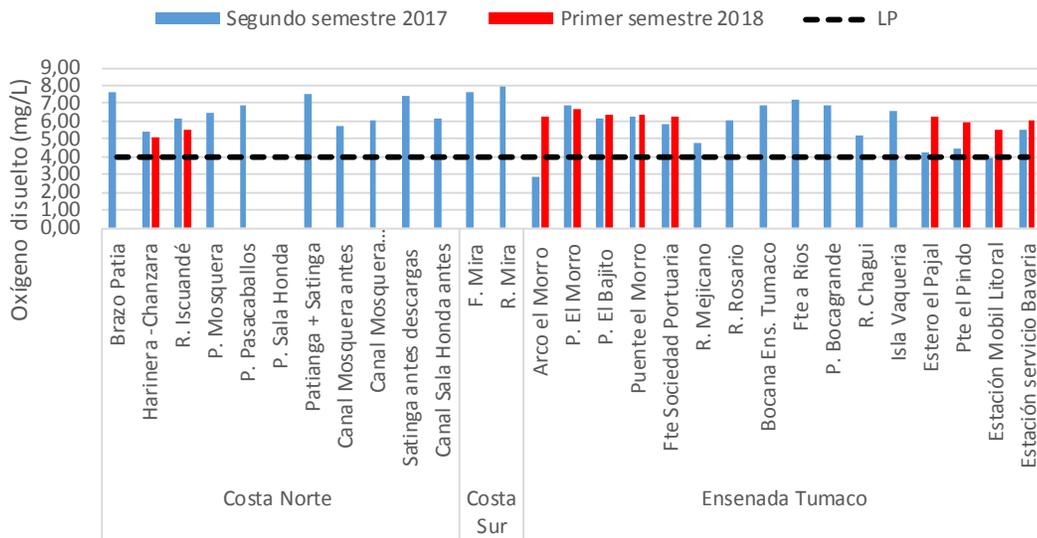


Figura 14.3. Oxígeno disuelto del agua superficial registrado en las estaciones REDCAM en Nariño, en los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre de 2018. La línea negra punteada indica el límite mínimo permisible para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas (<4,0 mg/L; [MinSalud, 1984](#)).

El pH, durante los dos muestreos osciló entre 6,85 y 8,81 (Figura 14.4), estando dentro de los rangos permisibles para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce, marinas y estuarinas según el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)). Cabe mencionar que durante el primer semestre 2018, solo se realizó la medición en 11 estaciones.

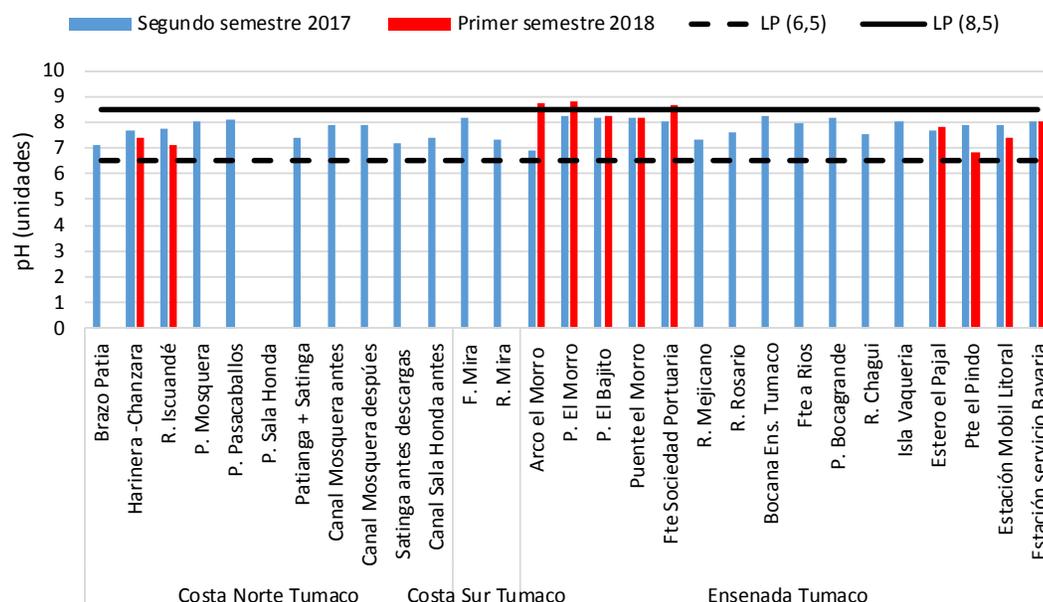


Figura 14.4. pH del agua superficial registrado en las estaciones REDCAM en Nariño, en los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre de 2018. Las líneas negras indican los límites permisibles para la preservación de flora y fauna en aguas cálidas (<4,0 mg/L; MinSalud, 1984).

En cuanto a los sólidos suspendidos Totales (Figura 14.5), durante el segundo muestreo 2017 las mayores concentraciones se presentaron en las zonas costa Norte y costa Sur, en las estaciones canal Mosquera antes (78,7 mg/L), Satinga antes descargas (63,1 mg/L) y en el río Mira (74,1 mg/L). Estas estaciones están influenciadas por las descargas domésticas que realizan las poblaciones en su ribera.

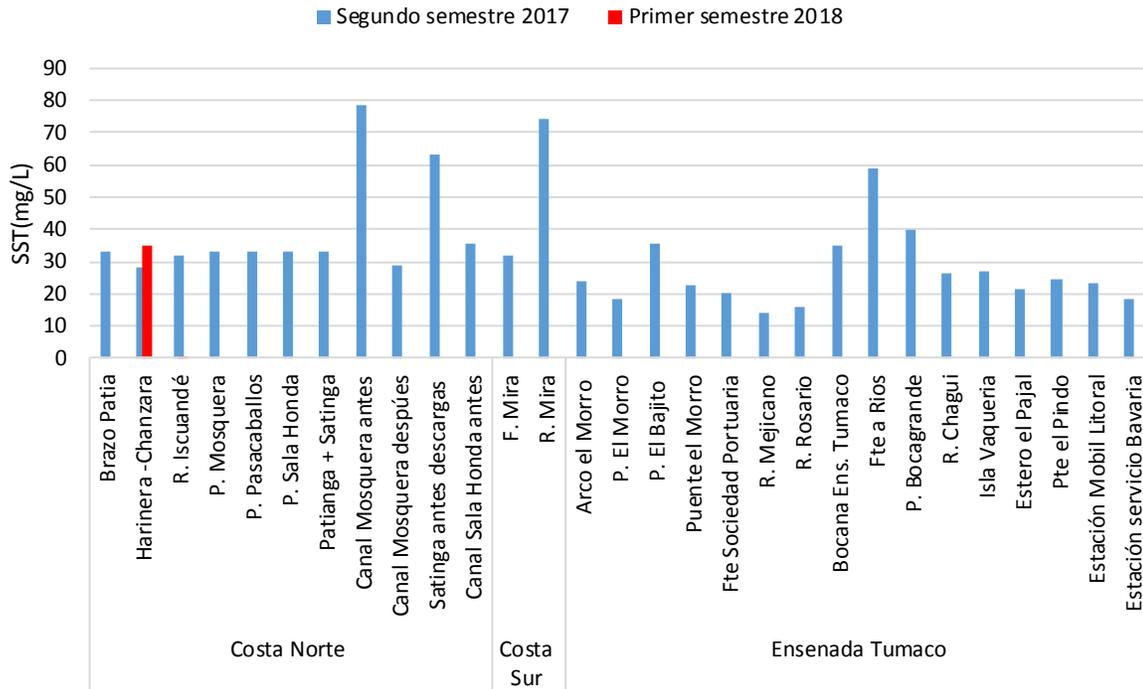


Figura 14.5. Sólidos suspendidos totales (SST) registrados en el agua superficial de las estaciones REDCAM en Nariño, en los muestreos del segundo semestre 2017 y en una estación durante el primer semestre 2018.

En la Figura 14.6 se presentan las concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos amonio ($N-NH_4^+$), nitritos ($N-NO_2^-$), nitratos ($N-NO_3^-$) y ortofosfatos ($P-PO_4^{-3}$), medidos durante el segundo semestre 2017 y en dos estaciones durante el primer semestre 2018, ya que como se mencionó anteriormente, debido a la situación de orden público, no fue posible tomar muestras para las estaciones en costa norte, ensenada de Tumaco y en costa sur.

Las concentraciones de amonio ($N-NH_4^+$) oscilaron entre menor al límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada en el LABCAM de INVEMAR ($<3,1 \mu g N-NH_4^+/L$) y $56,5 \mu g N-NH_4^+/L$ (Figura 14.6a). En el segundo semestre 2017 la mayor concentración se registró en el puente el Pindo ($56,5 \mu g N-NH_4^+/L$).

Las mayores concentraciones de nitritos ($N-NO_2^-$) se registraron en los ríos Mejicano y Rosario (Figura 14.6b). Los nitratos ($N-NO_3^-$) oscilaron entre menor al límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada en el LABCAM de INVEMAR ($<2,1 \mu g$ de $N-NO_3^-/L$) y $245 \mu g$ de $N-NO_3^-/L$ (Figura 14.6c), registrándose la mayor concentración en la Costa Norte, en Brazo Patía, Patianga-Satianga, playa Sala Honda; y en la Ensenada de Tumaco, en el río Rosario y río Chagüí, lo cual evidencia la influencia de las escorrentías, efectos de la resuspensión por la dinámica y corrientes de las mareas altas (flujo) y bajas (reflujo) en la región.

Los ortofosfatos ($P-PO_4^{-3}$) presentaron bajas concentraciones, en comparación con los registros históricos de la REDCAM, entre $2,2 \mu g$ de $P-PO_4^{-3}/L$ y $18,3 \mu g$ de $P-PO_4^{-3}/L$ (Figura 14.6d). Destacando que las concentraciones más elevadas de ortofosfatos en los 18 años de monitoreo se registraron en año 2006 en el río Iscuandé ($2.600 \mu g$ de $P-PO_4^{-3}/L$) y en el año 2011, en el río Mira ($593 \mu g$ de $P-PO_4^{-3}/L$).

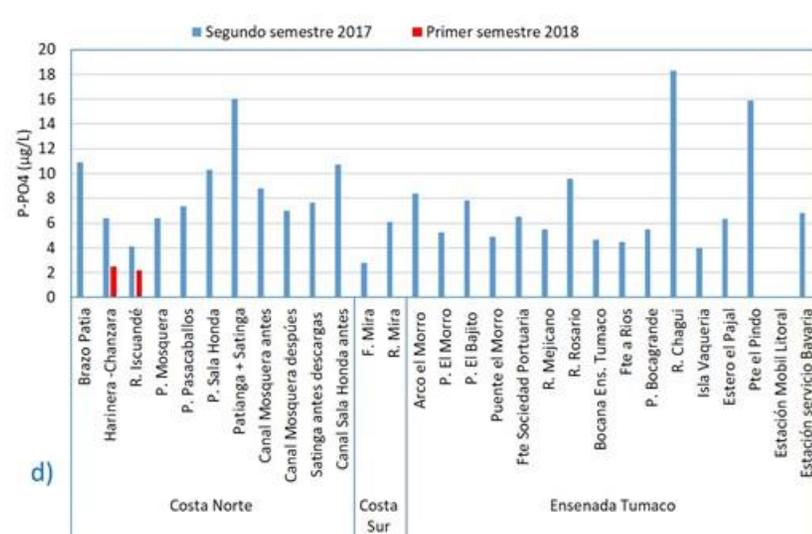
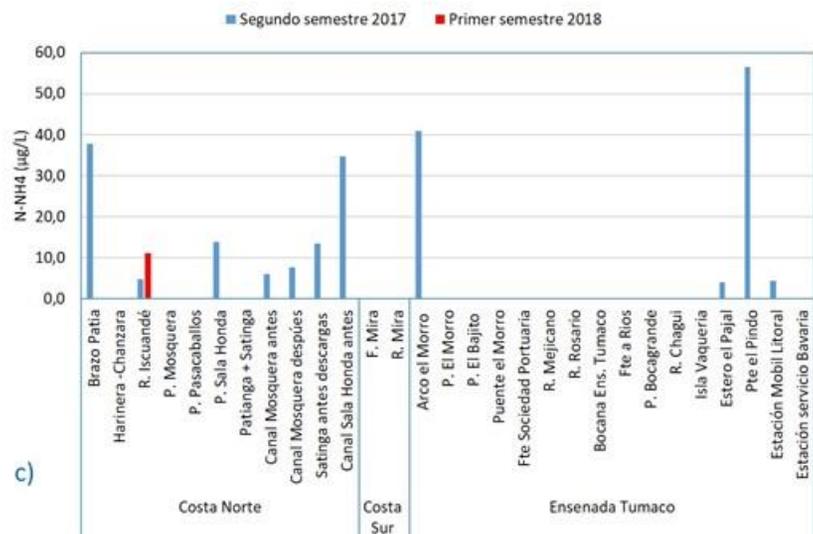
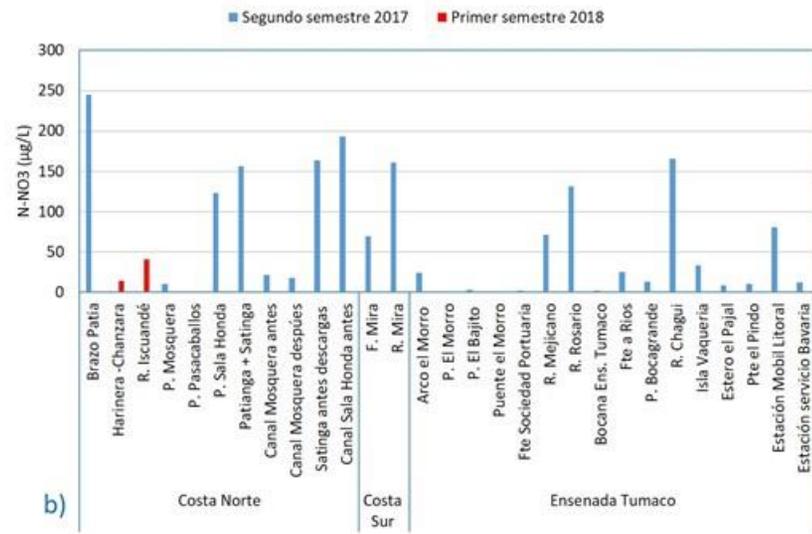
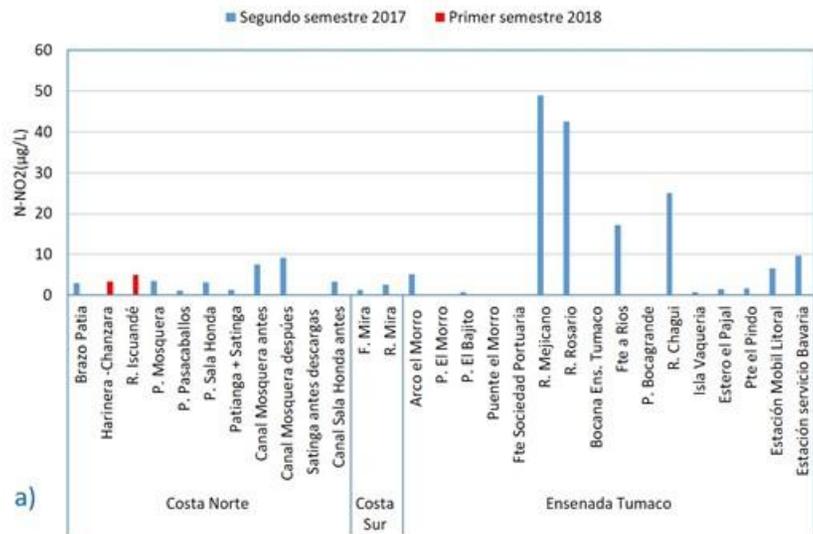


Figura 14.6. Concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos: a) amonio (N-NH₄⁺), b) nitritos (N-NO₂⁻), c) nitratos (N-NO₃⁻) y d) ortofosfatos (P-PO₄³⁻), en el agua superficial de las estaciones de muestreo REDCAM del departamento de Nariño, en los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018..

En la Tabla 14.1 se presentan los resultados de la calidad microbiológica de las aguas superficiales en las estaciones de monitoreo del departamento de Nariño, determinada a través de las mediciones de coliformes totales (CTT), coliformes termotolerantes (CTE). Cabe destacar que durante el primer muestreo del 2018 solo se realizaron mediciones en las estaciones Harinera –Chanzará y río Iscuandé. Durante el segundo semestre de 2017, se registraron altas concentraciones de CTT y CTE en todas las estaciones (Tabla 14.1), sobrepasando el criterio de calidad para uso recreativo por contacto primario (natación) y secundario (pesca), de acuerdo con lo dispuesto en el Decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)). La mayor contaminación microbiológica se registró en las estaciones río Iscuandé, Patianga + Satinga, canal Mosquera antes y después, Santianga antes descargas, puente el Morro, río Mejicano, Estero el Pajal y Puente el Pindo, debido a los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento.

Tabla 14.1. Concentraciones de coliformes totales (CTT), termotolerantes (CTE) y Enterococos fecales (EFE) en el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento de Nariño, durante los muestreos del segundo semestre 2017 y primer semestre 2018. No medido (-). Límite permisible para el uso recreativo por contacto primario (LP CP) y contacto secundario (LP CS) según [MinSalud \(1984\)](#), y los valores de referencia de la [OMS \(2003\)](#) para el riesgo de contraer enfermedades Gastrointestinales (EGI) y Respiratoria Febril Aguda (ERFA) respectivamente.

Zona	Estación	Segundo semestre 2017		Primer semestre 2018	
		CTT	CTE	CTT	CTE
		NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL	NMP/100mL
Costa Norte	Brazo Patía	2.800	940	-	-
	Harinera -Chanzará	1.300	3.900	>1.600.000	>1.600.000
	R. Iscuandé	>160.000	>160.000	>1.600.000	>1.600.000
	P. Mosquera	130	22	-	-
	P. Pasacaballos	490	45	-	-
	P. Sala Honda	1.100	110	-	-
	Patianga + Satinga	22.000	17.000	-	-
	Canal Mosquera antes	7.000	3.300	-	-
	Canal Mosquera después	11.000	200	-	-
	Satinga antes descargas	22.000	11.000	-	-
Canal Sala Honda antes	3.500	700	-	-	
Costa Sur	R. Mira	400	330	-	-
Ensenada Tumaco	Arco el Morro	160.000	22.000	-	-
	P. El Morro	920	170	-	-
	P. El Bajito	2.800	790	-	-
	Puente el Morro	5.400	2.200	-	-
	Fte Sociedad Portuaria	2.800	2.200	-	-
	R. Mejicano	17.000	2.300	-	-
	R. Rosario	1.300	170	-	-
	Bocana Ens. Tumaco	170	4,5	-	-
	Fte a Rios	2.200	230	-	-
	P. Bocagrande	350	350	-	-
	R. Chagüí	2.800	490	-	-
	Estero el Pajal	5.400	790	-	-
	Pte el Pindo	>160.000	92.000	-	-
LP C. primario		1.000 NMP/100 mL	200 NMP/100 mL	1.000 NMP/100 mL	200 NMP/100 mL
LP C. secundario		5.000 NMP/100 mL	-	5.000 NMP/100 mL	-

Las mayores concentraciones de CTE, se registraron en las estaciones Arco El Morro, puente el Morro, frente a Sociedad Portuaria y puente el Pindo (Tabla 14.1), las cuales sobrepasaron el

criterio de calidad para uso recreativo por contacto primario (Decreto 1594 de 1984; [MinSalud, 1984](#)).

Adicionalmente, en el segundo semestre de 2017, se midieron Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones playa Mosquera, playa Pasacaballos, playa Sala Honda, Arco el Morro y playa Bocagrande. Las mayores concentraciones de EFE se registraron en la estación Arco El Morro (190 UFC/100ml). De acuerdo con la [OMS \(2003\)](#), este valor indica un riesgo entre el 1% y 5% de contraer enfermedades gastrointestinales agudas (EGI) y entre el 0,3% y 1,9% de contraer enfermedades febriles agudas (ERFA). En la estación playa Sala Honda, la concentración de EFE fue 45 UFC/100ml, valor que de acuerdo con el criterio de la [OMS \(2003\)](#), tiene un riesgo de <1% de contraer EGI y <0,3% de contraer ERFA.

Los hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD), oscilaron entre menor al límite de cuantificación del método utilizado en el LABCAM (<0,75 µg/L) y 15,6 µg/L (Figura 14.7). La concentración más alta se registró en el río Mira, durante el segundo semestre de 2017, superando los registros históricos y la referencia para aguas contaminadas (>10 µg/L, [Zanardi et al., 1999](#); [Acuña-González et al., 2004](#)). Esta concentración puede estar relacionada con los remanentes del atentado al oleoducto Transandino ocurrido en junio de 2015, cuando se derramaron cerca de 10.000 barriles de petróleo crudo afectando las aguas del río Mira ([INVEMAR et al., 2017](#)).

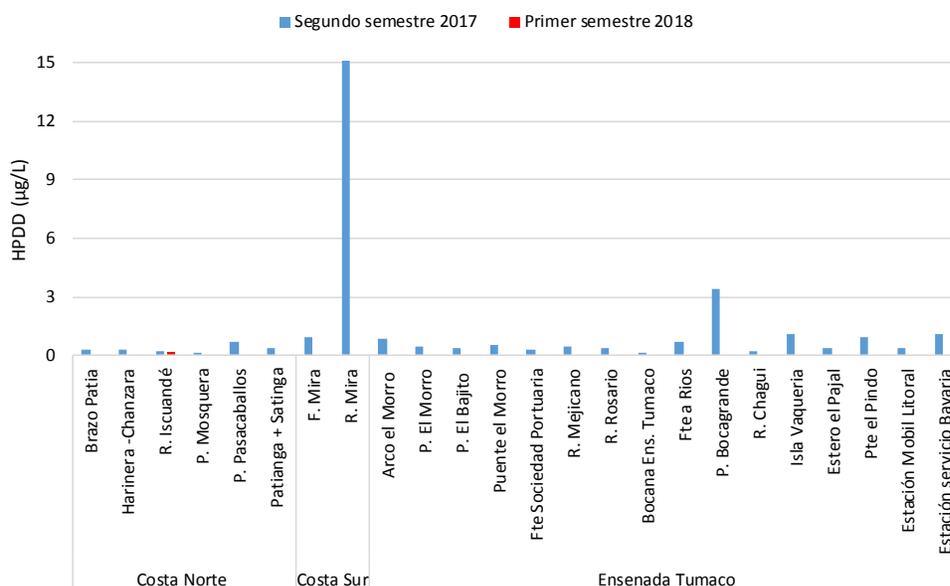


Figura 14.7. Concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) en las estaciones REDCAM departamento de Nariño durante el segundo semestre 2017 y primer semestre 2018.

Los plaguicidas organoclorados y organofosforados medidos en el agua superficial de las estaciones del departamento de Nariño, durante el muestreo del segundo semestre de 2017 y en dos estaciones del primer semestre de 2018, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR.

Las concentraciones de los metales Pb, Cr⁺⁶, Cd, Ni y Hg, en el agua superficial de todas las estaciones, durante el muestreo del segundo semestre de 2017, estuvieron por debajo de los límites de cuantificación del método usado en el LABCAM del INVEMAR (<0,2 µg Pb /L, <5,0 µg Cr⁶⁺ /L, <2,0 µg Cd/L, <2,50 µg Ni/L y <0,3 µg Hg /L). En tanto que en las 10 estaciones de muestreo se cuantificó Cu entre 1,09 y 3,51 µg Cu/L; Zn entre 3,70 y 12,35 µg Zn/L; y el Fe entre 6,23 y 148,51 µg Fe/L. Cabe destacar que estas concentraciones están por debajo del valor de referencia para efectos agudos, propuestos por la NOAA ([Buchman, 2008](#)).

14.2.1 Calidad del agua de acuerdo con el ICAM_{PPF}

Debido a que durante el 2018 no fue posible realizar todas las mediciones, el ICAM_{PPF} solo se calculó para el muestreo del segundo semestre 2017. El resultado de la aplicación de este indicador, mostró que la calidad del agua en la mayor parte de las estaciones del departamento de Nariño, fue adecuada, en cuatro estaciones fue aceptable y en la estación Arco el Morro, fue inadecuada (Figura 14.8). En la estación Arco el Morro, la calidad inadecuada se debió a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, y las elevadas concentraciones de coliformes termotolerantes, de nutrientes inorgánicos disueltos y de HPDD. Cabe destacar que el muestreo se realizó en octubre, mes en el cual se presentaron las menores lluvias, lo que hace evidente la presencia constante de tensores antrópicos, como las descargas de aguas residuales domésticas provenientes de la población y el desarrollo actividades socioeconómicas como el turismo, al ser uno de los sitios más emblemáticos de la Isla el Morro en Tumaco.

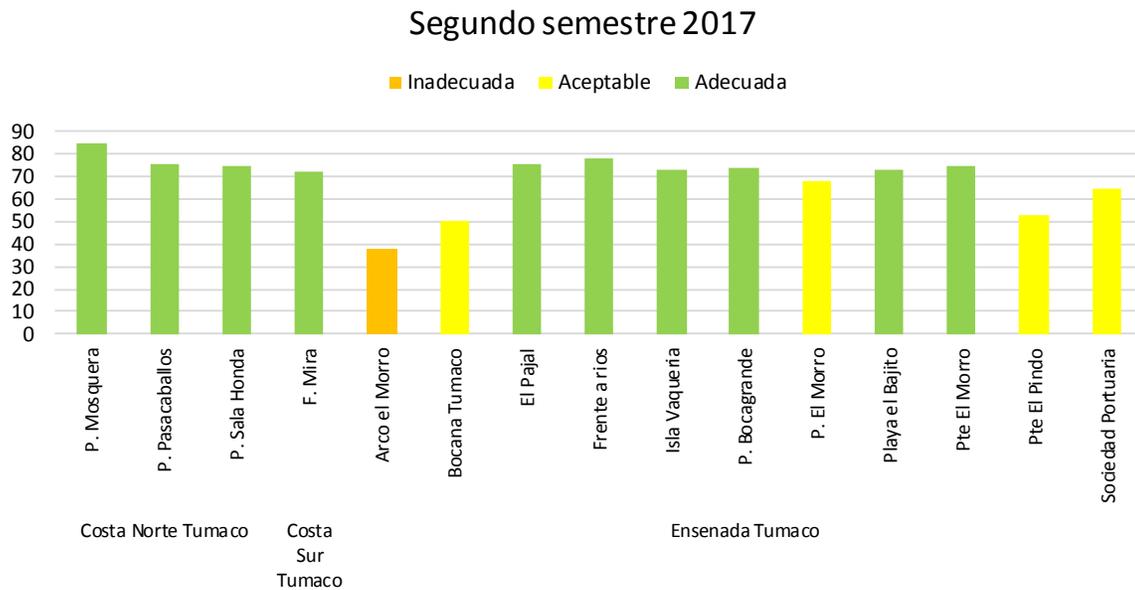


Figura 14.8. Calidad de las aguas en las estaciones marinas y estuarinas del departamento de Nariño en el muestreo del segundo semestre 2017, evaluada con el del ICAM_{PPF}.

14.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

La calidad de sedimentos en la estación frente a ríos, solo fue evaluada durante el segundo semestre 2017, ya que como se mencionó anteriormente por la situación de orden público en Tumaco, no fue posible tomar muestras durante el primer semestre 2018. El contenido de materia orgánica oxidable (MO) en los sedimentos de la estación frente a Ríos en la Ensenada de Tumaco, fue de 101 mg/g en peso seco, estando en el margen de los registros históricos de la estación, con concentraciones que han oscilado entre 22,3 y 119,4 mg/g, evidenciando las fluctuaciones en los aportes de materia orgánica por parte de los ríos Rosario, Mejicano y Chagüí.

Tanto los hidrocarburos aromáticos policíclicos, como los plaguicidas organoclorados y organofosforados estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM del INVEMAR.

Como se observa en la Tabla 14.2, las concentraciones de los metales Cromo, Cobre y Níquel superaron el valor de referencia para efectos umbral (TEL), valor que indica efectos ocasionales sobre la biota acuática. Esta situación ha sido recurrente y por tanto se recomienda realizar un estudio con mayor detalle para determinar el origen de los mismos. Además se detectó Mercurio (88,2 ng Hg/g p.s) que si bien no supera los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL), debe hacerse un seguimiento para determinar su biodisponibilidad y la fuente.

Tabla 14.2. Concentración de metales pesados totales en los sedimentos de la estación frente a ríos en Tumaco, Nariño, colectados en el segundo semestre 2017. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron del Screening Quick Reference Tables (Buchman, 2008). Sin referencia (-). Valores con el signo (<) corresponden al límite de cuantificación del método utilizado en el LABCAM. Sedimentos marinos y estuarinos (Mar./estu.). Los valores resaltados en color amarillo superan la referencia TEL.

Zona	Estación	Plomo	Cadmio	Cromo	Cobre	Zinc	Níquel	Hierro	Mercurio
		µg Pb/g	µg Cd/g p.s.	µg Cr/g p.s.	µg Cu/g p.s.	µg Zn/g p.s.	µg Ni/g p.s.	mg Fe/g p.s.	ng Hg/g p.s.
Ensenada de Tumaco	Frente a Rios	12,2	<4,17	67,6	37,4	71,1	31,2	39,2	88,2
Referencias TEL	Agua marina / estuarina	30,00	0,68	52,3	18,7	124,0	16	-	130,0
Referencias PEL		112,00	4,20	160,0	108,0	271,0	43	-	700,0

14.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ Con base en el indicador de calidad del agua marina y costeras, para preservación de fauna y flora (ICAM_{pf}), en general durante el segundo monitoreo del 2017, la calidad del agua en las estaciones REDCAM del departamento de Nariño estuvo entre adecuada y aceptable; con excepción de la estación Arco El Morro cuya calidad fue inadecuada y estuvo marcada por las bajas concentraciones de oxígeno disuelto y las altas concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal y de nutrientes inorgánicos disueltos, lo que evidencia vertimientos de agua residual sin ningún tratamiento.

- ❖ En el río Mira, el agua superficial mostró contaminación por hidrocarburos, considerándose remanentes del vertimiento de petróleo crudo debido a los atentados del Oleoducto Transandino en el 2015, siendo una amenaza para los ecosistemas y las comunidades de la zona costera.
- ❖ En los sedimentos de la estación frente a ríos, no se observó contaminación por hidrocarburos, ni por residuos de plaguicidas; pero se detectaron concentraciones de Cr^{+6} , Cu y Ni que superaron los valores de referencia TEL y PEL. Por lo que se recomienda, dar continuidad al monitoreo y realizar un estudio más detallado que permita determinar su biodisponibilidad y su procedencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña-González, J., J. Vargas-Zamora, E. Gómez-Ramírez y J. García-Céspedes. 2004. Hidrocarburos de petróleo disueltos y dispersos, en cuatro ambientes costeros de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 52(2): 43-50.
- Aguas de Tumaco. 2018a. Documento técnico plan de saneamiento y manejo de vertimientos en el municipio de Tumaco, elaborado por Aquaseo S.A.E.S.P. Tumaco, Nariño. 216p.
- Aguas de Tumaco. 2018b. Comunicado oficial para contribuir con el fortalecimiento en la contextualización de la prestación del servicio de acueducto y aseo en Tumaco. Tumaco, Nariño. 2p.
- Álvarez-León, R., J. Aguilera, C. Andrade y P. Nowak. 1995. Caracterización General de la zona de surgencia en La Guajira Colombiana. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 19 (75): 679-694.
- Andrade, C., E. Barton y C. Mooers. 2003. Evidence for an eastward flow along the Central and South American Caribbean Coast. *Journal of Geophysical Research*, 108: 1-11.
- Andrade, C. y E. Barton. 2005. The Guajira upwelling system. *Cont. Shelf Res.*, 25: 1003-2022.
- Álvarez-León, L., J. Aguilera-Quiñones, C. Andrade-Amaya y P. Nowak. 1995. Caracterización general de la zona de surgencia en La Guajira colombiana. *Rev. Acad. Col. Cienc.*, 19: 679-694.
- ANH y PNUD. 2014. Diagnóstico socioeconómico de La Guajira. – Agencia Nacional de Hidrocarburos - – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 102 p.
- ANM. 2017. Caracterización de la actividad minera departamento de Nariño. Agencia Nacional de Minería, Republica de Colombia. Disponible en: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/bullets_narino_01-06-2017.pdf (con acceso el 28/11/2018).
- APHA, AWWA y WEF. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. United States of America. 1325 p.
- Arias-Espana, V.A., A.R. Rodriguez-Pinilla, P. Barros y R. Naidu. 2018. Contaminated land in Colombia: A critical review of current status and future approach for the management of contaminated sites. *Sciencid of the Total Environmental*, 618: 199-209.
- ATSDR. 2007. Reseña Toxicológica del Heptacloro y Epóxido de Heptacloro. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública. 2 p.
- Bermúdez, S. y P. Corredor. 2006. Formulación del plan de contingencia por derrames de hidrocarburos en Tumaco, Nariño. Tesis de Ing. Ambiental, Universidad de la Salle, Bogotá. 92 p.
- Betancur, L., R. Ocampo y L. Ríos. 2015. La problemática del endosulfán: aspectos químicos, analíticos y ambientales. *Luna Azul*, 40: 293-313.

- Breitburg, D. 2002. Effects of hypoxia, and the balance between hypoxia and enrichment, on coastal fishes and fisheries. *Estuaries*, 25:767-781.
- Buchman, M.F. 2008. Screening Quick Reference Tables (SQuiRTs). NOAA OR&R report 08-1 Seattle WA, office of response and restoration division, national oceanic and atmospheric administration. 34 p.
- Burgos, D. 2018. El 90% de la minería en Nariño es ilegal. Radio Nacional de Colombia. Disponible en: <https://www.radionacional.co/noticia/mineria-ilegal/90-de-la-mineria-narino-ilegal> (con acceso el 28/11/2018).
- Cabrera, E. y J. Reyna. 1997. Evaluación del impacto por derrames de hidrocarburos en la ensenada de Tumaco. Comprobación de la efectividad de los planes de contingencia. *Boletín Científico CCCP*. 6: 193-145.
- Camargo, J. y A. Alonso. 2006. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International*. 32: 831-849.
- Cantera J.R. y E. Londoño-Cruz. 2011. Colombia Pacífico, una visión sobre su biodiversidad marina. Editorial Universidad del Valle. 380 p.
- Cañón, M., G. Tous, K. López, R. López y F. Orozco. 2007. Variación espaciotemporal de los componentes fisicoquímico, zooplanctónico y microbiológico en la Bahía de Cartagena. *Boletín Científico CIOH*. 25: 120-134.
- Cárdenas, G. y I. Sánchez. 2013. Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para la preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*. 15(1): 72-88.
- Castaño, C. 2002. Golfos y Bahías de Colombia, Serie especial de colección ecológica. Bogotá, D. C.: Banco de Occidente.
- CCME. 2010. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Ammonia. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.
- Chasqui, L., N. Ramón, A. Rodríguez-Rincón y D. Gil-Agudelo. 2013. Ambientes marinos de la plataforma somera de la Guajira, Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 42(2): 401-412.
- CIOH. 2018. Épocas climáticas en el Caribe colombiano: época seca o época de verano. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Disponible en: <https://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ClimatologiaCaribe7.php> (con acceso el 18/10/2018).
- CITUR. 2018. Estadísticas departamento de Chocó. Centro de Información Turística de Colombia. Disponible en: <http://citur.linktic.com/estadisticas/departamental> (con acceso 01/05/2018).
- CNRCOP. 2018. Breve Perfil de las sustancias COP incluidas en el Convenio de Estocolmo. Heptacloro. Centro Nacional de Referencia de Contaminantes Orgánicos Persistentes.

- Disponible en <http://www.cnrcoop.es/gc/assets/docs/Heptacloro.pdf> (con acceso el 4/05/2018).
- CONAGUA. 2015. Monitoreo calidad del agua: escalas de clasificación de la calidad del agua superficial. Comisión Nacional del Agua, México. Disponible en: <http://files.conagua.gob.mx/transparencia/CalidaddelAgua.pdf> (con acceso el 16/12/2017).
- CONAMA. 2005. Resolución No. 357 de 2005. Consejo Nacional de Medio Ambiente Dispone sobre la clasificación de los cuerpos de agua y los parámetros de lanzamiento de efluentes. Brasil. 58-63.
- CORALINA e INVEMAR. 2012. Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Gómez-López, D.I., C. Segura-Quintero, P.C. Sierra-Correa y J. Garay-Tinoco (Eds). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 28. Santa Marta, Colombia 180 p.
- CVS e INVEMAR. 2010. Plan integral de manejo del Distrito de Manejo Integrado (DMI) bahía de Cispata - La Balsa - Tinajones y sectores aledaños del delta estuarino del río Sinú, departamento de Córdoba. Rojas, X y P.C. Sierra-Correa (Eds.). Serie de Publicaciones Especiales No. 18 de INVEMAR. Santa Marta. 141 p.
- DANE. 2017. Proyección nacional y departamental de la población para los años desde 2005 al 2020. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion> (con acceso el 01/02/2018).
- Díaz, J.M. (Ed). 2014. Región Caribe de Colombia. Capítulo 3: El Mar Caribe Colombiano. Banco de Occidente. Serie especial de colección ecológica. Bogotá D.C. Disponible en <https://www.imeditores.com/banocc/> (con acceso el 20/12/2018).
- Díaz J.M., J. Garzón-Ferreira y S. Zea. 1995. Los arrecifes coralinos de la isla de San Andrés, Colombia: Estado Actual y perspectivas para su conservación. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras No. 7. Bogotá. 150 p.
- Doria, C. y L.J. Vivas-Aguas. 2016. Fuentes terrestres de contaminación en la zona costera de La Guajira, Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 7(1): 123 – 138.
- Ecoversa. 2014. Servicios Ambientales de Ecosistemas Marinos – Costeros. Tercer Informe: Producto 3: “Recomendaciones para la incorporación de estrategias y medidas de gestión de los servicios ecosistémicos en los planes de manejo de las siete UACs”. Disponible en: <http://geonodesiam.invemar.org.co/documents/3665/download> (con acceso el 30/10/2018).
- El Tiempo. 2015. Así se roban 16 mil barriles de petróleo al mes. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16431573> (con acceso el 29/12/2017).
- EPA. 1996. The SW-846 Compendium: Method 3540C-Soxhlet Extraction. – Environmental Protection Agency of US. Disponible en: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/3540c.pdf> (con acceso el 14/07/2017).

- EPA. 2014. The SW-846 Compendium: Method 8270D-Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). Environmental Protection Agency of US. Disponible en: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/8270d.pdf> (con acceso el 14/07/2017).
- EPA. 2016. National Recommended Water Quality Criteria. Environmental Protection Agency of US. Disponible en: <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table> (con acceso el 16/12/2016).
- EPA. 2007. Method 7473: Mercury in solids and solutions by thermal decomposition, amalgamation, and atomic absorption spectrophotometry. Test methods for evaluating, solid waste physical/chemical methods, SW 846. Environmental Protection Agency, office of solid waste and emergency response, Washington, DC, U.S. 17 p. Disponible en: <http://www.caslab.com/EPA-Methods/> (con acceso el 16/12/2016).
- Escobar, L. 2002. La Contaminación de los ríos y sus efectos en áreas costeras y el mar. División de recursos naturales e infraestructura. Naciones Unidas. Chile. 68 p.
- Fabricius, K.E. 2005. Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 125–146.
- Garay, J., G. Ramírez; J. Betancourt, B. Marín, B. Cadavid, L. Panizzo, J. Lesmes, H. Sánchez y A. Franco. 2003. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros físico-químicos y contaminantes marinos: aguas, sedimentos y organismos. INVEMAR. Serie Documentos Generales N° 13. Santa Marta. 177 p.
- Garcés-Ordóñez, O., E. Arteaga, P. Obando, L.J. Vivas-Aguas, L. Espinosa, M. González, C. Giraldo y C. Ricaurte. 2016a. Atención a eventuales emergencias ambientales en la zona marino-costera del departamento del Magdalena. Convenio CORPAMAG-INVEMAR No. 14 de 2014, código: PRY-CAM-011-14. Informe técnico final. Santa Marta. 79 p.
- García-Valencia C. (Ed.) 2007. Atlas del Golfo de Urabá: Una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó. INVEMAR y Gobernación de Antioquia. Serie de publicaciones especiales. No. 12, Santa Marta. 180 p.
- Garzón, V., S. Bolívar, R. Páez, E. Herrera, M. Mora, A. Paz, H. Newball, J. Garzón, A. Uribe. 2015. Actualización del inventario de humedales de agua dulce de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y zonificación a través de caracterizaciones socio-ecológicas rápidas. Informe Técnico Final Convenio de Asociación 004 entre Coralina y Fundación Alma. Bogotá D.C. 680 p + Anexos.
- Gavio, B., S. Palmer-Cantillo y J.E. Mancera. 2010. Historical analysis (2000-2005) of the coastal water quality in San Andrés Island, Sea Flower Biosphere Reserve, Caribbean Colombia. *Marine Pollution Bulletin*. 60(7): 1018-1030.
- GGweather. 2018. El Niño and La Niña years and intensities. Golden Gate Weather Services. Disponible en: <http://ggweather.com/enso/oni.htm> (con acceso el 27/12/2018)
- Gobernación de Nariño. 2014. Inventario de producción agrícola y agropecuaria del Departamento de Nariño. Disponible en: <https://datos.narino.gov.co/?q=dataset/inventario-de-producci%C3%B3n-agropecuaria-en-el-departamento-de-nari%C3%B1o> (con acceso el 29/11/2018).

- Gómez, J.J. 2001. Vulnerabilidad y Medio Ambiente. Naciones Unidas, División de medio ambiente y asentamientos humanos CEPAL y Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía CELADE – División De Población. 36 p.
- Gómez, A., A.F. Osorio, F.M. Toro, J.D. Osorio, y O.A. Álvarez. 2009. Efecto del cambio de los caudales del Canal del Dique sobre el patrón de transporte horizontal en la bahía de Barbacoas. Boletín Científico CIOH. 27: 90-111.
- Gómez-Cubillos, M.C., L. Licero, L. Perdomo, A. Rodríguez, D. Romero, D. Ballesteros, D. Gómez, A. Melo, L. Chasqui, M. Ocampo, D. Alonso, J. García, C. Peña, M. Bastidas y C. Ricaurte. 2015. Portafolio Áreas de arrecifes de coral, pastos marinos, playas de arena y manglares con potencial de restauración en Colombia. Serie de publicaciones Generales del INVEMAR No. 79, Santa Marta. 69 p.
- Guzmán, H., C.A. Guevara y O. Breedy. 2004. Distribution, diversity, and conservation of coral reefs and coral communities in the largest marine protected area of Pacific Panama (Coiba Island). Environmental Conservation, 31: 111-121.
- Hernández-Ortiz, M., M. Carrillo y A. López. 2016. Los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares de Colombia, Capítulo 1. 18-26. En INVEMAR. 2016. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 200 p.
- Howard, M. y E. Taylor. 2005. MPA Profile The Seaflower MPAs, Colombia: Cooperative, Consensus-Based Planning with Stakeholders. MPA New. International News and Analysis on Marine Protected Areas.
- IDEAM. 2017. Mapas de precipitación mensual por año. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/precipitacion-mensual-por-ano> (con acceso el 12/12/2017)
- IDEAM. 2018a. Mapa de precipitaciones mensual por año en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/precipitacion-mensual-por-ano> (con acceso el 10/10/2018).
- IDEAM. 2018b. Mapas de precipitación mensual por año. Disponible en <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/precipitacion-mensual-por-ano> (con acceso el 8/10/2018).
- IDEAM. 2018c. Reporte de avance del Estudio Nacional del Agua ENA – 2018. Bogotá, D.C. 56p.
- IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, I. Sinchi e IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá, D. C, 276 p. + 36 hojas cartográficas.
- IGAC. 1990. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. IGAC. Bogotá. 499 p.
- INVEMAR. 2002. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia. Serie de Publicaciones Periódicas; No. 8. Santa Marta, 178 p.
- INVEMAR. 2007. Ordenamiento ambiental de la zona costera del departamento del Atlántico. Informe Final. Santa Marta. 588 p.

- INVEMAR. 2015a. Concepto técnico sobre aparición de mancha roja frente a playa Blanca y la bahía de Santa Marta. CPT-CAM-001-15. Santa Marta. 21 p.
- INVEMAR. 2015b. Concepto técnico sobre posible evento de floración de microalgas frente a la playa del Rodadero. CPT-CAM-020-15. Santa Marta. 17 p.
- INVEMAR. 2015c. Concepto técnico sobre derrame de petróleo en el municipio de San Andrés de Tumaco (Nariño), en junio de 2015. CPT-CAM-013-15. Santa Marta. 20 p.
- INVEMAR. 2016. Caracterización biótica de los arrecifes rocosos (riscales y morros) en el Chocó norte, Pacífico colombiano. PRY-BEM-00-00- ITA. 327 p.
- INVEMAR. 2017a. Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia – SIAM. Base de datos de la Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. INVEMAR. Disponible en: <http://www.invemar.org.co/siam/redcam>.
- INVEMAR. 2017b. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Garcés O., y L. Espinosa (Eds). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia: INVEMAR, MADS y CAR costeras. Informe técnico 2016. Serie de publicaciones periódicas No. 4 (2017) del INVEMAR, Santa Marta. 260 p.
- INVEMAR. 2017c. Concepto técnico sobre la mancha roja observada entre las bahías de Santa Marta y Taganga. CPT-CAM-008-17. Santa Marta. 17 p.
- INVEMAR. 2018a. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos: INVEMAR, MADS y CAR costeras. Bayona-Arenas, M. y Garcés-Ordóñez, O. (Ed). Informe técnico 2017. Serie de Publicaciones Periódicas No. 4 del INVEMAR, Santa Marta. 336 p.+ anexos.
- INVEMAR, CRC y CORPONARIÑO. 2006. Unidad Ambiental Costera de la Llanura Aluvial del Sur: Caracterización, Diagnóstico Integrado y Zonificación Ambiental. Santa Marta. 383 p + Cartografía Anexa.
- INVEMAR y MinAmbiente. 2011. Desarrollo de Fundamentos para el Fortalecimiento de los Parámetros y los Límites Permisibles de los Vertimientos Puntuales a las Aguas Marinas en Colombia. Informe Final. Santa Marta. 189 p.
- INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO. 2017. Implementación de acciones que contribuyan a la rehabilitación ecológica de áreas afectadas por hidrocarburos en zona costera y piedemonte del departamento de Nariño. Espinosa, L.F. (Ed). Resolución No. 1516 y Acuerdo No. 010 de 2016, Minambiente. Informe técnico final. Santa Marta. 497 p.
- Knox, G.A. 2001. The ecology of seashore. CRC Press. Boca Ratón. 557 p.
- Long, E., D. MacDonald, S. Smith y F. Calder. 1995. Incidence of Adverse Biological Effects within Ranges of Chemical Concentration in Marine and Estuarine Sediments. Environmental Management. 19(1): 81-97.
- Lonin, S., C. Parra, C. Andrade y Y. Thomas. 2004. Patrones de la pluma turbia del Canal del Dique en la Bahía de Cartagena. Boletín Científico CIOH. 22: 77-89.

- Manahan, S. 2007. Introducción a la química ambiental (primera Edición). Reverté Ediciones S. A., España. 150-152.
- Marcovecchio, J. y R. Freije. 2013. Procesos químicos en los estuarios. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe, Bahía Blanca, Argentina. 394 p.
- Marín, B. 2001. Establecimiento de valores indicativos del grado de contaminación de tóxicos químicos y microorganismos de origen fecal, como base para la expedición de normativas de la calidad de las aguas marinas de Colombia. Informe Técnico Final de Proyecto. 45p.
- MAVDT. 2004. Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales en Colombia. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá, D. C.
- MAVDT, CORPOGUAJIRA y Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. 2009. Registro de usuarios del recurso hídrico con sus respectivos protocolos en la cuenca piloto del río Ranchería, Departamento de La Guajira. Convenio 029 de 2009. Riohacha.
- Macdonald, D., R. Carr, F. Calder, E. Long y C. Ingersoll. 1996. Development and evaluation of sediment quality guidelines for Florida coastal waters. *Ecotoxicology*. 5(4):253-58.
- Miloslavich, P., E. Klein, J. Castillo, J.M. Díaz, C.E. Hernández, G. Bigatti, L. Campos, F. Artigas, P.E. Penchaszadeh, P.E. Neill, A. Carranza, M.V. Retana, J.M. Díaz de Astarloa, M. Lewis, P. Yorio, M.L. Piriz, D. Rodriguez, Y. Yoneshigue-Valentin, L.A. Gamboa y A. Marín. 2011. Marine biodiversity in the Atlantic and Pacific coasts of South America: Knowledge and gaps. *PLoS ONE*, 6(1): e14631. Doi: 10.1371/journal.pone.0014631.
- MinAgricultura. 2016a. Evaluaciones agropecuarias municipales. Disponible en: <https://www.agronet.gov.co/Paginas/ProduccionNacionalDpto.aspx> (con acceso el 30/1/2018).
- MinAgricultura. 2016. Evaluaciones agropecuarias municipales - Nariño. Disponible en <http://www.agronet.gov.co/Documents/NARI%C3%91O2016.pdf> (con acceso el 29/11/2018).
- MinSalud. 1984. Decreto No. 1594 del 26 de junio de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI – Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III – Libro I – del Decreto – Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, Bogotá. 61 p.
- MMA. 2002. Programa Nacional para el Uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia.
- Montalvo, J.F., I. García, S. Loza, S. Esponda, M.E. César, R. González y L. Hernández. 2008. Oxígeno disuelto y materia orgánica en cuerpos de aguas interiores del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. *Serie Oceanológica*. 4: 71-84.
- NOAA. 2018. Historical El Nino / La Nina episodes. Disponible en: http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php (con acceso el 26/01/2018).

- OMS. 2003. Directrices para ambientes de aguas recreativas seguras. Costa y aguas frescas. Organización Mundial de la Salud, Vol. 1. Ginebra. 219 p.
- Ohrel, R.L. y K.M. Register (Eds.). 2006. Volunteer Estuary Monitoring. A Methods Manual. 2a. Edición. The Ocean Conservancy and EPA. Washington, D.C. 325 p.
- Paramo, J., L. Guillot-Illidge, S. Benavides, A. Rodríguez y C. Sánchez-Ramírez. 2009. Aspectos poblacionales y ecológicos de peces demersales de la zona norte del Caribe colombiano en relación con el hábitat: una herramienta para identificar Áreas Marinas Protegidas (AMP) para el manejo pesquero. *Caldasia*, 31(1): 123-14
- PNNC. 2017. Datos Generales del Parque Nacional Natural Sanquianga. Disponible en: <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/parques-nacionales/parque-nacional-natural-sanquianga/> (con acceso el 29/12/2017).
- PNUMA. 2008. Guía para el muestreo, preparación y análisis de contaminantes orgánicos en muestras ambientales (agua, suelos/sedimentos y biota). Manual del Programa de Monitoreo Costero del Proyecto GEF-REPCar. PNUMA, Programa Ambiental de Caribe. Kingston, Jamaica. 121p.
- PNUD. 2015. Perfil productivo municipio de El Charco. Disponible en: https://issuu.com/pnudcol/docs/perfil_productivo_el_charco (con acceso el 27/11/2018).
- Ramos, A. y D.S. Guerrero. 2010. El suelo costero, propuesta para su reconocimiento. Instituto de Estudios del Ministerio público, Procuraduría General de la nación, y Fundación MarViva (Eds.) 120p Restrepo, J. 2006. Aporte de los caudales de los ríos Baudó, San Juan, Patía y Mira a la cuenca Pacífica Colombiana. *Boletín Científico CCCP*, (13): 17-32.
- Restrepo, J. y M. Tomic. 2017. BASIC Interacciones entre cuenca, mar y comunidades. Bahía de Cartagena. Resumen para tomadores de decisiones. Cartagena de Indias. Colombia. 30 p.
- Ricaurte-Villota, C. y M.L. Bastidas Salamanca (Eds.). 2017. Regionalización oceanográfica: una visibilización región Caribe. Serie de Publicaciones Especiales No. 14 de INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 180 p.
- Ricaurte-Villota, C., Coca-Domínguez, O., González, M.E., Bejarano-Espinosa, M., Morales, D.F., Correa-Rojas, C., Briceño-Zuluaga, F., Legarda, G.A. y Arteaga, M.E. 2018. Amenaza y vulnerabilidad por erosión costera en Colombia: enfoque regional para la gestión del riesgo. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés” –INVEMAR–. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 33. Santa Marta, Colombia. 268 p.
- Ruíz-Ochoa, M., G. Bernal y J. Polanía. 2008. Influencia del río Sinú y el mar Caribe en el sistema lagunar de Cispata. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 37(1): 31-51.
- Semana. 2013. Descubren robo de crudo en oleoducto Trasandino. Disponible en: <http://www.semana.com/nacion/articulo/descubren-robo-crudo-oleoducto-trasandino/340250-3> (con acceso el 29/12/2017).

- SPRC - Sociedad Portuaria Regional de Cartagena. 2009. Actualidad Portuaria- Estadísticas. Reporte Técnico. Cartagena de Indias. 8 p.
- SUI. 2017. Coberturas de acueducto, alcantarillado y aseo reportadas al Sistema Unifico de Información de Servicios Públicos, por las alcaldías municipales y distritales. Disponible en: <http://www.sui.gov.co/suibase/html/estratificacion/estratificacionSUI.htm> (con acceso el 16/12/2017).
- Superservicios. 2014a. Disposición Final de Residuos Sólidos. Informe Nacional. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Bogotá. 66 p.
- Superservicios. 2014b. Informe técnico sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Bogotá. 101 p.
- Superservicios. 2015. Disposición final de residuos sólidos - Informe Nacional. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Bogota. 67 p.
- Superservicios. 2016. Información suministrada por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, sobre producción de residuos sólidos y sistemas de tratamiento de agua residuales en los municipios costeros en oficio 20164230699691 del 20 de octubre de 2016.
- Superservicios. 2017. Informes ejecutivos de gestión de empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios (Acueducto, Alcantarillado y Aseo). Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Disponible en: <http://www.superservicios.gov.co/Acueducto-Alcantarillado-Aseo/Acueducto-y-alcantarillado/Informes-de-gestion/> (con acceso el 22/01/2018).
- Tamaris, C. y J. Rodríguez. 2015. Transporte de materia orgánica a lo largo de un río Tropical de montaña en la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). Acta Biológica. 20(3): 209-216.
- Tosic, M., J.D. Restrepo, S. Lonin, A. Izquierdo y F. Martins. 2017. Water and sediment quality in Cartagena Bay, Colombia: seasonal variability and potential impacts of pollution. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 216:187-203.
- UNAL. 2002. Dinámica fluvial deltaica y litoral del canal del Dique. Universidad Nacional de Colombia - Ministerio del Medio Ambiente. Cap. 1, 3, 5.
- UNAL. 2007. Estudios e investigaciones de las obras de restauración ambiental y de navegación del Canal del Dique. Informe de Hidrología, CORMAGDALENA, Bogotá, 44 pp.
- UNEP, IAEA y IOC. 1992. Métodos y materiales de referencia: un programa de apoyo integral para las evaluaciones regionales y globales de la contaminación marina. 75 p.
- UNESCO. 1984. Manual para la vigilancia del aceite y de los hidrocarburos del petróleo disueltos/dispersos en el agua de mar y en las playas. Manuales y guías No. 13 de la COI. 87 p.
- UNGR. 2016. Plan de manejo ambiental: componente de mejoramiento de la del abastecimiento de agua y saneamiento básico en el municipio de Tumaco, etapa 1. Gobierno de Colombia, Bogotá. 253 p.

- UNGR. 2017. Marco de gestión ambiental: Mejoramiento de la Conectividad y de los servicios de agua en el Plan Todos Somos PAZcífico. Gobierno de Colombia, Bogotá. 162 p.
- Uribe J. y L. Urrego. 2009. Gestión Ambiental de los ecosistemas de manglar: aproximación al caso colombiano. *Revista Gestión y Ambiente*. 12(2): 57-72.
- Urrego, L.E., E.C. Molina y J.A. Suárez. 2014. Environmental and anthropogenic influences on the distribution, structure, and floristic composition of mangrove forests of the Gulf of Urabá (Colombian Caribbean). *Aquatic Botany*. 114: 42-49.
- Vallejo, P.P, L.F. Vásquez, I.D. Correa, G.R. Bernal, J. Alcántara y J.A. Palacio. 2016. Impact of terrestrial mining and intensive agricultura in pollution of estuarine Surface sedimentos: Spatial distribution of trace metals in the Gulf of Urabá, Colombia. *Marine Pollution Bulletin*. 111: 311-320.
- Vivas-Aguas, L. M. Tomic, J. Sánchez, S. Narváez, B. Cadavid, P. Bautista, J. Betancourt, J. Parra, L. Echeverry y L.F. Espinosa. 2010. Diagnóstico y Evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Informe técnico REDCAM 2010. INVEMAR, Santa Marta. 208 p.
- Vivas-Aguas, L. J. y S.M. Navarrete-Ramírez. 2014a. Protocolo Indicador Calidad de Agua (ICAM_{PPF}). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). INVEMAR, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Invevar No. 69, Santa Marta. 32 p.
- Vivas-Aguas, L.J., J. Sánchez., B. Cadavid., J. Betancourt, M. Quintero., Y. Moreno., C. Santana., I. Cuadrado., K. Ibarra., M. Ríos., P. Obando y D. Sánchez. 2014b. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombianos. Serie de publicaciones No. 4. Informe Técnico REDCAM 2013, INVEMAR, Santa Marta. 314 p.
- Vivas-Aguas, L.J., K. Ibarra, J. Sánchez, M. Martínez, Y. Nieto, Y. Moreno, I. Cuadrado, P. Obando, O. Garcés-Ordóñez, D. Sánchez, M. Villarraga y O. Sierra. 2015b. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombianos. Serie de publicaciones del Invevar No. 4 (2015). Informe Técnico REDCAM 2014, INVEMAR, Santa Marta. 320 p.
- Vivas-Aguas, L. J., Obando-Madera, P. S., y Arias-Alemán, L. 2017. Hoja metodológica del indicador. Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM. Versión 3. Santa Marta D.T.C.H., Colombia.
- Weber-Scannell, P. y L. Duffy. 2007. Effects of total dissolved solids on aquatic organisms: A review of literature and recommendation for salmonid species. *American Journal of Environmental Sciences*. 3(1): 1-6.
- Zanardi, E., M. Caruso-Bícego y R. Weber. 1999. Dissolved/ dispersed petroleum aromatic hydrocarbons in the São Sebastião Channel, São Paulo, Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 38(5): 410-413.
- Zarza-González, E (Ed). 2011. El Entorno Ambiental del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Cartagena de Indias. 416 p.