



invemar

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

2019



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 2019



Santa Marta, enero de 2020

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

INFORME TÉCNICO 2019

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

ENTIDADES NODOS QUE PARTICIPAN EN LA REDCAM



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

Santa Marta, enero de 2020



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

OSTIN GARCÉS-ORDÓÑEZ

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

PAOLA SOFÍA OBANDO MADERA

Investigadora científica de la Línea Evaluación y Seguimiento de la Calidad Ambiental Marina (ESC)

XILENA CAMACHO

Investigadora científica de la Línea Evaluación y Seguimiento de la Calidad Ambiental Marina (ESC)

Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina (LABCAM):

Cesar Bernal, Leydy Alarcón, Yoselin Nieto, Tania Córdoba, Olga Díaz, Camila Padilla, Roika Angulo, Halbin Serrano, Gustavo Lara, Edinson Orozco y Kelvin Varela.

Laboratorio de Servicios de Información (LABSIS):

Julián Pizarro, Julio Bohórquez, Leonardo Arias, Janneth Andrea Beltrán Ibáñez y Lina Paola Vásquez Prieto.

NODOS, ENTIDADES PARTICIPANTES Y COLABORADORES

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE - MINAMBIENTE

Andrea Ramírez y Martha Artega

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 Jorge Torregroza

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO– C.R.A.

Efrain 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

Kelis Hinestroza y Diana Cuervo

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCÓ – CODECHOCÓ

Arnold Rincón López y Alexis Castro

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA - CVC

Luisa Baena Álvarez

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA -CRC

Diego Zuluaga y Luis Molano

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO – CORPONARIÑO

Marcela Caviedes, Maria Folleco y William Preciado

Citar informe completo como:

INVEMAR. 2020. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Luisa F. Espinosa, Paola Obando y Ostin 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 2019. Serie de Publicaciones Periódicas No. 4 del INVEMAR, Santa Marta. 171 p.

Citar capítulo como:

Autores. 2020. Título. Intervalo de páginas. En: INVEMAR. 2020. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. En: Luisa F. Espinosa, Paola Obando y Ostin 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 2019. Serie de Publicaciones Periódicas No. 4 del INVEMAR, Santa Marta. 171 p.

ISSN digital: 2389-8615

DOI: <https://n2t.net/ark:/81239/m9n67z>



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

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
ÁREA DE ESTUDIO.....	2
METODOLOGÍA	3
2. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LA REDCAM	8
3. DIAGNÓSTICO NACIONAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS.....	13
4. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA	18
5. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	27
6. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA	40
7. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE ATLÁNTICO.....	57
8. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR.....	70
9. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE SUCRE	84
10. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA	93
11. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.....	104
12. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE CHOCÓ.....	117
13. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA.....	127
14. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL CAUCA.....	139
15. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE NARIÑO	149
BIBLIOGRAFÍA.....	161

Obituario Jairo Guillermo Vásquez Arango (1962 – 2019)

Por: Amanda Escobar, Elizabeth Ortiz, Dayro
Acevedo, Paola Sofía Obando y Luisa
Fernanda Espinosa Diaz

A la memoria de nuestro colega, amigo y compañero Jairo Guillermo, trabajador incansable, quien nos dejó grandes enseñanzas y documentos de alto valor técnico; de gustos sencillos, gran amigo, excelente conversador, alegre, con un amor profundo a su familia, su esposa Sonia Giraldo y su hijo Santiago Vásquez, fueron siempre la principal motivación del biólogo marino y excelente ser humano del que quedan los mejores recuerdos y ahora hace parte de ese inmenso mar que tanto amó.

Nació en el municipio de Envigado (Antioquia) y se trasladó en los años 90 a la región de del Urabá antioqueño, para realizar su tesis de pregrado en Biología Marina en el centro de investigaciones marinas de Urabá, en donde se vinculó a CORPOURABA, llevando a cabo investigaciones sobre el golfo de Urabá; al graduarse como biólogo marino de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, fue designado como coordinador de la territorial Caribe con sede en Arboletes (Antioquia), coordinando la elaboración de estudios técnicos que servirían como base para la declaratoria del Distrito de Manejo Integrado (DRMI) Ensenada de Rionegro, proceso que lideró en conjunto con el Sistema departamental de Áreas Protegidas (SIDAP Antioquia) y el SIRAP Caribe.

Su trayectoria profesional estuvo vinculada con el programa nacional de la Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM que inició su operación en el año 2001, y desde el año 2003, Jairo Guillermo fue designado como el contacto técnico en CORPOURABÁ para hacerle frente a los retos

de seguimiento y evaluación a las condiciones de calidad ambiental marina en las aguas costeras del golfo de Urabá; además hizo parte de todos los procesos de planificación territorial marino costero del departamento de Antioquia, a los estudios biológicos asociados al manglar y a la declaratoria de dos áreas protegidas regionales en el año 2011.

Su trabajo incansable en la participación junto con el INVEMAR y la gobernación de Antioquia en la delimitación de la Unidad Ambiental Costera (UAC) Darién, la formulación del plan de manejo de los manglares del Golfo de Urabá, el monitoreo de la calidad de aguas del golfo y de los estudios asociados a la erosión marina presente en los municipios costeros de CORPOURABA son muestra de la incansable labor que Jairo Guillermo Vásquez realizó con toda la pasión y el profesionalismo que lo caracterizaron para mejorar las condiciones ambientales presentes en estos sectores.

Mantuvo una gran presencia con los diferentes proyectos formulados y ejecutados a través de los Planes de Manejo de la UAC Darién y Manglares, dentro de los cuales están el impulso a la producción de mieles del manglar, el cultivo de ostras, la restauración del ecosistema de manglar, el monitoreo de playas de anidación de tortugas marinas, planes de manejo que hoy dan sus frutos con comunidades y familias empoderadas, beneficiarias y gestoras de la protección de los recursos marinos y costeros de Urabá.

Jairo Guillermo Vásquez, también estudió filosofía y teología en su época juvenil, cuando anhelaba ser sacerdote católico, lo cual afianzó el carácter férreo y místico con el cual llevaba a cabo todos sus compromisos, pasión con la cual abordaba su trabajo. Se caracterizaba por la gran experticia en los temas marino costeros y el gran ímpetu con el que atendía los problemas ambientales, por lo cual muchas veces sintió vulnerada su seguridad personal.

Su legado para el conocimiento y gestión sobre las condiciones ambientales en el golfo de Urabá es invaluable.

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

Por eso como escribió Thomas Traherne: “Nunca habrás disfrutado del mundo correctamente hasta que el mar fluya por tus venas y hasta que estés vestido con los cielos y coronado con las estrellas”.



Hasta siempre, apreciado Jairo Guillermo.

INTRODUCCIÓN

El programa nacional de cooperación interinstitucional para el monitoreo ambiental marino “*Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia (REDCAM)*”, coordinado 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, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC, CRC Y CORPONARIÑO, y apoyada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente), tiene como objetivo principal el 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 REDCAM ha venido monitoreando la calidad del agua marino costera de forma ininterrumpida desde el año 2001 hasta la actualidad, en aproximadamente 350 estaciones de monitoreo, distribuidas en el Caribe y Pacífico colombiano. Adicionalmente, se han identificado y caracterizado las fuentes antropogénicas de contaminación marina y las descargas de contaminantes de los principales ríos que drenan a las costas colombianas. Los datos de los monitoreos, 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 en un contexto nacional y departamental, con los resultados de los muestreos realizados en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019. El diagnóstico se basa en el Indicador de Calidad Ambiental Marina para preservación de fauna y flora (ICAM_{pff}) que integra variables fisicoquímicas, microbiológicas y contaminantes. Adicionalmente, en sitios de interés ambiental, se presentan los resultados de otras variables como los plaguicidas organoclorados y organofosforados y metales pesados que no hacen parte del ICAM_{pff}; y como complemento al monitoreo, se presentan los resultados de contaminantes en sedimentos marinos en algunas estaciones.

ÁREA DE ESTUDIO

Para realizar el diagnóstico nacional de la calidad de las aguas marinas y costeras, correspondientes al segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, se monitorearon aguas en total 337 estaciones, 223 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 114 en el Pacífico, distribuidas entre los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño. En 63 de estas estaciones, se analizaron sedimentos, 39 en el Caribe y 24 en el Pacífico (Figura 2.1). 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.

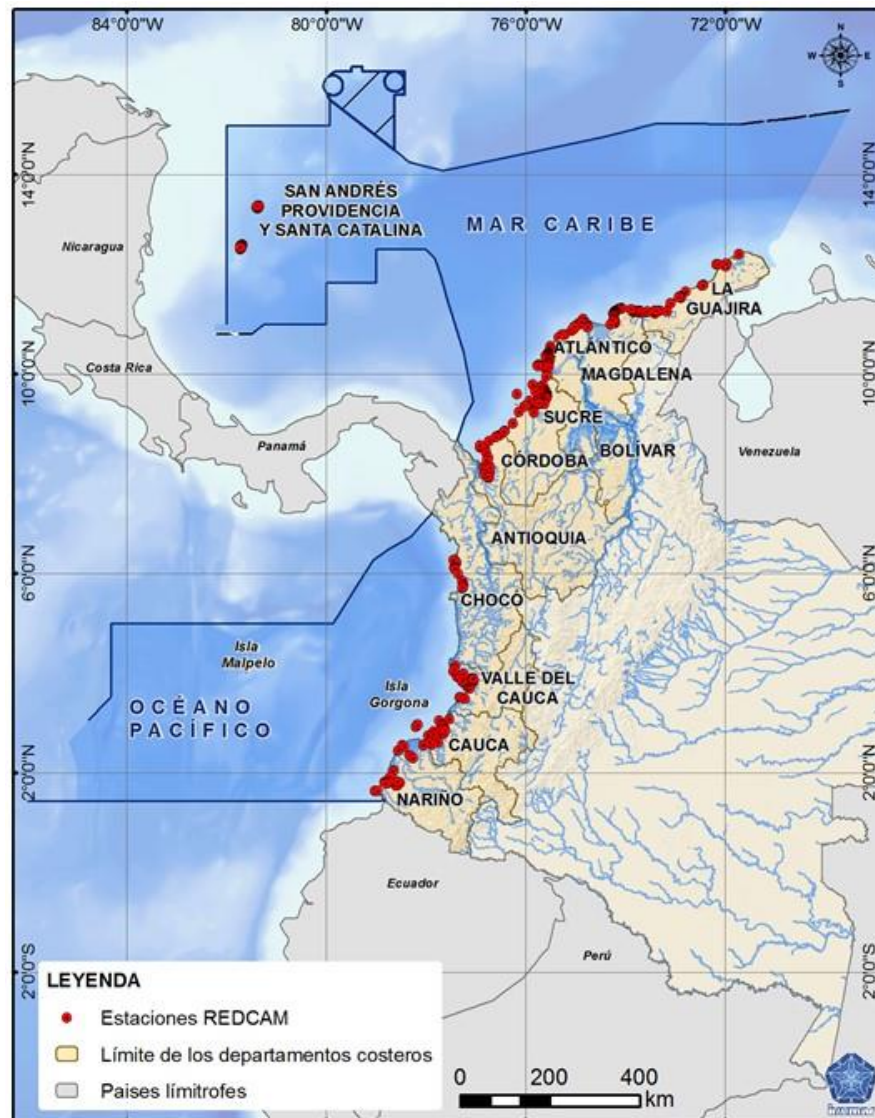


Figura 2.1. Mapa de la red de estaciones de monitoreo de la REDCAM (puntos de color rojo), en las costas del Caribe y del Pacífico colombianos.

METODOLOGÍA

1.1 FASE DE CAMPO

Los muestreos se realizaron entre junio y noviembre de 2018 y entre febrero y julio de 2019. Los muestreos de los departamentos de Magdalena, Atlántico, Sucre, Córdoba, Chocó, Cauca y Nariño 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, los muestreos fueron realizados 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; se recolectaron muestras de agua para analizar en el laboratorio las variables fisicoquímicas, microbiológicas, contaminantes orgánicos (hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de crisenos y plaguicidas organoclorados y organofosforados) y metales pesados disueltos; y en algunas estaciones, se colectaron muestras de sedimento para medir materia orgánica, hidrocarburos del petróleo equivalentes de crisenos, plaguicidas organoclorados y organofosforados, y metales pesados totales (Figura 2.2).

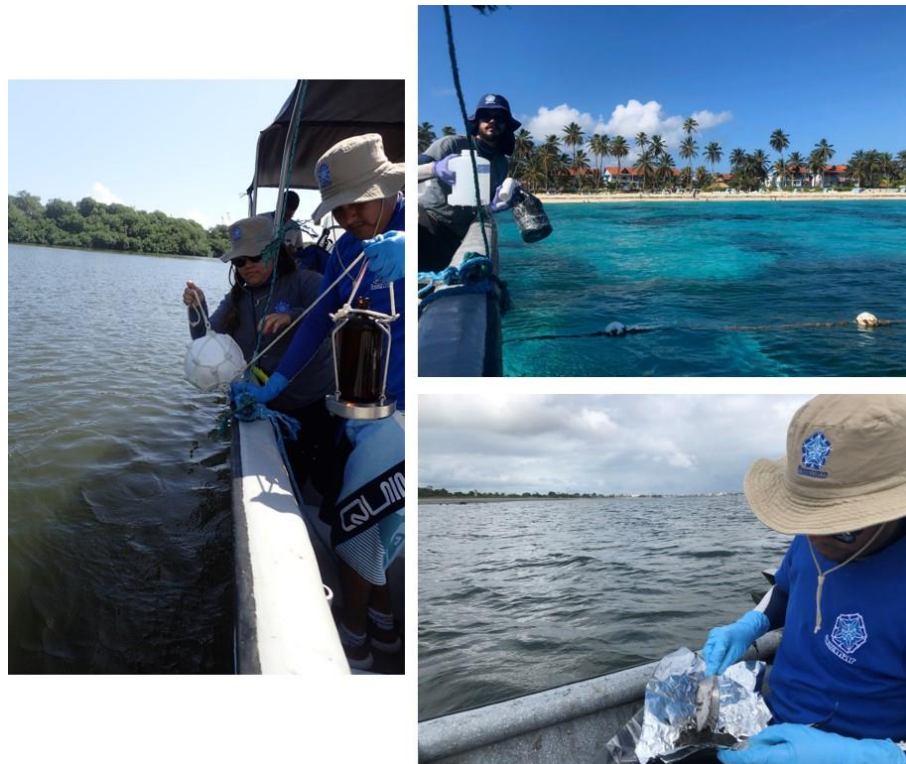


Figura 2.2. Actividades de muestreo de agua y de sedimentos, fotos: INVEMAR.

1.2 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.

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 mediciones de Coliformes Totales (CTT), Coliformes Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE) en el agua superficial de La Guajira, que fueron analizados en el Laboratorio Ambiental de la Corporación. De igual forma en el LABCAM se analizaron los extractos de plaguicidas y HPDD de las estaciones en Bolívar. Los análisis realizados, siguieron las metodologías estandarizadas que se describen en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. 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.

1.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

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_{PPF}), en las estaciones que cumplían con el tipo de agua y el número mínimo de parámetros para su cálculo. En estas estaciones se estimaron los indicadores para los ocho (8) parámetros que conforman el ICAM_{PPF}: oxígeno disuelto (OD), nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos totales (SST), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD), Coliformes Termotolerantes (CTE), y el valor pH a partir de funciones de calidad (curvas ajustadas) que fueron construidas con la magnitud de cada parámetro. Dichos indicadores se estiman de acuerdo a cada curva ajustada que permiten hacer la transformación de los datos que tienen una expresión en unidades de medida que representan una dimensión (mg/L, µg/L, NMP/100 mL, entre otras), a una escala adimensional calificando sus condiciones en las categorías de calidad definidas para el ICAM_{PPF}. Para estimar el ICAM_{PPF} en aguas estuarinas, se utilizan las mismas variables, con excepción de los HPDD que son reemplazados por las concentraciones de clorofila a.

Para integrar los resultados adimensionales de los ocho parámetros, el ICAM_{PPF} utiliza una ecuación de promedio geométrico ponderado (Ecuación 1), mediante la cual se categoriza 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 2.2). Dependiendo del resultado de calidad del agua arrojado por el ICAM_{PPF}, se proponen algunas alternativas de manejo, mediante las cuales se puede reducir o mitigar el impacto sobre el ecosistema que esté siendo afectado (Tabla 2.2).

Para mayor información, se puede consultar la hoja metodológica del indicador, a través del enlace <http://siam.invemar.org.co/redcam-icam>.

$$ICAM = \left(\prod_{j=1}^m x_j^{w_j} \right)^{\frac{1}{\sum_{j=1}^m w_j}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde,

x_i = subíndice (índice) de calidad de cada parámetro i

w_i = factor de ponderación (peso) para el subíndice i

Tabla 2.2. Escalas de Valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM_{PF}), y opciones de medidas que se pueden optar según la valoración del indicador ICAM_{PF} (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.

Adicionalmente, otras variables de calidad de agua y sedimentos se analizaron frente a los criterios de calidad descritos en el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)) para las variables que están reglamentadas y con valores de referencias descritos en guías internacionales y en la bibliografía científica.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LA REDCAM: CONSULTA DE DATOS E INFORMACIÓN EN LÍNEA PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL

Por: Paola Sofía Obando-Madera



Bahía de Santa Marta, Magdalena. Foto: Paola Obando

2. SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LA REDCAM

Dentro de las actividades para la gestión del recurso hídrico marino-costero de los departamentos costeros de Colombia, se actualizó la base de datos del sistema de información de la REDCAM, con los resultados del monitoreo realizados durante el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, lo cual es el soporte para las herramientas disponibles al público en el portal de la REDCAM. Los usuarios de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) con jurisdicción costera (CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC, CRC, y CORPONARIÑO), MinAmbiente y público general pueden acceder a través de la página del INVEMAR www.invemar.org.co, en la sección del Sistema de Información Ambiental Marina – SIAM en “Conoce el SIAM”, “Monitoreo de Ambientes Marinos”, seleccionando “REDCAM” (Figura 2.1).



Figura 2.1. Servicios y consultas disponibles en el Sistema de información de la REDCAM, disponibles a través del enlace <http://siam.invemar.org.co/redcam>

2.1 INDICADORES DE GESTIÓN Y CONSULTA DE DATOS

Los indicadores de gestión de la información REDCAM están disponibles en el enlace <http://siam.invemar.org.co/redcam-indicadores-gestion>, donde se presenta de forma general la cantidad de variables, registros de estaciones y cantidad de datos disponibles por tipo de variable analizadas para cada departamento; permitiéndole al usuario conocer el panorama global de la información que el monitoreo REDCAM ha colectado en los últimos 19 años (Figura 2.2). En los indicadores de gestión (Figura 2.2), **tipos de variables**, muestra la cantidad de variables medidas, clasificadas según el tipo; **estaciones por departamento**, muestra la cantidad de

estaciones que hubo en cada departamento costero, desde el año 2001 al 2019. En **porcentaje de datos por tipo**, representa el porcentaje de datos obtenidos por tipo de variable, y en **datos por departamento**, está la cantidad de registros por cada departamento costero.

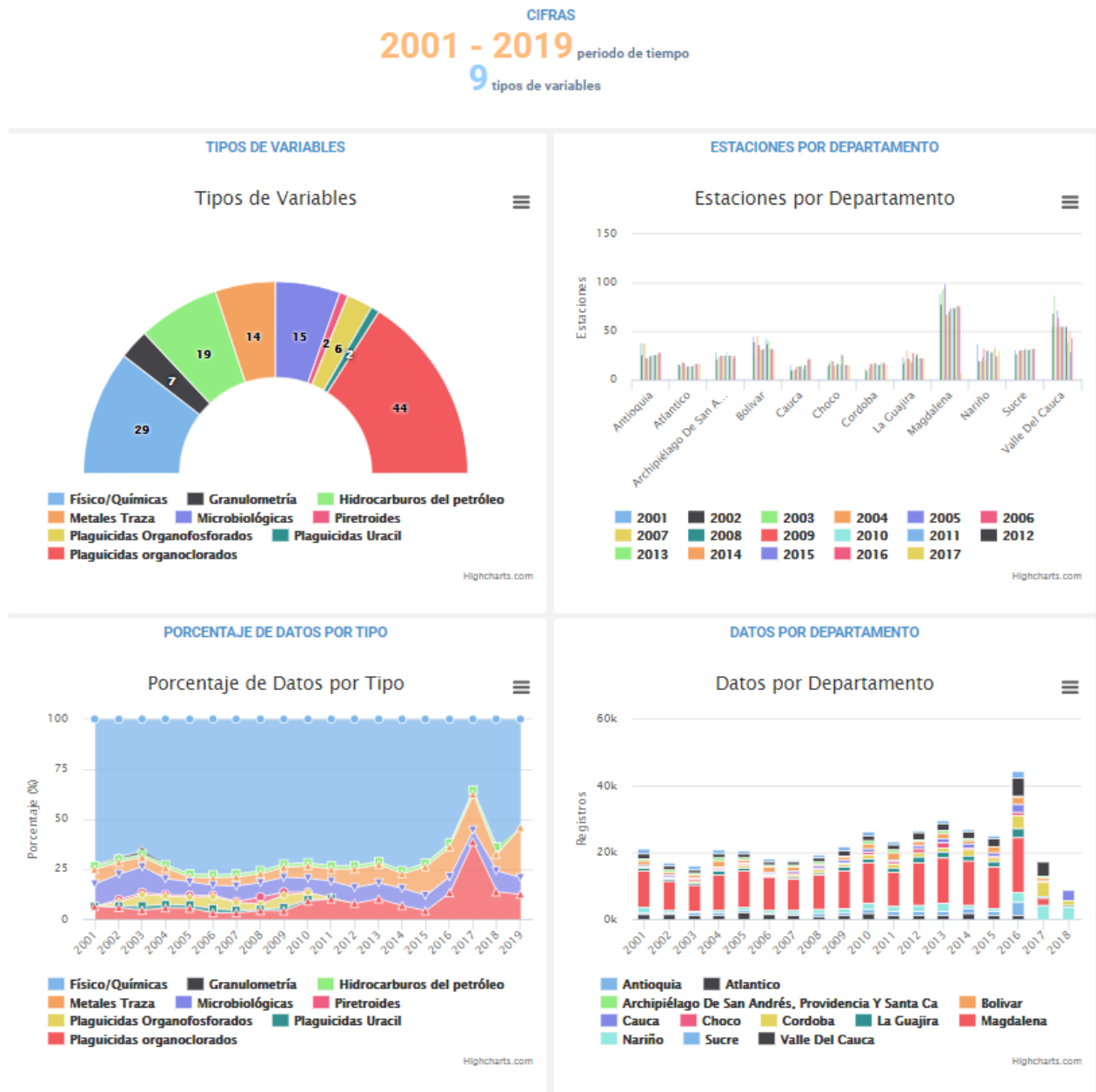


Figura 2.2. Visualización en el módulo de indicadores de gestión disponibles del año 2001 al 2019

Los datos pueden ser consultados de forma dinámica en el portal Web, en donde se pueden seleccionar el departamento, zona, sector y años de interés, arrojando una tabla con la información promedio, que se podrá descargar en un archivo Excel.

2.2 GEOVISOR DE INFORMACIÓN

La cartografía dinámica se actualiza inmediatamente después de la carga de datos al sistema, y del proceso de validación para visualizarlo en el geovisor, al cual se puede acceder desde el enlace <https://siam.invemar.org.co/redcam-geovisor/>, donde se encuentran los datos y capas de información que los usuarios pueden consultar de acuerdo a su interés del territorio marino costero de los 12 departamentos costeros. La renovación tecnológica del geovisor finalizó en el 2019, con módulos interactivos de estaciones de muestreo, parámetros en aguas y sedimentos, y un nuevo módulo de fuentes de contaminación al mar; además, al seleccionar una estación se pueden consultar las coordenadas, tipo de sustrato, identificación – nombre y la cantidad de variables medidas. En las estaciones en donde se pueda aplicar el Índice de calidad de aguas marinas y costeras – ICAM, se muestra la evolución de los resultados obtenidos; por último, se cuenta con un nuevo módulo para consulta de datos de calidad de aguas para los monitoreos que se realizan en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Figura 2.3).

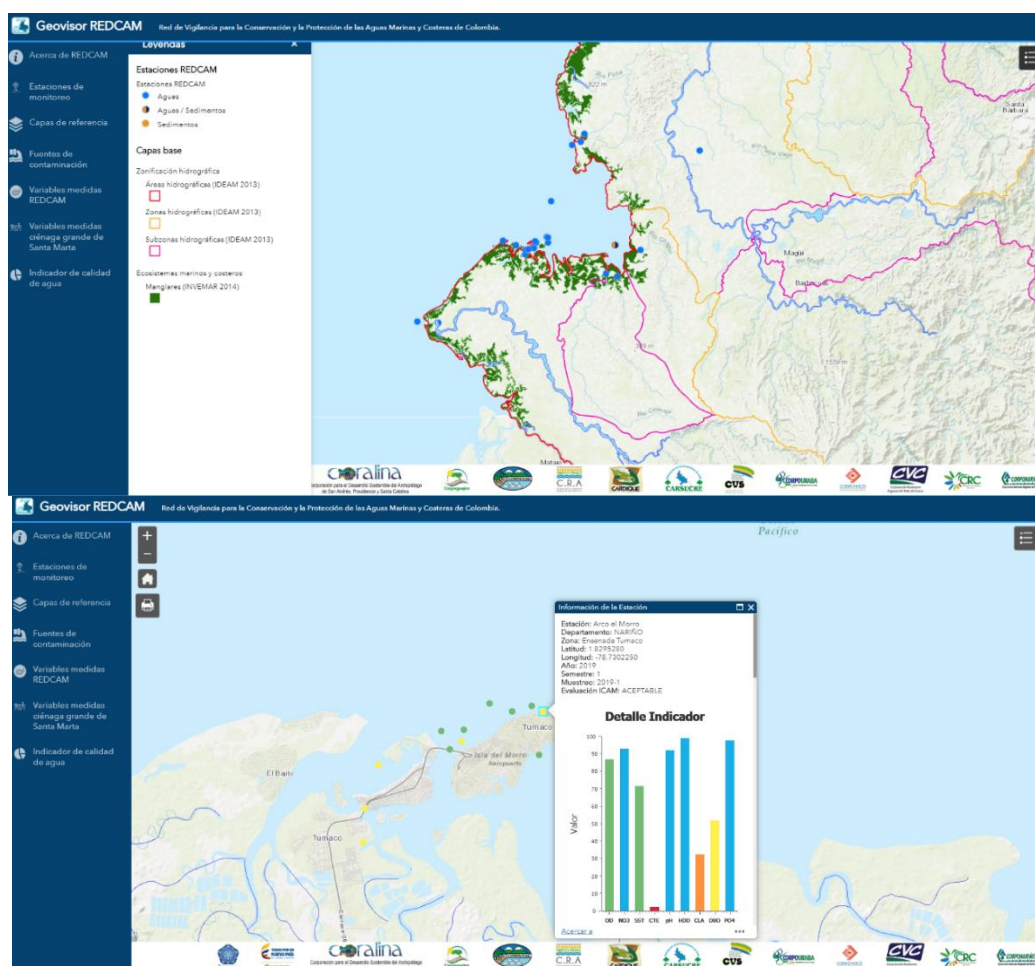


Figura 2.3. Geovisor REDCAM, con un ejemplo de visualización de información para las estaciones de muestreo, capas de información de ecosistemas y los datos del ICAM en el departamento de Narino.

2.2.1 Estaciones de monitoreo

A través del geovisor, se visualizan las estaciones de monitoreo de la REDCAM, tanto de forma tabular, como geoespacialmente. La herramienta permite indicar el departamento que se desea consultar, el tipo de sustrato, además, arroja la cantidad de información que se puede encontrar, permitiendo al usuario tener un mayor espectro de los datos que están disponibles. Para complementar la consulta, el geovisor cuenta con capas de referencia que podrán ser seleccionadas y activadas acordes a las necesidades de información, como cobertura vegetal, sistemas fluviales, ecosistemas marinos y costeros, parques y reservas, y batimetría (Figura 2.4).

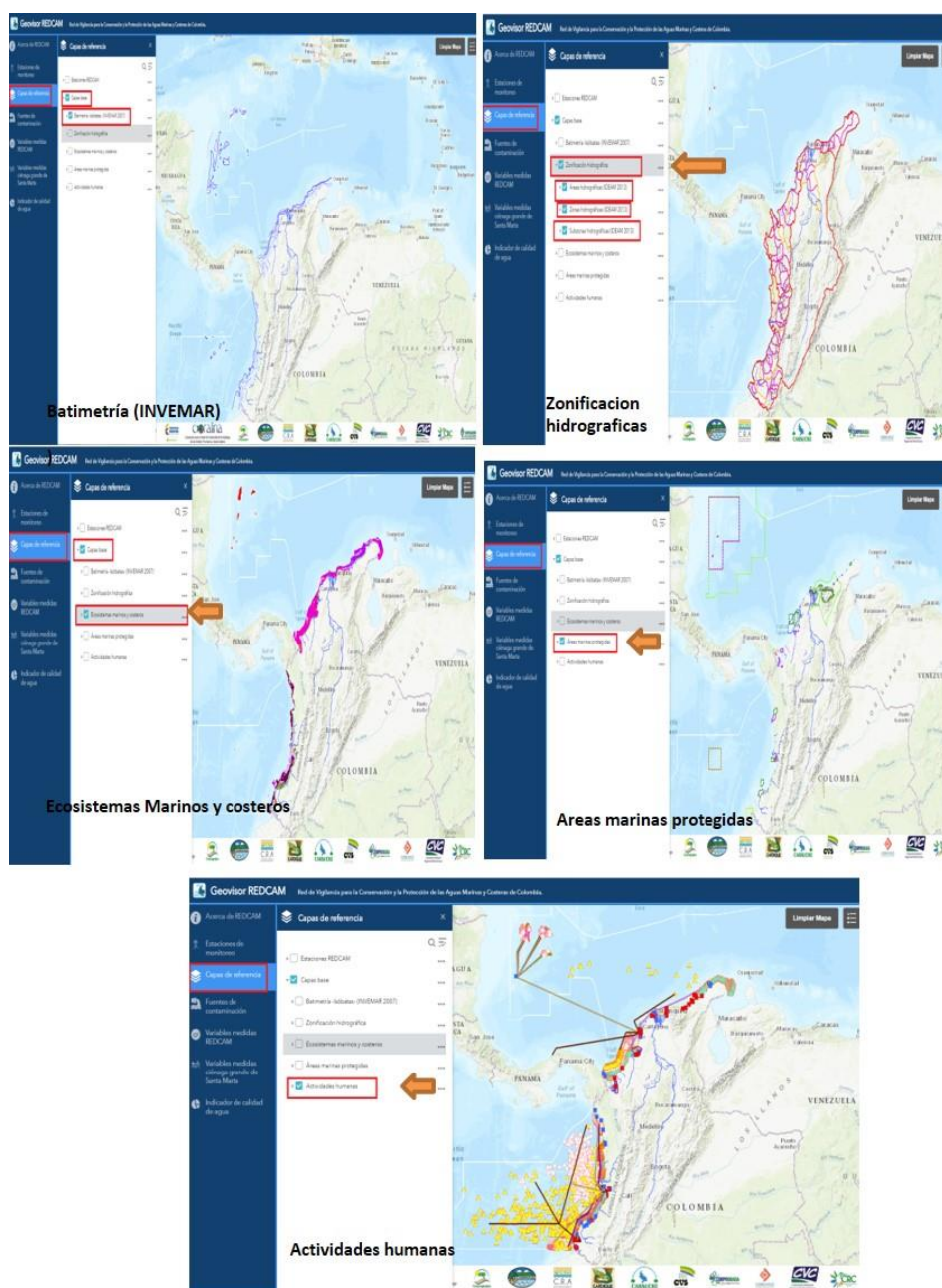


Figura 2.4. Capas de información disponibles en el geovisor REDCAM

DIAGNÓSTICO NACIONAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS

Por: Paola Sofía Obando-Madera



Playa Dibulla, La Guajira. Foto: Gustavo Lara

3. DIAGNÓSTICO NACIONAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS

La región Caribe presenta una gran variabilidad climatológica, debida a los cambios en la intensidad de los vientos durante el ciclo anual y al desplazamiento norte-sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) que producen cambios interanuales en las descargas de los ríos, la hidrodinámica superficial del mar Caribe, el alcance espacial del Giro Ciclónico Panamá-Colombia, la presencia de remolinos y la surgencia de La Guajira ([Ricaurte y Bastidas, 2017](#)).

La región Pacífica se caracteriza por presentar dos sub-regiones con una fisiografía marcada, una al norte, entre Panamá y Cabo Corrientes, una de las regiones más húmedas y lluviosas a nivel mundial que determina las condiciones climáticas de Chocó ([Gómez-Cubillos, et al 2015](#)); y otra hacia el sur, de Cabo Corrientes hasta Ecuador, en donde se albergan una red de drenaje de ríos y esteros, que dan soporte a los ecosistemas estratégicos como los manglares, tramos acantilados, bahías de importancia para la ruta migratoria de las ballenas Yubartas, como bahía Málaga, Utría, Buenaventura y la Ensenada de Tumaco ([INVEMAR, 2019](#)).

En Colombia, las zonas marinas y costeras reciben los aportes fluviales de 99 ríos principales, 43 en el mar Caribe, donde sobresalen el Atrato, Sinú y Magdalena; y 56 en el Océano Pacífico, destacando a los ríos San Juan, Mira y Micay ([INVEMAR, 2019](#)).

Además de los efectos climatológicos y las descargas de los ríos, las aguas marinas y costeras están afectadas por diversas fuentes de contaminación terrestres y marítimas, producto de las actividades socioeconómicas que se desarrollan, entre las que se destacan la carencia de sistemas de saneamiento básico que genera una disposición inadecuada de residuos líquidos y sólidos con el consecuente deterioro de la calidad del agua, lo cual trae efectos sobre la conservación de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad ([Alonso, et al 2015](#)).

Las buenas condiciones de calidad de las aguas, favorecen la conservación y preservación de la fauna y flora marina, en donde su aprovechamiento sustentable y usos consuntivos, dependerán del conocimiento que se tenga de los cambios y retos ante los efectos de la contaminación marina sobre los sistemas hídricos marinos y costeros de Colombia.

Con el propósito de evaluar y hacer seguimiento a las condiciones de las aguas superficiales marinas y costeras, se estimó el índice de calidad de aguas marinas y costeras para la preservación de flora y fauna - ICAM_{PFF} en los puntos de muestreo (estaciones), a través del cual se interpretan las variaciones de la calidad del agua, teniendo en cuenta los momentos de muestreo, épocas climáticas, condiciones de marea, accidentes geográficos y la ubicación de las estaciones. En este capítulo, se presenta una síntesis de los resultados del año 2018 y el primer semestre de 2019. Cabe mencionar en los departamentos de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Bolívar y Valle del Cauca, solo se estimó el ICAM_{PFF} en un semestre durante el 2018; en Antioquia, durante el 2018, se hicieron 3 muestreos; y por la situación de orden público, no fue posible hacer muestreos en Nariño.

Durante el año 2018 prevalecieron condiciones pésimas en los puntos de muestreo de los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Antioquia y Valle del Cauca; además, las condiciones inadecuadas estuvieron presentes en todos los departamentos, excepto Sucre y Chocó (Figura 3.1). Este resultado muestra que en los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Antioquia y Valle del Cauca hay una incidencia constante de las

fuentes puntuales y difusas de contaminación marina, particularmente en el departamento de Antioquia, que tiene la influencia de las descargas de más de 10 cuencas de tributarios en el golfo de Urabá (Castaño, 2002), donde sobresalen el río Atrato, río León, Turbo y Volcán que reciben las escorrentías agrícolas y ganaderas, y las descargas de aguas residuales domésticas; lo que produce incrementos en las concentraciones de nutrientes inorgánicos (nitratos y fosfatos), Coliformes Termotolerantes, Sólidos Suspendidos Totales, y bajas de oxígeno disuelto.

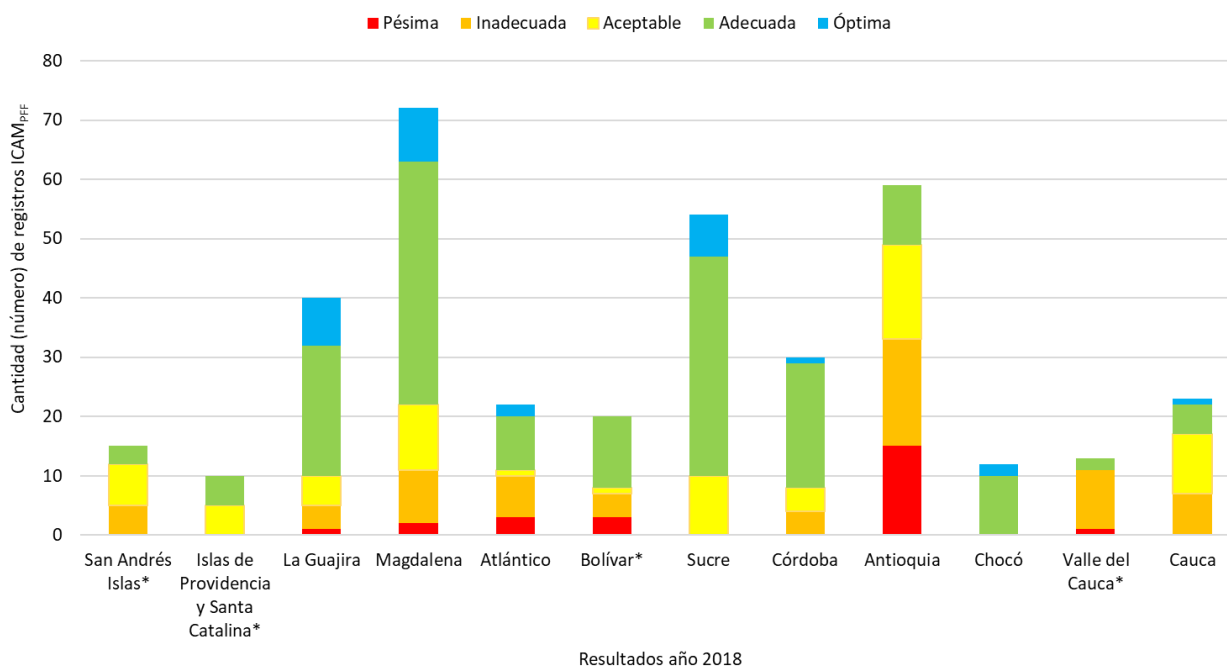


Figura 3.1. Calidad de las aguas marinas y costeras en los departamentos costeros de las regiones Caribe y Pacífico colombianos año 2018, evaluada en los puntos de muestreo (estaciones) definidas por cada departamento. Los departamentos señalados con (*) indican que el ICAM_{PFF} solo se estimó es un muestreo del año 2018.

Cabe resaltar que en 2018, las concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos equivalente de Criseno, no fueron determinantes de las condiciones de calidad del agua, sin embargo, se detectaron concentraciones en todos los departamentos costeros, particularmente en La Guajira, en la estación Puerto Brisa, y en general, su presencia se atribuye al uso de combustible en las actividades de tránsito portuario y marítimo y a las escorrentías que transportan todos los aportes de las actividades antrópicas.

Durante el primer semestre de 2019, se presentó un deterioro en las condiciones de calidad del agua en el departamento de Bolívar, en donde predominaron condiciones pésimas (Figura 3.2), debido a los niveles de nitratos, fosfatos, sólidos suspendidos totales y Coliformes Termotolerantes; situación que se puede intensificar en los meses de época seca en la región Caribe, en donde se la incidencia de las descargas de aguas residuales con contenidos de nutrientes, se acentúan, y el aumento en sus niveles se favorece por la alta heterogeneidad y dinámica del medio (Ricaurte y Bastidas, 2017). Además, es recurrente que se presenten

condiciones inadecuadas en estaciones en los departamentos, por lo que sigue evidenciando la problemática ante la contaminación marina por descargas de aguas sin tratamiento y saneamiento básico.

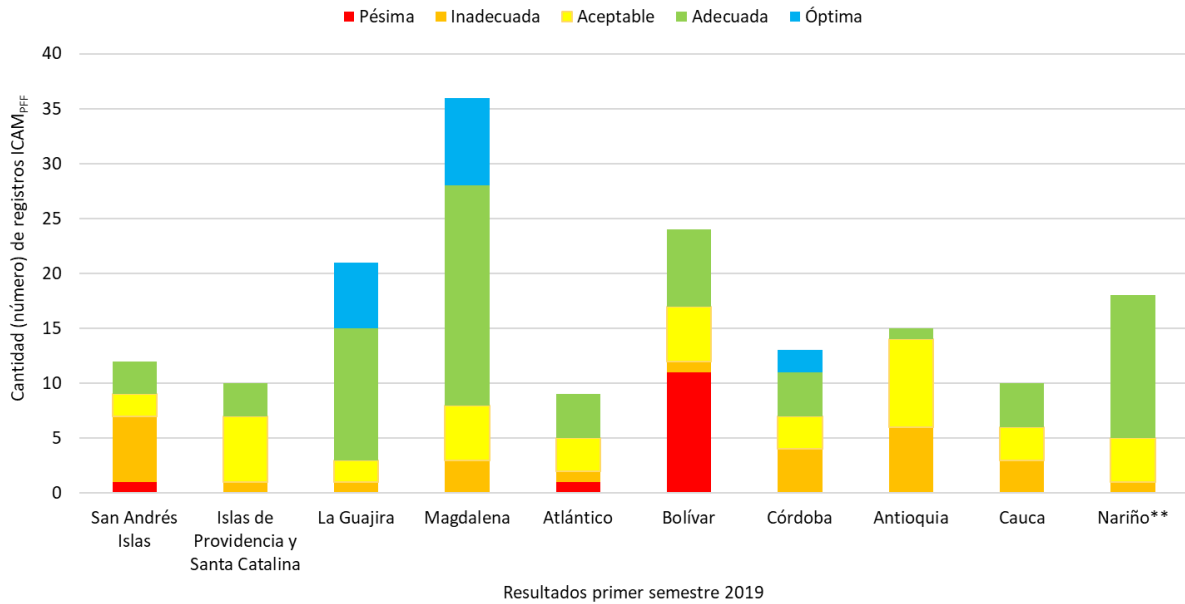


Figura 3.2. Calidad de las aguas marinas y costeras en los departamentos costeros de las regiones Caribe y Pacífico colombianos durante el primer semestre de 2019 a excepción de Cauca, cuyo muestreo se realizó en agosto (segundo semestre del año), evaluada en los puntos de muestreo (estaciones) definidas por cada departamento. En Nariño () el ICAM_{PFF} se estimó en condiciones de marea alta y baja.**

En los siguientes capítulos, encontrarán un análisis detallado para cada departamento costero, en donde se presenta un diagnóstico de sus condiciones de calidad de aguas y sedimentos, contrastado con legislación colombiana y referentes internacionales.

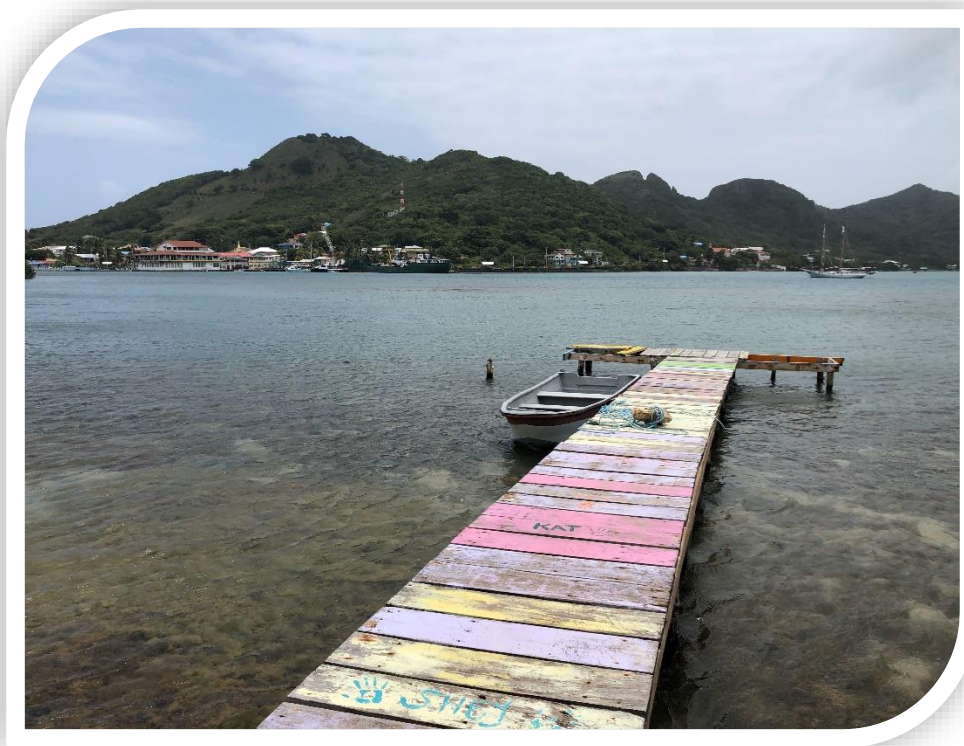
CAPÍTULOS DIAGNÓSTICOS DEPARTAMENTALES



Playa Grande, Taganga, Magdalena. Foto: Archivo programa CAM

ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

Por: Paola Sofía Obando Madera



Islas de Providencia y Santa Catalina. Foto: Paola Obando

EQUIPO TÉCNICO CORALINA

Cindy Fortune – Coordinador de Laboratorio de Calidad Ambiental

Gilleann Taylor – Microbióloga

Vida Smith – Bacterióloga y Microbióloga

Franz Davis – Ingeniero Químico

Karina Luna – Ingeniera Ambiental y Sanitaria

Olga Queeman – Administradora Ambiental y recursos naturales

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

El diagnóstico de calidad de las aguas marino costeras del Archipiélago se realizó con base en la información colectada en 25 estaciones de muestreo, de las cuales 15 están distribuidas en dos zonas en la Isla de San Andrés (Figura 4.1), **San Andrés Norte** donde se concentra la mayor población y desarrollo turístico, por las extensas playas, y **San Andrés Sur** que es el área donde predominan las actividades de buceo, transporte marítimo y se ubica el relleno sanitario “Magic Garden”; y 10 estaciones se distribuyen entre las Islas de Providencia y Santa Catalina (Figura 4.1), en lugares donde se desarrollan actividades turísticas con el tránsito de embarcaciones menores (lanchas) y buceo, destacando que la Isla de Providencia cuenta con un relleno sanitario que opera como botadero a cielo abierto, quebradas de agua dulce, muelles y embarcaderos, y el denominado “Puente de los enamorados” que la conecta con la Isla de Santa Catalina.

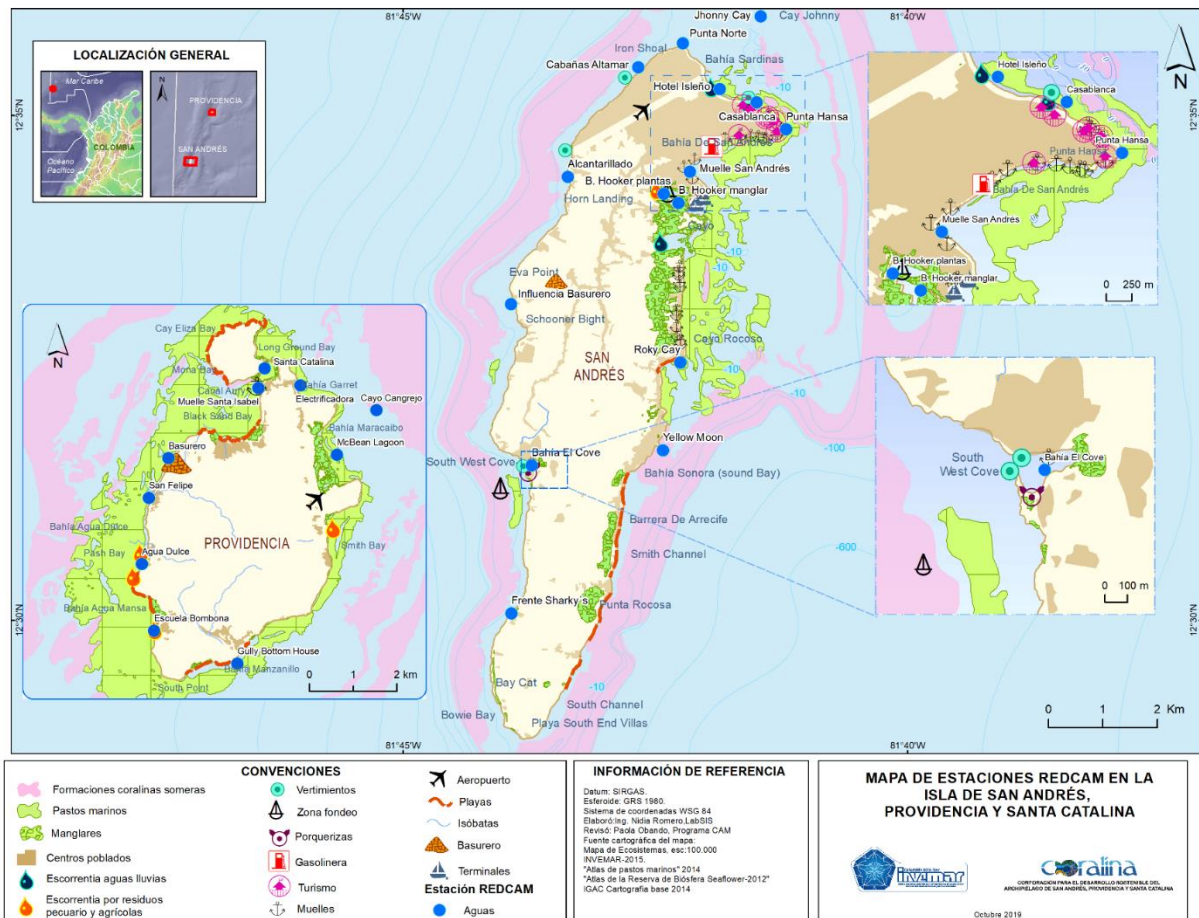


Figura 4.1. Mapa de estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolores (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimentos superficiales. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

En junio de 2019, se realizó una salida de campo a las estaciones REDCAM de la Isla de San Andrés; y en julio 2019 a las estaciones de las Islas de Providencia y Santa Catalina, durante los cuales el laboratorio de CORALINA realizó mediciones in situ y colectó muestras para hacer análisis fisicoquímicos y microbiológicos (Figura 4.2).

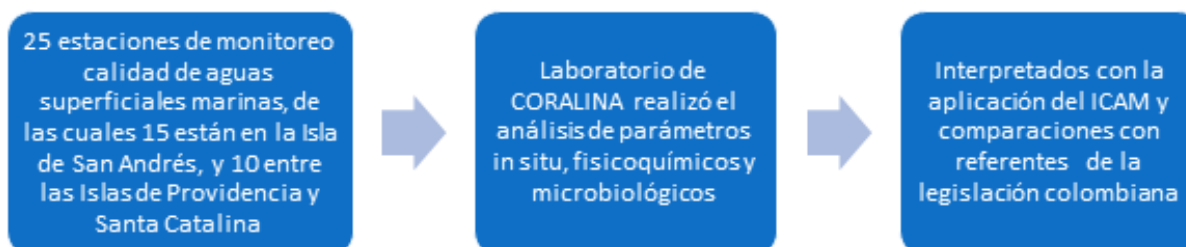


Figura 4.2. Resumen del monitoreo REDCAM en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, muestreo de junio 2019 en la Isla de San Andrés y julio 2019 en las Islas de Providencia y Santa Catalina.

4.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Para analizar el efecto de las actividades antrópicas sobre la calidad de las aguas marinas del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, se identificaron las fuentes de contaminación que se describen en la Tabla 4.1, las cuales se distribuyen a lo largo de las islas (Figura 4.3), en donde sobresalen las que se ubican en el margen de los mayores centros poblados. Las principales actividades socioeconómicas, son las actividades recreativas y turísticas, actividades de tránsito marítimo, portuarias con el cargue y descargue de mercancías y productos, comercio y los servicios de las bombas de expendio de combustible (gasolina).

Tabla 4.1. Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad de las aguas marinas y costeras en las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Actividad/Fuente contaminante		Sustancias contaminantes	Cuerpos de agua receptores
Residuos de las poblaciones de las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Residuos sólidos ordinarios y residuos peligrosos, provenientes del sector de servicios (hospitalarios) y comercio, depositados en el relleno sanitario que opera con un botadero a cielo abierto.	Materia orgánica, sedimentos, microorganismos, sólidos en suspensión, grasas y aceites, agroquímicos, metales pesados, lixiviados, plásticos.	Mar Caribe y acuíferos
	Vertimientos de aguas residuales de fuentes difusas y directas: sistema de alcantarillado, pozos sépticos, tuberías de conducción hacia el mar y descargas a través de afluentes emergentes como los Gully's	Materia orgánica, sedimentos, microorganismos, sólidos en suspensión, grasas y aceites, hidrocarburos, metales pesados, detergentes, microplásticos.	
Actividad marítima y portuaria	Transporte marítimo de lanchas, embarcaciones menores, barcos turísticos, y barcos para el cargue y descargue de mercancías y productos.	Aguas de lastre, residuos de carbón, hidrocarburos, grasas y aceites, otros residuos oleosos, plásticos.	Mar Caribe

Actividad/Fuente contaminante	Sustancias contaminantes	Cuerpos de agua receptores
Actividades productivas y socioeconómicas	Turismo (hoteles, restaurantes, actividades recreativas). Servicios (alcantarillado, aseo, servicios portuarios, servicios comunales, servicios sociales y personales)	Residuos sólidos, especialmente plásticos, materia orgánica, sedimentos, microorganismos patógenos, sólidos en suspensión, lodos de depuradoras, grasas y aceites, hidrocarburos, plaguicidas y metales pesados.
	Comercio y bombas de expendio de combustible (gasolina)	
	Agricultura de subsistencia y pesca, realizada por la población de las islas	

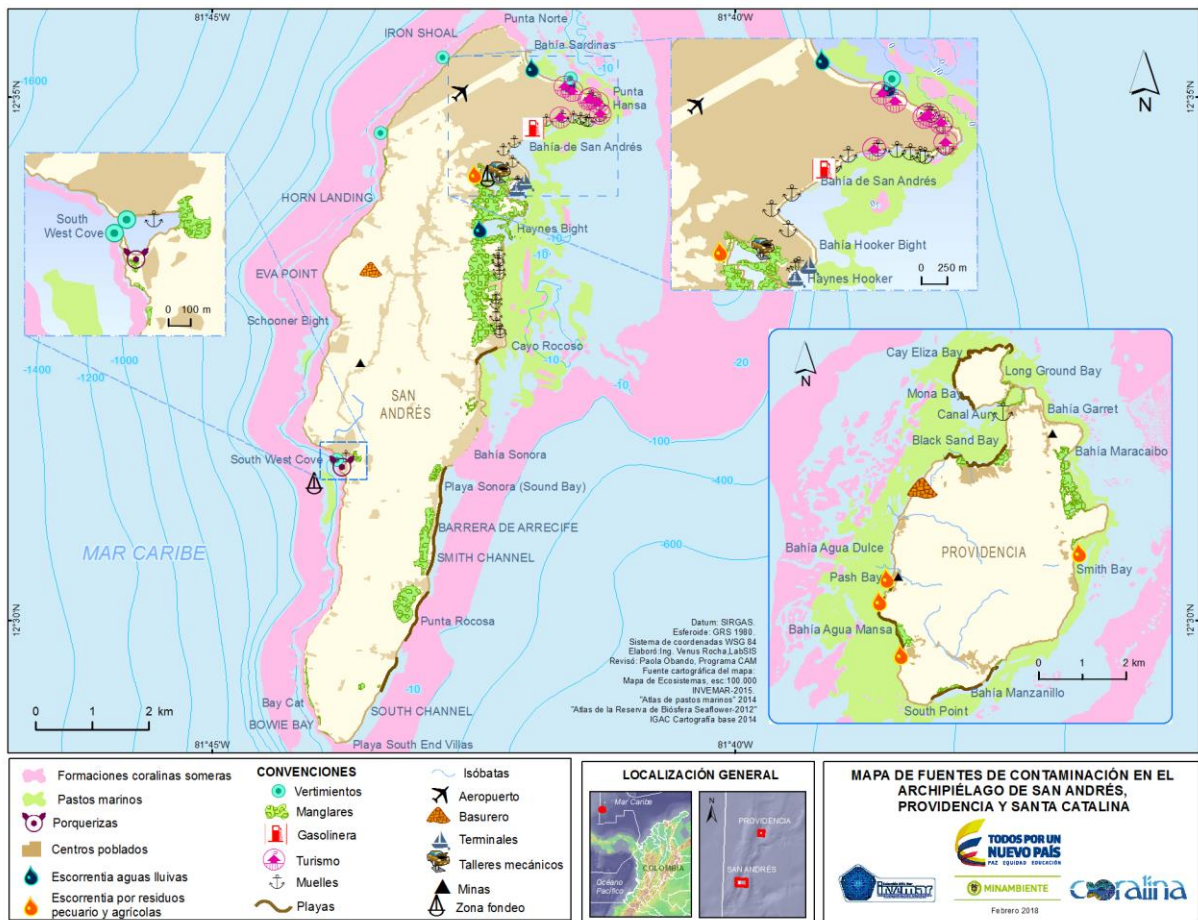


Figura 4.3. Mapa de la distribución de ecosistemas marino-costeros, centros poblados, actividades antropogénicas y fuentes terrestres y marinas de contaminación en las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano

4.2 CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS

La calidad de las aguas marino costeras del departamento de Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se evaluó aplicando el Índice de Calidad de Aguas para preservación de fauna y flora ICAM_{PF}. Los resultados de las variables usadas para estimar el ICAM_{PF} se resumen en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Resultados de las variables de calidad de agua usadas en el ICAM_{PF} en las estaciones de monitoreo del departamento de Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina en el muestreo realizado en el primer semestre de 2019. Oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes Termotolerantes (CTE).

ZONA	ESTACIÓN	Primer semestre 2019							
		Sal	pH	OD	SST	DBO	Nitratos	Fosfatos	CTE (NMP/100 mL)
				mg/L			µg/L		
San Andrés Sur	Rocky Cay	36,6	8,08	9,46	4	1	59	36	79
	Influencia Basurero	36,0	8,12	4,23	4	1	65	77	5
San Andrés Norte	Muelle San Andrés	35,5	8,11	8,76	5	1	81	38	17
	B. Hooker manglar	36,5	7,73	6,30	7	1	108	265	130
	B. Hooker plantas	36,5	7,75	6,24	8	1	95	253	49
	Alcantarillado	35,9	8,13	5,60	3	< 1	62	46	< 2
	Cabañas Altamar	36,0	8,14	6,25	2	< 1	66	56	< 2
	Punta Norte	36,0	8,17	8,23	1	3	41	28	< 2
	Hotel Isleño	36,0	8,20	7,34	2	< 1	69	27	< 2
	Jhonny Cay	36,0	8,17	1,54	4	1	89	201	23
	Casablanca	36,0	8,22	7,22	3	< 1	48	52	< 2
	Punta Hansa	36,0	8,22	6,62	3	< 1	64	53	5
Providencia	Muelle Santa Isabel	36,8	8,09	2,44	6	1	38	67	110
	Basurero	36,9	8,15	2,50	7	< 1	35	62	2
	San Felipe	36,9	8,14	2,46	5	1	32	66	79
	Escuela Bomboná	37,1	8,19	3,16	6	1	49	37	2
	Agua Dulce	36,9	8,20	2,87	6	1	42	56	79
	Gully Bottom House	37,0	8,09	2,52	4	< 1	19	38	160
	McBean Lagoon	37,1	8,08	1,85	9	1	55	82	350
	Cayo Cangrejo	37,0	8,11	2,45	5	< 1	22	36	350
	Electricadora	37,1	8,09	2,11	4	< 1	31	55	79
	Santa Catalina	37,0	8,11	2,34	4	< 1	39	55	8

En el muestreo de junio 2019 en la Isla de San Andrés, la calidad del agua en las estaciones Casa blanca, hotel Isleño y punta Norte fue adecuada; en las estaciones muelle San Andrés y punta Hansa, fue aceptable; en las estaciones Alcantarillado, B. Hooker plantas, Cabañas Altamar, Influencia Basurero Jhonny Cay y Rocky Cay, la calidad del agua fue inadecuada, y en la estación bahía Hooker manglar, la calidad fue pésima (Figura 4.4).

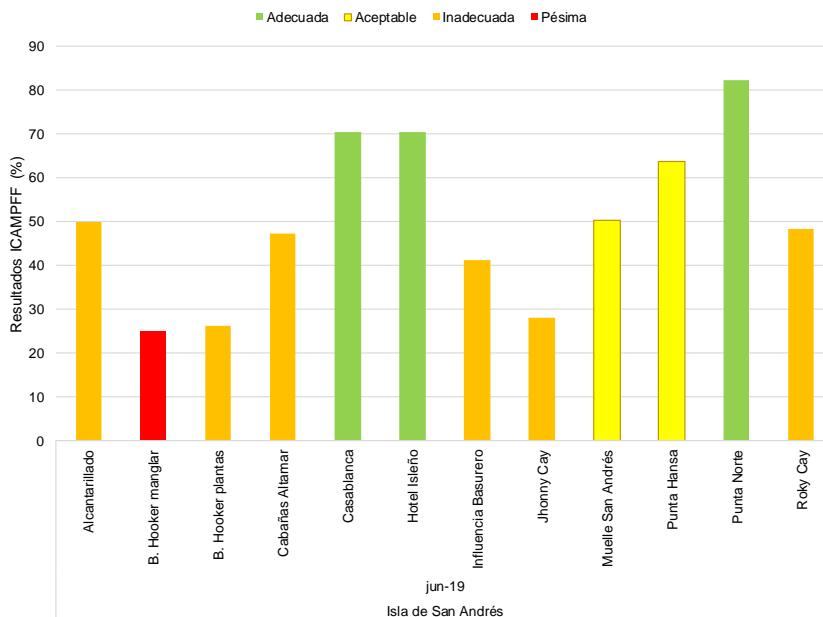


Figura 4.4. Calidad del agua superficial según el ICAMPFF en las estaciones marinas y costera en la Isla de San Andrés en el muestreo REDCAM realizado en junio 2019

En el muestreo de junio 2019 en la Isla de San Andrés, la condición pésima en la estación bahía Hooker manglar, se debió a las altas concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos (fosfatos y nitratos; Tabla 4.3), condiciones que se relacionan con la deposición del material orgánico del manglar y con la introducción de aguas residuales domésticas provenientes de los pozos sépticos, tuberías de conducción al mar y disposición directa sobre el terreno, además de lixiviados del basurero a cielo abierto que producen incrementos en las concentraciones de nutrientes inorgánicos, Coliformes Termotolerantes y sólidos suspendidos totales, entre otros contaminantes. Se destaca que el manejo y disposición de las aguas residuales se lleva a cabo mediante un sistema de alcantarillo sanitario con un punto de vertimiento final al mar a través de un emisario submarino, sin embargo, los sectores de San Luis y La Loma, no cuentan con un sistema colectivo de transporte y disposición de aguas residuales ([Co-L 1125, 2013](#); [INVEMAR, 2019a](#)).

Tabla 4.3. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PFF} calculado en las estaciones REDCAM de la Isla de San Andrés, en el muestreo realizado en junio de 2019. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Coliformes Termotolerantes (CTE).

Lugar	Estación	Calificación de los subíndices						
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	DBO ₅	CTE
Isla de San Andrés	Muelle San Andrés	Óptima	Inadecuada	Óptima	Pésima	Óptima	Adecuada	Óptima
	B. Hooker manglar	Óptima	Pésima	Adecuada	Pésima	Adecuada	Adecuada	Aceptable
	B. Hooker plantas	Óptima	Pésima	Adecuada	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada
	Rocky Cay	Óptima	Aceptable	Óptima	Pésima	Óptima	Adecuada	Adecuada
	Influencia Basurero	Óptima	Pésima	Óptima	Pésima	Aceptable	Adecuada	Óptima
	Alcantarillado	Óptima	Inadecuada	Óptima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Óptima
	Cabañas Altamar	Adecuada	Inadecuada	Óptima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Óptima
	Punta Norte	Adecuada	Aceptable	Óptima	Inadecuada	Óptima	Adecuada	Óptima
	Hotel Isleño	Adecuada	Aceptable	Óptima	Pésima	Óptima	Adecuada	Óptima
	Jhonny Cay	Adecuada	Pésima	Óptima	Pésima	Pésima	Adecuada	Óptima
	Casablanca	Adecuada	Inadecuada	Óptima	Inadecuada	Óptima	Adecuada	Óptima
Punta Hansa	Adecuada	Inadecuada	Óptima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Óptima	

En el muestreo de julio 2019, realizado en las Islas de Providencia y Santa Catalina, en general la calidad del agua estuvo entre adecuada y aceptable; solamente en la estación MacBean Lagoon (ubicada en cercanías al aeropuerto El Embrujo) se registró una calidad inadecuada (Figura 4.5), debido a las altas concentraciones de nitratos, fosfatos y Coliformes Termotolerantes (Tabla 4.4). El incremento de las concentraciones de nutrientes inorgánicos se atribuye a la descomposición de la materia orgánica producto de actividades agrícolas y las Coliformes Termotolerantes evidencian la introducción de aguas residuales ([Griffith et al., 2010](#)).

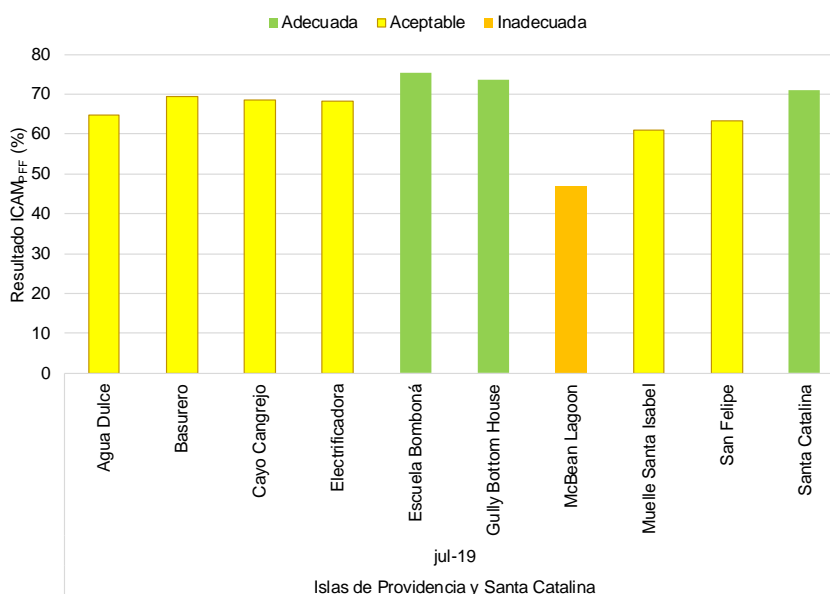


Figura 4.5. Calidad del agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costera en las Islas de Providencia y Santa Catalina durante el muestreo de julio 2019.

Tabla 4.4. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PF} calculado en las estaciones REDCAM de las Islas de Providencia y Santa Catalina, en el muestreo realizado en julio de 2019. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Coliformes Termotolerantes (CTE).

Lugar	Estación	Calificación de los subíndices						
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	DBO ₅	CTE
Islas de Providencia y Santa Catalina	Muelle Santa Isabel	Óptima	Pésima	Óptima	Inadecuada	Pésima	Adecuada	Aceptable
	Basurero	Adecuada	Pésima	Adecuada	Aceptable	Pésima	Adecuada	Óptima
	San Felipe	Adecuada	Pésima	Óptima	Aceptable	Pésima	Adecuada	Adecuada
	Escuela Bomboná	Adecuada	Inadecuada	Óptima	Inadecuada	Inadecuada	Adecuada	Óptima
	Agua Dulce	Adecuada	Inadecuada	Óptima	Inadecuada	Inadecuada	Adecuada	Adecuada
	Gully Bottom House	Óptima	Inadecuada	Óptima	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Aceptable
	McBean Lagoon	Óptima	Pésima	Adecuada	Inadecuada	Pésima	Adecuada	Inadecuada
	Cayo Cangrejo	Óptima	Aceptable	Óptima	Adecuada	Pésima	Adecuada	Inadecuada
	Electrificadora	Óptima	Inadecuada	Óptima	Aceptable	Pésima	Adecuada	Adecuada
Santa Catalina	Óptima	Inadecuada	Óptima	Inadecuada	Pésima	Adecuada	Óptima	

Teniendo en cuenta la importancia del turismo en el Departamento, se analizó la calidad microbiológica de las aguas en playas de las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Tabla 4.5), basado en las concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Coliformes Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE).

En el muestreo de julio 2019 en las playas McBean Lagoon y Cayo Cangrejo (Crab Cay) de la Isla de Providencia, las concentraciones de CTE sobrepasan el criterio de calidad para uso recreativo por contacto primario (natación) y secundario (pesca), de acuerdo con los criterios del [MinAmbiente \(2015\)](#) estipulados en el Decreto 1076 de 2015; además, los niveles de Enterococos Fecales (EFE), mostraron un riesgo entre el 1% y 5% de contraer enfermedades gastrointestinales (EGI) y de contraer enfermedades respiratorias febriles agudas (ERFA) entre 0,3% y 1,9% ([OMS, 2003](#)). Se destaca que en el muestreo de junio 2019 en la Isla de San Andrés, los niveles de CTT, CTE y EFE, estuvieron aptos para el desarrollo de actividades de contacto primario y secundario.

Tabla 4.5. Concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE) en el agua superficial de las estaciones REDCAM de la Isla de San Andrés Providencia y Santa Catalina. No medido (NM). Sin referencia (-). Límite permisible para el uso recreativo por contacto primario (LP CP) y contacto secundario (LP CS) según [MinAmbiente \(2015\)](#), y los valores de referencia de la [OMS \(2003\)](#) para el riesgo de contraer enfermedades Gastrointestinales (EGI) y Respiratoria Febril Aguda (ERFA) respectivamente.

Lugar	Estación	Muestreo junio 2019			Muestreo julio 2019		
		CTE	CTT	EFE	CTE	CTT	EFE
		NMP/100 mL	NMP/100 mL	UFC/100 mL	NMP/100 mL	NMP/100 mL	UFC/100 mL
Isla de San Andrés	Influencia Basurero	5	23	<1	NM	NM	NM
	Rocky Cay	79	79	50	NM	NM	NM
	Alcantarillado	<2	33	12	NM	NM	NM
	Cabañas Altamar	<2	2	<1	NM	NM	NM
	Casablanca	<2	<2	<1	NM	NM	NM
	Hotel Isleño	<2	<2	<1	NM	NM	NM
	Jhonny Cay	23	23	6	NM	NM	NM
	Muelle San Andrés	17	27	4	NM	NM	NM
	Punta Hansa	5	5	<1	NM	NM	NM
Punta Norte	<2	<2	<1	NM	NM	NM	
Islas de Providencia	Agua Dulce	NM	NM	NM	79	240	16
	Basurero	NM	NM	NM	2	79	<1
	Cayo Cangrejo	NM	NM	NM	350	350	120

Lugar	Estación	Muestreo junio 2019			Muestreo julio 2019		
		CTE	CTT	EFE	CTE	CTT	EFE
		NMP/100 mL	NMP/100 mL	UFC/100 mL	NMP/100 mL	NMP/100 mL	UFC/100 mL
y Santa Catalina	Electrificadora	NM	NM	NM	79	350	110
	Escuela Bomboná	NM	NM	NM	2	31	11
	Gully Bottom House	NM	NM	NM	160	160	43
	McBean Lagoon	NM	NM	NM	350	350	150
	Muelle Santa Isabel	NM	NM	NM	110	170	8
	San Felipe	NM	NM	NM	79	130	29
	Santa Catalina	NM	NM	NM	8	17	30
LP C. primario		200	1.000	*OMS (2003)	200	1.000	*OMS (2003)
LP C. secundario		-	5.000		-	5.000	
*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					

4.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ Las condiciones de calidad de las aguas superficiales marinas y costeras en las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, durante los muestreos del 2019, realizados en junio en la Isla de San Andrés y en julio en las Islas de Providencia y Santa Catalina, están determinadas por los contenidos de nutrientes inorgánicos, que se asocian a la descomposición de la materia orgánica del manglar, así como aportes de aguas residuales y remanentes de la agricultura.
- ❖ La calidad microbiológica de las playas de interés turístico en junio y julio de 2019 en general mostraron buena calidad microbiológica, haciéndolas aptas para el uso recreativo de contacto primario; en tanto que las playas de las estaciones en McBean Lagoon y Cayo Cangrejo en la Isla de Providencia presentaron condiciones microbiológicas inadecuadas para el uso recreativo, lo cual se asocia a la contaminación por vertimientos de aguas residuales que pueden llegar al mar por las descargas de los Gully's y rebose de alcantarillas que desembocan de forma directa y por las escorrentías que aumentan en los meses de precipitaciones, por lo cual se hace necesario implementar estrategias para disminuir las descargas de aguas residuales en estas playas.

LA GUAJIRA

Por: Ostin Garcés Ordóñez



Playa Mayapo. Foto: Ostin Garcés

EQUIPO TÉCNICO CORPOGUAJIRA

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

5. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

El diagnóstico de la calidad de las aguas marino costeras del departamento de La Guajira se realizó con base en la información colectada en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, en 25 estaciones de muestreo distribuidas en tres zonas: Guajira alta, Riohacha y Guajira baja (Figura 5.1).

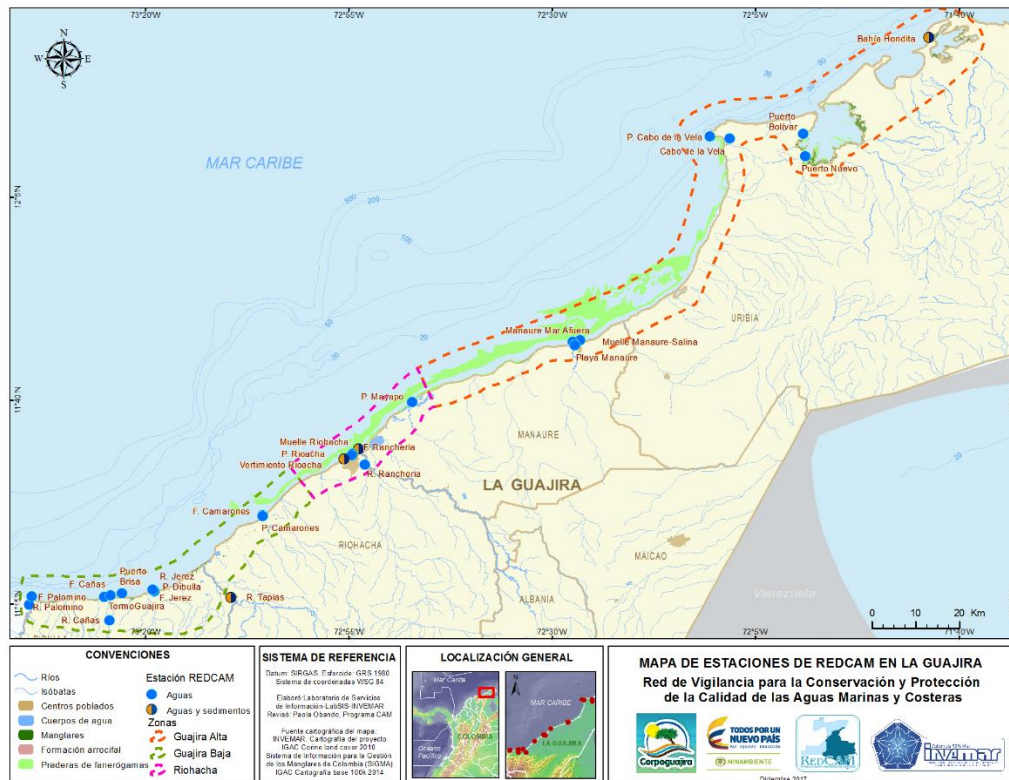


Figura 5.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de La Guajira. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolores (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan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

La zona **Guajira alta** comprende las poblaciones costeras de los municipios de Uribia y Manaure, conformadas principalmente por comunidades indígenas. Las actividades que se realizan en esta zona son la ganadería de caprino, explotación de sal, pesca, turismo, operaciones portuarias que incluye tránsito de embarcaciones en Puerto Bolívar y Puerto Nuevo ([CORPOGUAJIRA-INVEMAR, 2012](#)). En esta zona hay ocho estaciones de calidad de aguas, y una estación de calidad de sedimentos ubicada en bahía Hondita (Figura 5.1). La zona de **Riohacha** presenta la mayor influencia urbana, se encuentra la ciudad de Riohacha, que vierte sus aguas residuales domésticas al sur de la playa de Riohacha ([CORPOGUAJIRA-INVEMAR, 2012](#)). En esta zona desembocan el río Ranchería y algunos arroyos intermitentes que descargan sus aguas en el mar; se cuenta con seis estaciones de calidad de aguas, en dos de las cuales (río Ranchería y vertimiento Riohacha) se muestrea sedimento (Figura 5.1). En la zona **Guajira baja** desembocan los ríos Palomino, Cañas y Jerez y se encuentran las playas de Dibulla y

Camarones, así como el área de influencia de Termoguajira y de la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta. Se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas. En esta zona se cuenta con 11 estaciones de calidad de aguas, en una de las cuales (río Tapia) se colectan muestras de sedimentos (Figura 5.1).

Los muestreos de calidad del agua superficial marina y costera en las estaciones del departamento fueron realizados por CORPOGUAJIRA e INVEMAR. El segundo semestre de 2018, entre los días 6 y 8 de noviembre; el primer semestre de 2019 entre los días 19 y 21 de marzo. En las 26 estaciones REDCAM se midieron variables fisicoquímicas, microbiológicas, contaminantes orgánicos (hidrocarburos, plaguicidas organoclorados y organofosforados) e inorgánicos (metales disueltos: cadmio, zinc, cobre, níquel, plomo, hierro y cromo VI). En las estaciones río Ranchería, bahía Hondita, Puerto Brisa y río Tapia se colectaron muestras de sedimentos superficiales (Figura 5.2).

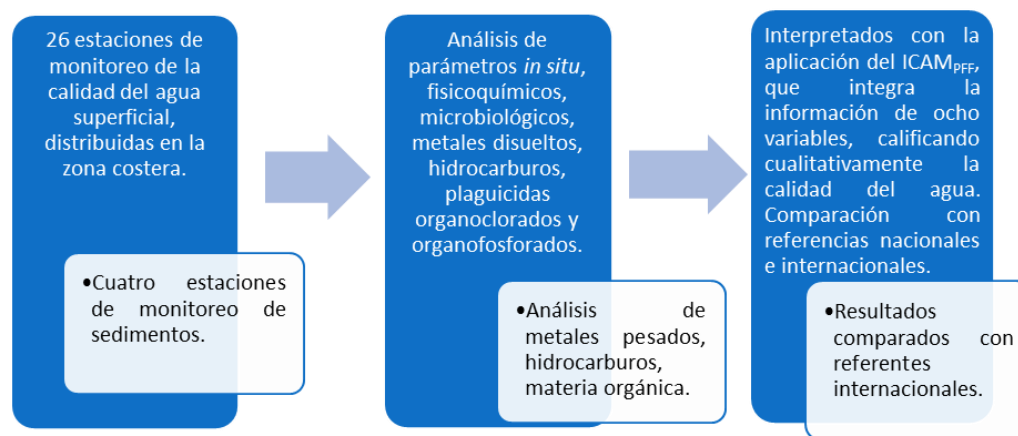


Figura 5.2. Resumen del monitoreo REDCAM en el departamento de La Guajira, realizado en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019.

5.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En La Guajira, las principales fuentes de contaminación son producto de actividades como la minería (especialmente de carbón), agricultura, ganadería, puertos marítimos y turismo, además de las aguas residuales y residuos sólidos de los municipios de Uribí, Manaure, Riohacha y Dibulla (Tabla 5.1; Figura 5.3). En Riohacha desemboca el río Ranchería, uno de los más importantes del departamento que circula por áreas agrícolas, ganaderas y mineras, facilitando el transporte e introducción de contaminantes de la cuenca alta al mar Caribe. Además, se encuentran los ríos Camarones, Cañas, Jerez y Palomino que desembocan en la costa sur del departamento.

Tabla 5.1. Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en el departamento de La Guajira.

Actividad / Fuente Contaminante	Contaminantes	Receptor	
Minería y energía	Explotación de carbón Cerrejón, extracción de petróleo crudo y gas natural. Generación de energía en Termoguajira	Carbón mineral, sólido en suspensión y disuelto, hidrocarburos del petróleo, compuestos tóxicos orgánicos, metales pesados y aguas térmicas.	Mar Caribe, ríos Ranchería y Cañas.
Actividades agrícolas y pecuarias	Cultivos de arroz, maíz, tomate, plátano y sorgo. Cría de animales (vacas, caballos, chivos y ovejas, cerdos)	Plaguicidas, fertilizantes, agroquímicos, desechos de animales, microorganismos de origen fecal.	Ríos Ranchería, Cañas y Palomino
Actividad marítima y portuaria	Puerto Bolívar, Puerto Nuevo, Uribia, Dibulla, Riohacha.	Aguas de sentinas, residuos de carbón, residuos oleosos.	Bahía Portete, Mar Caribe.
Residuos municipales	Vertimientos de agua residuales domésticas sin tratamiento	Materia orgánica, microorganismos, sólidos en suspensión, grasas y aceites, hidrocarburos, metales pesados, nutrientes, plásticos y microplásticos	Mar Caribe, río Ranchería
	Residuo sólidos, botaderos a cielo abierto, Celda de contingencia de Riohacha, relleno sanitario Los Corazones, celda transitoria		
	Matadero de vacunos en Riohacha	Retazos de pieles, cascotes y heces	Mar Caribe
	Estaciones de servicios y talleres automotriz	Aceites, grasas, sedimentos	Río Ranchería

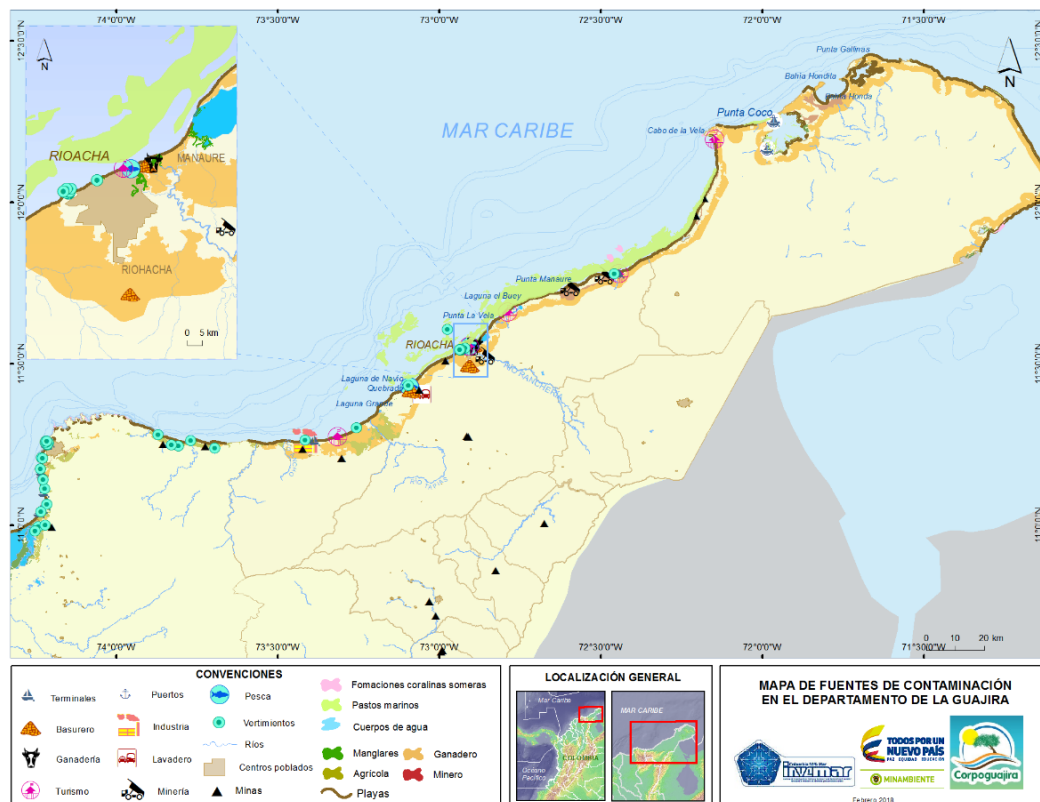


Figura 5.3. Mapa de la distribución de ecosistemas marino-costeros, centros poblados, actividades antropogénicas y fuentes terrestres y marinas de contaminación en el departamento de La Guajira, Caribe colombiano.

5.2 CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS

La calidad de las aguas marino costeras del departamento de La Guajira se evaluó aplicando el Índice de Calidad de Aguas para Preservación de flora y fauna -ICAM_{PFF} (Vivas-Aguas *et al.*, 2014a). Los resultados de las variables usadas para estimar el ICAM_{PFF} se resumen en la Tabla 5.2.

El ICAM_{PFF} se aplicó a 21 estaciones que cumplían con el tipo de agua marina-estuarina y con el número de mínimo de variables requeridas. Como resultado de la aplicación del ICAM_{PFF}, se encontró que en el muestreo del segundo semestre de 2018, la calidad del agua en el 47% de las estaciones fue adecuada; en el 33% óptima, en el 10% aceptable, en el 5% inadecuada y en el 5% pésima (Figura 5.4).

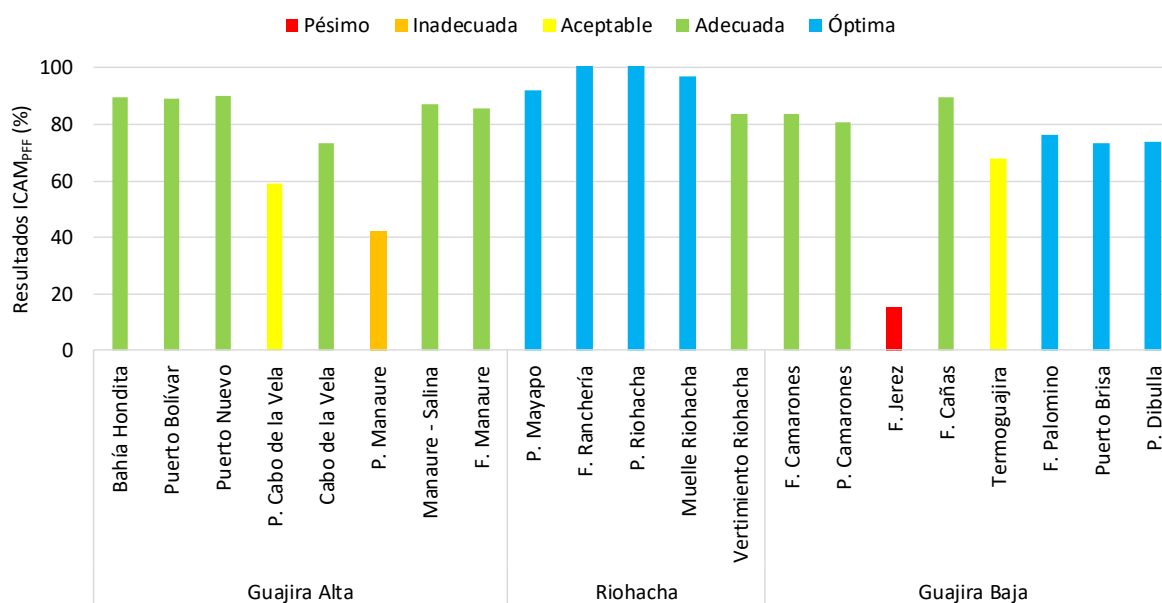


Figura 5.4. Calidad del agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costera en el departamento de La Guajira, en el muestreo REDCAM del segundo semestre de 2018.

Tabla 5.2. Resultados de las variables de calidad de agua usadas en el ICAM_{PF} en las estaciones de monitoreo del departamento de La Guajira en los muestreos realizados en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019; excepto las estaciones indicadas con (**). Oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes Termotolerantes (CTE), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD). No medido (NM).

ZONA	ESTACIÓN	Segundo semestre de 2018								Primer semestre de 2019								
		Sal	pH	OD	SST	Nitratos	Fosfatos	HPDD	CTE (NMP/100 mL)	Sal	pH	OD	DBO ₅	SST	Nitratos	Fosfatos	HPDD	CTE (NMP/100 mL)
				mg/L		µg/L		mg/L				µg/L						
Guajira Alta	Bahía Hondita	36,0	8,1	8,2	29	<2,1	<2,0	0,40	34	35,7	8,2	8,6	NM	156	110	9,3	<0,075	<1,8
	Puerto Bolívar	36,6	8,4	9,5	28	10,2	6,19	0,14	23	36,6	8,4	4,8	NM	39	<2,10	<2,0	<0,075	<1,8
	Puerto Nuevo	36,4	8,2	8,3	55	4,03	<2,0	0,12	<1,8	37,1	8,3	6,2	NM	22	8,82	5,7	0,22	540
	P. Cabo de la Vela	36,5	8,0	4,8	142	3,27	13,3	0,10	<1,8	38,3	8,1	8,4	NM	107	40,9	4,2	0,6	350
	Cabo de la Vela	36,6	8,2	7,4	10	<2,1	3,77	0,20	790	38,0	8,0	6,8	NM	64	3,7	2,7	<0,075	22
	P. Manaure	36,9	8,1	5,9	168	2,15	<2,0	NM	4	34,9	8,1	6,8	NM	34	<2,10	<2,0	NM	4
	Manaure - Salina	36,6	8,1	5,7	11	23,9	9,15	0,16	6,8	34,8	8,1	6,7	NM	12	6,35	<2,0	<0,075	2
	F. Manaure	36,5	8,1	5,9	53	2,96	2,02	0,27	2	38,0	8,1	6,7	NM	9,6	6,27	<2,0	<0,075	<1,8
Riohacha	P. Mayapo	36,8	8,1	6	8	5,46	<2,0	NM	2	34,9	8,1	7,6	NM	29	<2,10	<2,0	NM	130
	F. Ranchería	25,2	8,1	6,5	32	224	33,1	0,09	490	0,3	8,2	6,3	NM	19	46,7	<2,0	0,61	<1,8
	R. Ranchería**	0,3	8,1	7,5	320	394	105	0,59	1.700	35,0	8,3	6,9	<2,4	16	<2,10	61,6	0,2	13.000
	P. Riohacha	23,0	8,1	6,5	60	281	39,9	1,16	270	34,9	7,7	6,3	NM	38	<2,10	<2,0	<0,075	78
	Muelle Riohacha	20,4	8,0	6,6	64	223	33,1	0,13	700	34,9	8,0	6,4	NM	57	<2,10	<2,0	0,1	78
	Vertimiento Riohacha	35,8	8,0	6,1	29	9,71	2,33	0,55	78	34,7	8,0	6,4	NM	59	<2,10	2,8	0,083	20
Guajira Baja	F. Camarones	33,6	8,1	5,8	33	12,2	7,94	<0,075	40	35,0	8,1	6,6	NM	31	18,6	<2,0	<0,075	<1,8
	P. Camarones	35,5	8,1	5,7	25	<2,1	2,36	<0,075	130	35,1	8,0	6,5	NM	24	32	<2,0	0,08	<1,8
	F. Jerez	19,3	8,1	6,7	45	137	19,3	<0,075	3.500	34,8	8,0	6,1	NM	29	9,54	<2,0	<0,075	<1,8
	F. Cañas	32,4	8,1	6,4	12	<2,1	7,34	0,10	20	34,6	8,0	6,1	NM	17	16,5	2,9	<0,075	<1,8
	Termoguajira	36,5	8,1	6,6	17	50,7	11,6	NM	330	34,7	8,0	6,1	NM	40	34,5	7,4	NM	<1,8
	F. Palomino	17,7	8,2	7,2	30	23,8	4,35	<0,075	330	34,0	8,1	6,6	NM	13	16	<2,0	<0,075	<1,8
	R. Palomino**	0,0	7,2	8,2	13	262	39	<0,075	1.100	0,0	7,2	7,9	<2,4	<4,2	37,4	33,1	0,16	450
	R. Jerez**	0,0	7,4	8,4	<4,2	333	28,6	<0,075	3.500	0,0	8,5	8,9	<2,4	<4,2	17,7	27,3	0,08	<1,8
	R. Cañas**	0,0	7,4	8,4	6,3	227	29,2	0,10	2.400	0,0	7,4	6,9	<2,4	<4,2	24,2	36,9	0,11	450
	R. Tapia**	NM	NM	6,3	127	NM	NM	NM	460	0,2	7,9	7	<2,4	6,8	222	94,0	0,22	920
	Puerto Brisa	31,6	8,1	5,6	NM	3,06	5,23	8,06	NM	34,7	8,1	6,4	NM	NM	5,48	<2,0	<0,075	<1,8
P. Dibulla	35,9	8,1	5,6	57	NM	<2,0	NM	110	35,0	8,1	6,4	NM	70	7,57	<2,0	NM	NM	

**Estaciones con características de aguas fluviales y en las que no se aplicó el ICAM_{PF}

La pésima calidad del agua en la estación frente al río Jerez, se debió a las elevadas concentraciones de nitratos y Coliformes Termotolerantes, las cuales estuvieron por encima del mínimo permisible para contacto primario de acuerdo con la legislación nacional, Decreto 1076 de 2015 (<200 NMP/100 mL; [MinAmbiente, 2015](#)), indicando contaminación por aguas residuales (Tabla 5.3). La calidad inadecuada en la estación playa Manaure se asoció a la alta concentración de sólidos suspendidos totales.

Tabla 5.3. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PF} calculado en las estaciones REDCAM en el departamento de La Guajira, en el muestreo realizado el segundo semestre de 2018. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación	Calificación de los subíndices						
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	HPDD	CTE
Guajira Alta	Bahía Hondita	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Adecuada
	Puerto Bolívar	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima	Óptima
	Puerto Nuevo	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima	Óptima	Óptima	Óptima
	P. Cabo de la Vela	Óptima	Adecuada	Pésima	Óptima	Aceptable	Óptima	Óptima
	Cabo de la Vela	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Inadecuada
	P. Manaure	Óptima	Óptima	Pésima	Adecuada	Adecuada	NM	Óptima
	Manaure - Salina	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
Riohacha	F. Manaure	Óptima	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Mayapo	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	NM	Óptima
	F. Ranchería	Óptima	Aceptable	Aceptable	Óptima	Adecuada	Óptima	Inadecuada
	P. Riohacha	Óptima	Inadecuada	Aceptable	Óptima	Adecuada	Adecuada	Inadecuada
	Muelle Riohacha	Óptima	Aceptable	Aceptable	Óptima	Adecuada	Óptima	Inadecuada
Guajira Baja	Vertimiento Riohacha	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada
	F. Camarones	Adecuada	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Óptima	Adecuada
	P. Camarones	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	64,41
	F. Jerez	Óptima	Adecuada	Aceptable	Pésima	Adecuada	Óptima	Pésima
	F. Cañas	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	Termoguajira	Óptima	Adecuada	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	NM	Inadecuada
	F. Palomino	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Inadecuada
	Puerto Brisa	Óptima	Óptima	NM	Adecuada	Adecuada	Inadecuada	NM
P. Dibulla	Óptima	Óptima	Aceptable	NM	Adecuada	NM	Aceptable	

En el muestreo del primer semestre de 2019, se observó un mejoramiento de la calidad de las aguas, con un aumento de las estaciones con calidad adecuada (56%); el 29% con calidad óptima; el 10% con calidad aceptable, 5% con calidad inadecuada y no se presentaron estaciones con calidad pésima (Figura 5.5). La calidad inadecuada en la estación bahía Hondita se asoció a elevadas concentraciones de nitratos y sólidos suspendidos totales (Tabla 5.4).

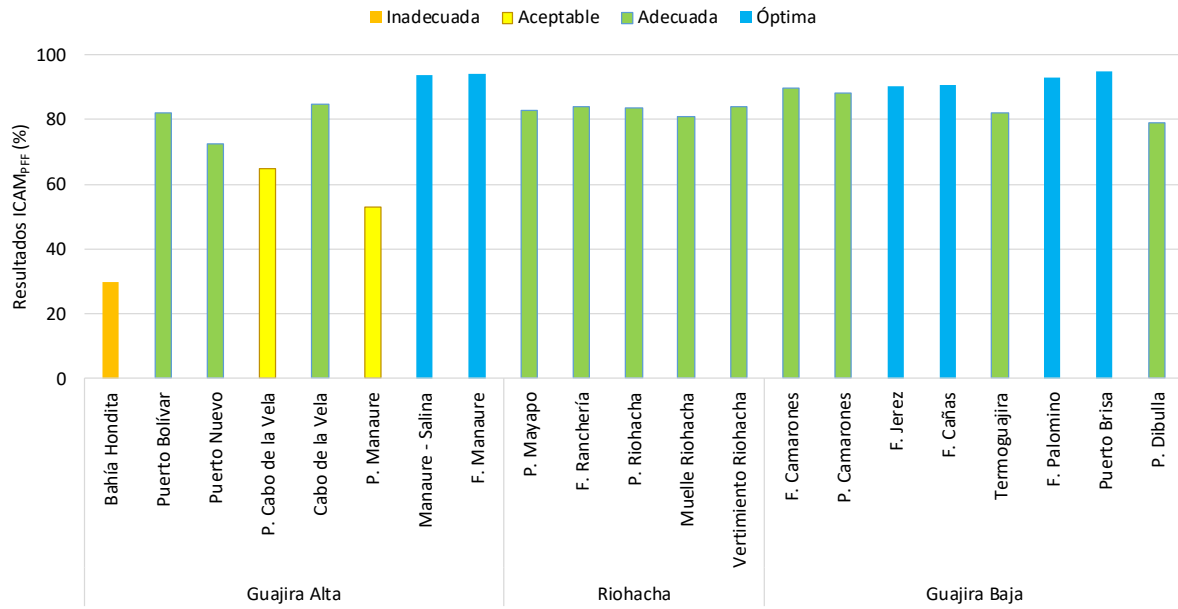


Figura 5.5. Calidad del agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costera del departamento de La Guajira, en el muestreo REDCAM del primer semestre de 2019.

Tabla 5.4. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PFF} calculado en las estaciones REDCAM en La Guajira, en el muestreo realizado el primer semestre de 2019. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación	Calificación de los subíndices						
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	HPDD	CTE
Guajira Alta	Bahía Hondita	Adecuada	Óptima	Pésima	Pésima	Óptima	Óptima	Óptima
	Puerto Bolívar	Adecuada	Óptima	Aceptable	Adecuada	Aceptable	Óptima	Óptima
	Puerto Nuevo	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Inadecuada
	P. Cabo de la Vela	Óptima	Óptima	Inadecuada	Inadecuada	Óptima	Óptima	Inadecuada
	Cabo de la Vela	Óptima	Óptima	Aceptable	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Manaure	Óptima	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	NM	Óptima
	Manaure - Salina	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima
Riohacha	F. Manaure	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Mayapo	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	NM	Aceptable
	F. Ranchería	Adecuada	Óptima	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Riohacha	Óptima	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Óptima	Adecuada
	Muelle Riohacha	Óptima	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Óptima	Adecuada
Guajira Baja	Vertimiento Riohacha	Óptima	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	F. Camarones	Óptima	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Camarones	Óptima	Óptima	Adecuada	Aceptable	Adecuada	Óptima	Óptima
	F. Jerez	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima
	F. Cañas	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	Termogujaira	Óptima	Óptima	Aceptable	Aceptable	Adecuada	NM	Óptima
	F. Palomino	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	Puerto Brisa	Óptima	Óptima	NM	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima
P. Dibulla	Óptima	Óptima	Inadecuada	Óptima	Adecuada	NM	NM	

Por otra parte, se analizó la calidad microbiológica del agua en las playas turísticas de La Guajira, teniendo en cuenta las concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Coliformes Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE). En el segundo muestreo de 2018 las

concentraciones de CTT oscilaron entre <1,8 y 1.100 MNP/100 mL (Tabla 5.5). En la playa de Riohacha la concentración de CTT estuvo por encima del valor permisible para el uso recreativo por contacto primario, según el Decreto 1076 de 2015(1000 NMP/100 mL; [MinAmbiente, 2015](#)). En las demás playas las concentraciones de CTT estuvieron por debajo del límite permisible para el contacto primario (1000 NMP/100 mL; [MinAmbiente, 2015](#)). En el muestreo del primer semestre de 2019, las concentraciones de CTT oscilaron entre <1,8 y 130 NMP/100 mL, indicaron condiciones adecuadas para el uso recreativo del agua al estar por debajo del límite permisible para el contacto primario (Tabla 5.5).

Las concentraciones de CTE determinadas en los muestreos del segundo semestre de 2018 oscilaron entre 2 y 790 MNP/100 mL, solo en las playas Cabo de la Vela y Riohacha superaron el límite permisible para el uso del agua por contacto primario (200 NMP/100 mL; [MinAmbiente, 2015](#)). En el primer semestre de 2019, las concentraciones de CTE en todas las playas estuvieron por debajo de 200 NMP/100 mL, lo cual indica que la calidad del agua fue apta para el uso recreativo de los bañistas (Tabla 5.5).

Los EFE solo se midieron en el muestreo del segundo semestre de 2018. Las concentraciones oscilaron entre 1 y >200 UFC/100 mL (Tabla 5.5), registrándose las mayores valores en la playa Riohacha (Tabla 5.5). Según la referencia de los riesgos de enfermedades a los bañistas de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003), la concentración de EFE registrada en la playa Riohacha representa un riesgo de 5 a >10% de contraer enfermedades gastrointestinales y de 1,9 a >3,9%, de contraer enfermedad respiratoria febril aguda (Tabla 5.5).

Tabla 5.5. Concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE) en el agua superficial de las estaciones en playas turísticas del departamento de La Guajira. Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y secundario se tomaron del Decreto 1076 de 2015([MinAmbiente, 2015](#)) y valores de referencia de EFE para riesgos de enfermedades para los bañistas según [OMS \(2003\)](#).

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)		CTE (NMP/100 mL)		EFE (UFC/100mL)
		Segundo Semestre 2018	Primer semestre 2019	Segundo Semestre 2018	Primer semestre 2019	Segundo Semestre 2018
Guajira Alta	Cabo de la Vela	790	49	790	22	41
	P. Manaure	11	4	4	4	8
Riohacha	P. Mayapo	7,8	130	2	130	1
	Playa Riohacha	1.100	78	270	78	>200
Guajira Baja	P. Camarones	330	4,5	130	<1,8	45
	P. Dibulla	330	<1,8	110	<1,8	35
LP C. primario		1.000		200		
LP C. secundario		5.000		-		*OMS (2003)
*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.				

Otras variables medidas en aguas superficiales de las estaciones REDCAM en La Guajira y que no hacen parte del ICAM_{PFF}, son plaguicidas (45 compuestos de organoclorados y organofosforados) y los metales disueltos plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), zinc (Zn) y níquel (Ni) y cromo VI (Cr⁺⁶).

Los 45 compuestos plaguicidas se analizaron en 19 estaciones de monitoreo (Bahía Hondita, Punta Cabo de la Vela, playa Cabo de la Vela, playa Manaure, frente del río Ranchería, río Ranchería, playa Riohacha, Muelle Riohacha, Vertimiento Riohacha, frente de Camarones, playa Camarones, Puerto Brisa, frente de los ríos Jerez, Cañas y Palomino y en las estaciones de los mismos ríos). En todas las estaciones estuvieron por debajo del límite de detección del método usado en el LABCAM del INVEMAR.

Las concentraciones de Cd oscilaron entre $<0,22$ y $7,73$ $\mu\text{g/L}$ (Tabla 5.6), concentraciones que no superan el valor de referencia para efectos crónicos en organismos marinos y dulceacuícolas propuesto por la NOAA ($8,8$ $\mu\text{g Cd/L}$; [Buchman, 2008](#)).

Las concentraciones de Cu en las estaciones frente del río Ranchería, playa de Camarones y Termoguajira en el segundo semestre de 2018; y en Termoguajira y puerto Brisa en el primer semestre de 2019, estuvieron por encima de los valores de referencia para efectos crónicos en organismos marinos (Tabla 5.6).

Las concentraciones de cromo hexavalente (Cr^{+6}) en el agua colectada en el muestreo del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método utilizado en el LABCAM (<5 $\mu\text{g Cr/L}$) y por debajo de la referencia de efectos crónicos (50 $\mu\text{g Cr/L}$, 11 $\mu\text{g Cr/L}$; Tabla 5.6).

Las concentraciones de Ni en el segundo semestre de 2018, no superaron los valores de referencia para efectos crónicos en organismos de aguas marinas (74 $\mu\text{g Zn/L}$) y de aguas dulce (52 $\mu\text{g Zn/L}$) (Tabla 5.6.). En el muestreo del primer semestre de 2019, el Ni en todas las estaciones estuvo por debajo de límite de cuantificación ($2,5$ $\mu\text{g Ni/L}$) y de los valores de referencia de efectos crónicos en organismos de marinos y dulceacuícolas (Tabla 5.6).

Las concentraciones de Pb en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM ($<2,0$ $\mu\text{g Pb/L}$), con excepción de la estación Punta Cabo de la Vela, donde se registró una concentración de $2,36$ $\mu\text{g Pb/L}$. En todas las estaciones las concentraciones de Pb estuvieron por debajo de los valores de referencia para efectos crónicos ($8,1$ $\mu\text{g Pb/L}$) y agudos (210 $\mu\text{g Pb/L}$) en organismos de agua marina y dulce (Tabla 5.6).

Las concentraciones de Zn en la mayoría de las estaciones estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método (<10 $\mu\text{g Zn/L}$), solo en las estaciones río Ranchería y frente del río Ranchería se cuantificaron valores de $13,4$ y 11 $\mu\text{g Zn/L}$ (Tabla 5.6), los cuales estuvieron por debajo de las referencias para efectos crónicos y agudos en organismos de agua dulce y marinos (Tabla 5.6).

Las concentraciones de Fe oscilaron entre <10 y 59 $\mu\text{g Fe/L}$, en ninguna de las estaciones los valores de Fe superaron las referencias para efectos crónicos y agudos en organismos de agua marina y dulce (Tabla 5.6).

Tabla 5.6. Concentraciones de metales pesados disueltos en el agua superficial de las estaciones REDCAM en La Guajira, en los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019. Valores con el símbolo (<) indica el límite de detección del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR. Los valores de referencia para efectos crónicos (color amarillo) y agudos (color naranja) fueron tomados de Buchman (2008). No medido (NM).

Zona	Estación	Cd (µg/L)		Cu (µg/L)		Cr ⁺⁶ (µg/L)		Ni (µg/L)		Pb (µg/L)		Zn (µg/L)		Fe (µg/L)	
		2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1
Guajira Alta	Bahía Hondita	<0,2	<0,2	<1	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	<10	<10	11,4	11,3
	P. Cabo de la Vela	7,73	<0,2	1,01	<1	<5	<5	4,47	<2,5	<2	<2	<10	<10	18,4	<10
	Cabo de la Vela	0,51	<0,2	<1	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	2,36	<2	<10	<10	12	10,9
	Manauere - Salina	1,27	<0,2	<1	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	<10	<10	4,92	<10
Riohacha	F. Ranchería	<0,2	<0,2	1,46	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	13,4	<10	18,2	10,3
	R. Ranchería	<0,2	<0,2	2,15	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	11	<10	29	10,8
	P. Riohacha	<0,2	<0,2	<1	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	<10	<10	10,9	26
	Muelle Riohacha	<0,2	<0,2	<1	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	<10	<10	21,7	10,5
	Vertimiento Riohacha	<0,2	<0,2	<1	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	<10	<10	18	19,3
Guajira Baja	F. Manauere	1,44	<0,2	<1	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	<10	<10	6,19	13,9
	F. Camarones	<0,2	<0,2	1,06	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	<10	<10	12	12,1
	P. Camarones	1,25	<0,2	2,32	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	<10	<10	<10	17,6
	F. Jerez	0,96	<0,2	<1	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	<10	<10	<10	13,7
	F. Cañas	0,97	0,26	<1	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	<10	<10	12,8	<10
	Termoguajira	0,74	0,25	3,2	1,5	<5	<5	4,85	<2,5	<2	<2	<10	<10	11,2	12,1
	F. Palomino	1,12	0,38	<1	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	<10	<10	11,5	10,2
	R. Palomino	<0,2	<0,2	1,79	<1	<5	<5	23,3	<2,5	<2	<2	<10	<10	54,5	16,5
	R. Jerez	<0,2	<0,2	<1	<1	<5	<5	2,63	<2,5	<2	<2	<10	<10	54,5	15,7
	R. Cañas	<0,2	<0,2	<1	<1	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	<10	<10	59	20
	R. Tapia	NM	<0,2	NM	<1	NM	<5	NM	<2,5	NM	<2	NM	<10	NM	11,9
Puerto Brisa	0,91	0,35	<1	2,8	<5	<5	<2,5	<2,5	<2	<2	<10	<10	<10	13,9	
Ref. efectos crónicos agua marina		8,8		1,3		50		8,2		8,1		81		50	
Ref. efectos agudo agua marina		40		4,8		1100		74		210		90		350	
Ref. efectos crónicos agua dulce		0,25		9		11		52		2,5		120		1000	
Ref. efectos agudo agua dulce		2		13		16		470		65		120		-	

5.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

Para evaluar la calidad del sedimento en las estaciones bahía Hondita, río Ranchería, río Tapia, vertimiento Riohacha y Puerto Brisa, se analizaron los contenidos de materia orgánica, las concentraciones de hidrocarburos del petróleo equivalente de criseno, hidrocarburos aromáticos policíclicos y los metales pesados.

En el segundo semestre de 2018, el contenido de materia orgánica oxidable no se midió. En el primer semestre de 2019 se registraron valores de 79,6 mg/g en la estación Bahía Hondita, 31,7 mg/g en la estación río Ranchería, 5,8 mg/g en Puerto Brisa y <0,40 mg/g en el río Tapia.

La concentración de hidrocarburos del petróleo equivalente de criseno se determinó en las estaciones Bahía Hondita, vertimiento Riohacha y Puerto Brisa. En el muestreo del segundo semestre de 2018, se registraron concentraciones de 0,61 µg/g, 0,55 µg/g y 8,06 µg/g, respectivamente. Estos valores indican que no hay contaminación en los sedimentos de estas estaciones, al estar por debajo de la referencia de 15 µg/g sugeridos por [Massoud et al. \(1998\)](#) para sedimentos no contaminados.

En el muestreo del primer semestre de 2019 se analizaron 16 hidrocarburos aromáticos policíclicos en el sedimento de las estaciones Bahía Hondita, río Ranchería, río Tapia y Puerto Brisa. Solamente en la estación río Ranchería se cuantificaron los compuestos de Antraceno, Benzo (g,h,i) Perilene, Benzo(b) Fluoranteno, Fenantreno y Fluoranteno, cuyos valores estuvieron por debajo de los valores de referencia para efectos umbral y probable (Tabla 5.7).

Tabla 5.7. Concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en sedimento de algunas estaciones REDCAM en La Guajira en el muestreo del primer semestre de 2019. Los valores de referencia de efecto umbral (TEL) y probables (PEL) se tomaron de [Buchman \(2008\)](#). No detectados (ND), Sin referencia (-).

HAP	Estaciones				Referencia TEL	Referencia PEL
	Bahía Hondita	R. Ranchería	R. Tapia	Puerto Brisa		
Acenafteno (ng/g)	ND	ND	ND	ND	6,7	88,9
Acenaftileno (ng/g)	ND	ND	ND	ND	5,9	128
Antraceno (ng/g)	ND	10,6	ND	<6,00	46,8	245
Benzo (g,h,i) Perilene (ng/g)	ND	6,8	ND	ND	-	-
Benzo(a) Antraceno (ng/g)	ND	<6,00	ND	<6,00	74,8	693
Benzo(a) Pireno (ng/g)	ND	ND	ND	ND	88,8	763
Benzo(b) Fluoranteno (ng/g)	ND	6,65	ND	ND	-	-
Benzo(k) Fluoranteno (ng/g)	ND	ND	ND	ND	-	-
Criseno (ng/g)	ND	ND	ND	ND	108	846
Dibenzo (a,h) Antraceno (ng/g)	ND	ND	ND	ND	6,2	135
Fenantreno (ng/g)	ND	18,9	ND	<6,00	86,7	544
Fluoranteno (ng/g)	ND	15,2	ND	ND	113	1494
Fluoreno (ng/g)	ND	ND	ND	ND	21,2	144
Indeno (1,2,3-Cd) Pireno (ng/g)	ND	ND	ND	ND	-	-
Naftaleno (ng/g)	ND	ND	ND	ND	34,6	391
Pireno (ng/g)	ND	ND	ND	ND	153	1398

Los metales Cu, Cr y Zn fueron cuantificados en las estaciones bahía Hondita, río Ranchería, río Tapia y Puerto Brisa, en los muestreos realizados en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019 (Tabla 5.8). En los dos muestreos, las concentraciones de Cd, Pb y Ni en el en todas las estaciones evaluadas, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM (Tabla 5.8). En el río Ranchería, las concentraciones de Cu estuvieron por encima del valor de referencia de efectos umbral (TEL), por encima del cual se pueden

presentar efectos adversos en los organismos acuáticos de ambientes marino (Buchman, 2008) y las concentraciones de Cr estuvieron por encima del valor de efectos probables (PEL, Buchman, 2008), mientras que el Cu, Cr y Zn cuantificados en las estaciones marinas evaluadas no superaron el valor TEL (Tabla 5.8).

Tabla 5.8. Metales pesados totales (en peso seco) en los sedimentos de dos estaciones REDCAM en La Guajira. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de Buchman (2008). Sin referencia (-). No medido (NM).

Estación	Cd (µg/g)		Cu (µg/g)		Cr (µg/g)		Ni (µg/g)		Pb (µg/g)		Zn (µg/g)	
	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1
Bahía Hondita	<12,5	<12,5	7,44	9,11	43,6	40,1	<75,0	<75,0	<15,0	<15,0	81,9	58,3
R. Ranchería	NM	<12,5	NM	49,1	NM	91,5	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	112
Vertimiento Riohacha	<12,5	NM	<5,00	NM	<25,0	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	<10,0	NM
R. Tapia	NM	<12,5	NM	7,94	NM	<25,0	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	29,2
Puerto Brisa	<12,5	<12,5	8,29	7,32	45,1	30,9	<75,0	<75,0	<15,0	<15,0	35,1	25,7
Referencia TEL dulce	0,6		35,7		37,3		18		35		123	
Referencia PEL dulce	3,53		197		90		36		91,3		315	
Referencia TEL marino	0,68		18,7		52,3		15,9		30,2		124	
Referencia PEL marino	4,21		108		160		42,8		112		271	

5.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El cálculo del ICAM_{PFF} mostró que la calidad del agua marina costera para la preservación de flora y fauna es adecuada y óptima en la mayoría (80-85%) de las estaciones REDCAM del departamento de La Guajira, mejorándose la calidad del agua en el primer semestre de 2019 con respecto al segundo semestre de 2018.
- ❖ Las playas turísticas de Riohacha y Cabo de la Vela, tuvieron condiciones microbiológicas inadecuadas para su uso recreativo al presentar concentraciones de CTT y CTE por encima de la normatividad colombiana, por otra parte, las playas Manaure, Mayapo, Camarones y Dibulla se caracterizaron por la calidad microbiológica adecuada para el uso recreativo.
- ❖ En los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, no se evidenció contaminación de las aguas marinas y costeras por residuos de plaguicidas organoclorados, ni organofosforados.
- ❖ Los hidrocarburos disueltos y dispersos no indican alta contaminación en el agua de la mayoría de las estaciones, excepto en la estación Puerto Brisa donde la concentración determinada indica contaminación baja al encontrarse en el rango de referencia para aguas costeras. En los sedimentos del río Ranchería colectados en el primer semestre de 2019 hay presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos, en concentraciones que no representan riesgo ya que no superan las referencias internacionales para efectos adversos en organismos acuáticos.
- ❖ En las estaciones frente del río Ranchería, playa Camarones y Termoguajira, las concentraciones de cobre disuelto en el agua superficial en el segundo muestreo de 2018, superaron los valores de referencia internacionales para efectos crónicos en la biota acuática. En el sedimento del río Ranchería, las concentraciones de Cu y Ni superaron el valor de referencia para efecto umbral y probable en organismos de los bentos.

MAGDALENA

Por: Ostin Garcés-Ordóñez



Playa Buritaca. Foto: Ostin Garcés.

EQUIPO TÉCNICO CORPAMAG

Alfredo Martínez – Subdirector de Gestión Ambiental
Jorge Torregroza – Profesional Especializado
Rosa Pertuz – Ingeniera Ambiental y Sanitaria. Contratista
Clara Bornachera – Ingeniera Ambiental y Sanitaria. Contratista

6. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

El diagnóstico de la calidad de las aguas marino costeras del departamento de Magdalena se realizó con base en la información colectada en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019 en los 46 estaciones de muestreo distribuidas en cinco zonas: Buritaca, Parque Tayrona, Santa Marta, Costa Sur y Ciénaga Grande de Santa Marta –CGSM (Figura 6.1).

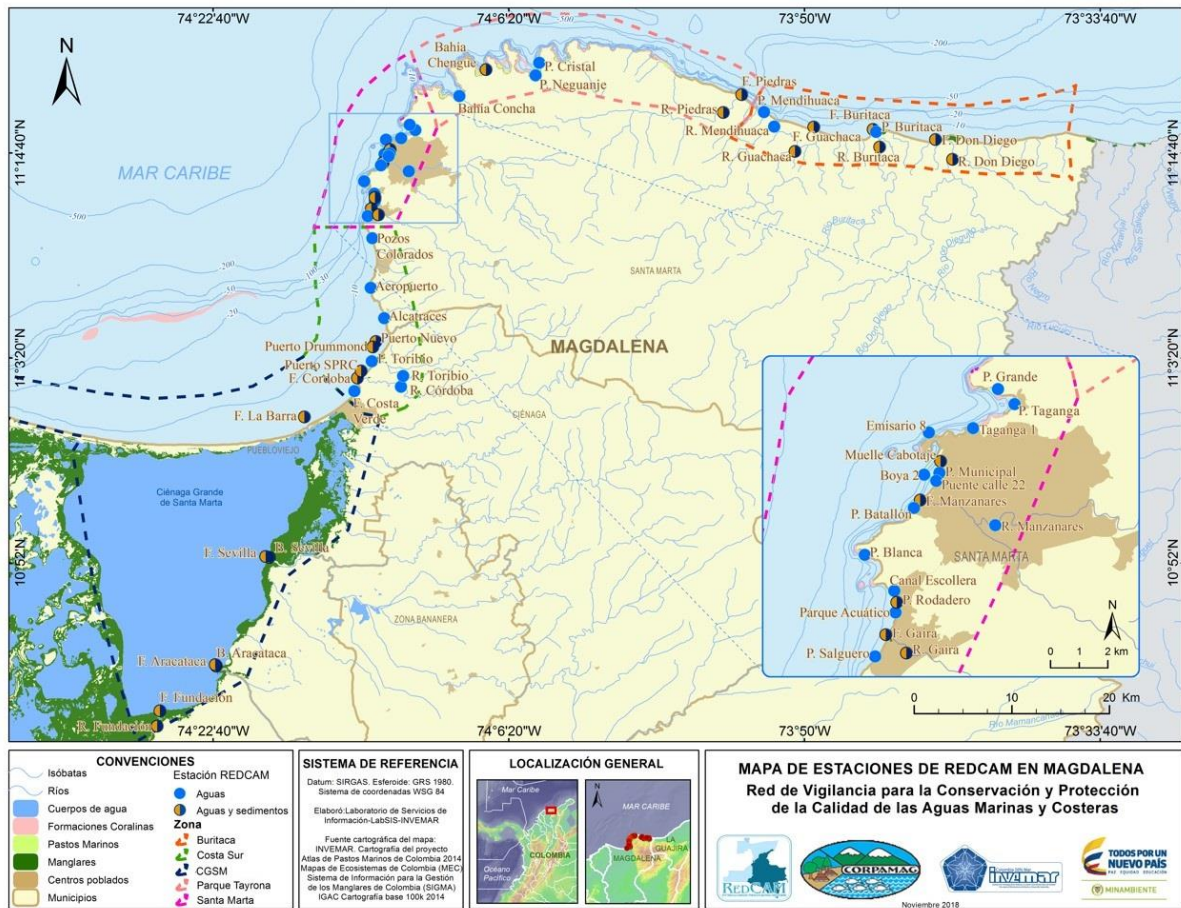


Figura 6.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento del Magdalena. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolor (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan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

La zona **Buritaca** comprende la cuenca baja de los ríos Don Diego, Buritaca, Guachaca y Mendihuaca que descienden de la Sierra Nevada de Santa Marta, 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 6.1). La zona **Parque Tayrona** es un área natural protegida, caracterizada por la presencia de playas en las que se realizan actividades de turismo. En esta zona hay seis estaciones de agua superficial y dos de sedimentos (Figura 6.1). La zona **Santa Marta** es la más influenciada por actividades antrópicas, comprende las áreas urbanas de la ciudad, con un puerto marítimo multipropósito y actividades comerciales y

turísticas tradicionales intensiva. 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. En esta zona hay 18 estaciones de muestreo de agua superficial y cinco estaciones de sedimentos (Figura 6.1). La 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. En esta zona hay 11 estaciones de muestreo de agua superficial y cuatro de sedimentos (Figura 6.1). Y la zona **CGSM** que corresponde a la estación frente a la Boca de La Barra que se ubica en la zona de conexión del mar Caribe con la CGSM. Esta estación se tomó muestras de agua superficial y sedimentos para el análisis de contaminantes (Figura 6.1). El diagnóstico de la CGSM se publica como un informe aparte al de la REDCAM, el cual pueden consultar en el enlace <http://www.invemar.org.co/inf-cgsm>.

Los muestreos de la calidad del agua superficial marina y costera en las estaciones REDCAM del departamento fueron realizados por INVEMAR y CORPAMAG. En el segundo semestre de 2018, en los días 27 y 28 de agosto; en el primer semestre de 2019, en los días 27 y 28 de mayo. En las 46 estaciones REDCAM se midieron variables fisicoquímicas, microbiológicas, contaminantes orgánicos (hidrocarburos, plaguicidas organoclorados y organofosforados) y metales disueltos (cadmio, zinc, cobre, níquel, plomo y cromo VI) (Figura 6.2). En las estaciones Puerto 1 Drummond, Puerto 2 SPRC, Puerto 3 Nuevo, frente al río Gaira, frente al río Manzanares y Muelle Cabotaje se colectaron muestras de sedimentos superficiales.

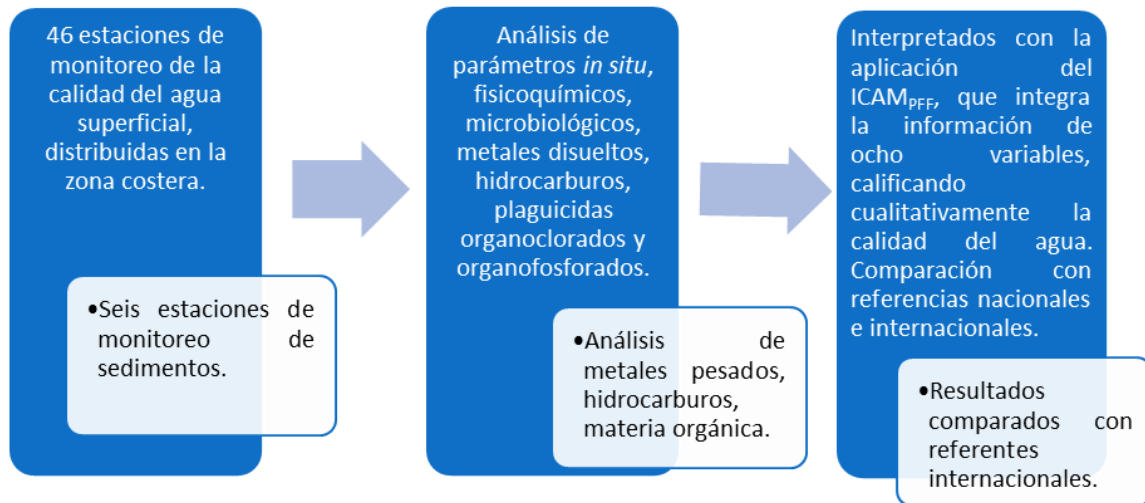


Figura 6.2. Resumen del monitoreo REDCAM en el departamento del Magdalena, realizado en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019.

6.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En el departamento de Magdalena se han identificado las fuentes de contaminación que se describen en la Tabla 6.1, las cuales se distribuyen a lo largo de toda la zona costera (Figura 6.3), donde se destacan por su importancia e impactos, los vertimientos directos de aguas residuales, el inadecuado manejo de los residuos sólidos, los residuos de las actividades mineras, agrícolas, pecuarias, portuarias, industriales y de turismo tradicional (Vivas-Aguas *et al.*,

2014b). Adicionalmente, los ríos Don Diego, Guachaca, Piedras, Buritaca, Mendiaguaca, Manzanares, Gaira, Toribio, Córdoba, Fundación, Aracataca, Sevillano y Magdalena que circulan por áreas agrícolas y desembocan en el mar Caribe y en la CGSM, contribuyen con sedimentos y carga de contaminantes desde el continente (Vivas-Aguas *et al.*, 2014b).

Tabla 6.1. Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en el departamento de Magdalena.

Actividad / Fuente Contaminante	Contaminantes	Receptor	
Minería	Explotación y extracción de minerales metálicos (plata y oro) y no metálicos (mármol, materiales de construcción: arena, arcilla, grava, caliza, yeso, manganeso, feldespato y demás minerales; sal terrestre, roca coralina) - municipios de Santa Marta y Ciénaga	Sólidos suspendidos disueltos, hidrocarburos de petróleo y sus derivados, metales pesados, compuestos tóxicos orgánicos.	Mar Caribe
Actividades agrícolas y pecuarias	Cultivos de maíz, yuca, palma africana, Cacao, Café, Banano, cítrico, Coco, Guayaba, Lulo, Mango, Maracuyá, Papaya, Patilla, Plátano, Tomate de árbol, Ahuyama, Ají, Berenjena, Col, Melón, Tomate, frijol, Ñame, algodón y cilantro.	Plaguicidas, fertilizantes, agroquímicos, desechos de animales, microorganismos de origen fecal.	Ciénaga Grande de Santa Marta, ríos del departamento, bahía de Santa Marta y mar Caribe.
Actividad marítima y portuaria	Transporte terrestre en el corredor Ciénaga – Santa Marta de carbón e hidrocarburos y transporte marítimo (manejo, cargue de carbón e hidrocarburos).	Aguas de lastre y de sentinas, residuos de carbón, residuos oleosos e hidrocarburos.	Mar Caribe.
Residuos municipales	Vertimientos de agua residuales domésticas sin tratamiento (emisario submarino en santa Marta, laguna de oxidación de Ciénaga, cuerpos de agua naturales, poblaciones palafíticas).	Materia orgánica, microorganismos, sólidos en suspensión, grasas y aceites, hidrocarburos, metales pesados, nutrientes, plásticos y microplásticos, lixiviados.	Mar Caribe, ríos Manzanares, Gaira, Guachaca, Buritaca, Ciénaga Grande de Santa Marta.
	Residuo sólidos (ordinarios y peligrosos), botaderos a cielo abierto, rellenos sanitario Palangana y La María		
	Matadero de vacunos y aves en Santa Marta.	Materia orgánica, microorganismos, sólidos en suspensión, grasas y aceites.	Río Manzanares y mar Caribe
	Estaciones de servicios y talleres automotriz	Aceites, grasas, petróleo y sus derivados y sedimentos.	Río Manzanares, bahía de Santa Marta.
Otras actividades económicas	Turismo (hoteles, restaurantes, Actividades recreativas y de líneas de costa).	Residuos sólidos, materia orgánica, sedimentos, microorganismos, disolventes (PCB), sólidos en suspensión, lodos de depuradoras, grasas y aceites, hidrocarburos, agroquímicos, metales pesados, detergentes y plásticos.	Ríos Manzanares, Gaira, Córdoba, Toribio, Buritaca, Don Diego, Guachaca, Piedras y Mendiaguaca, sistema lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, mar Caribe
	Industria (Alimentos, fabricación de minerales no metálicos, lubricantes y derivados de petróleo, maderas y construcción, agrícola, químicos, portuarias)		
	Servicios (estaciones de servicio, mantenimiento de automotores, explotación de minas y canteras, suministro de electricidad, telecomunicaciones, transporte, químicos, agrícola).		
	Comerciales (Turismo, Alimentos y bebidas, mantenimiento de automotores, suministro de electricidad, salud, portuarios, químicos, agrícola).		

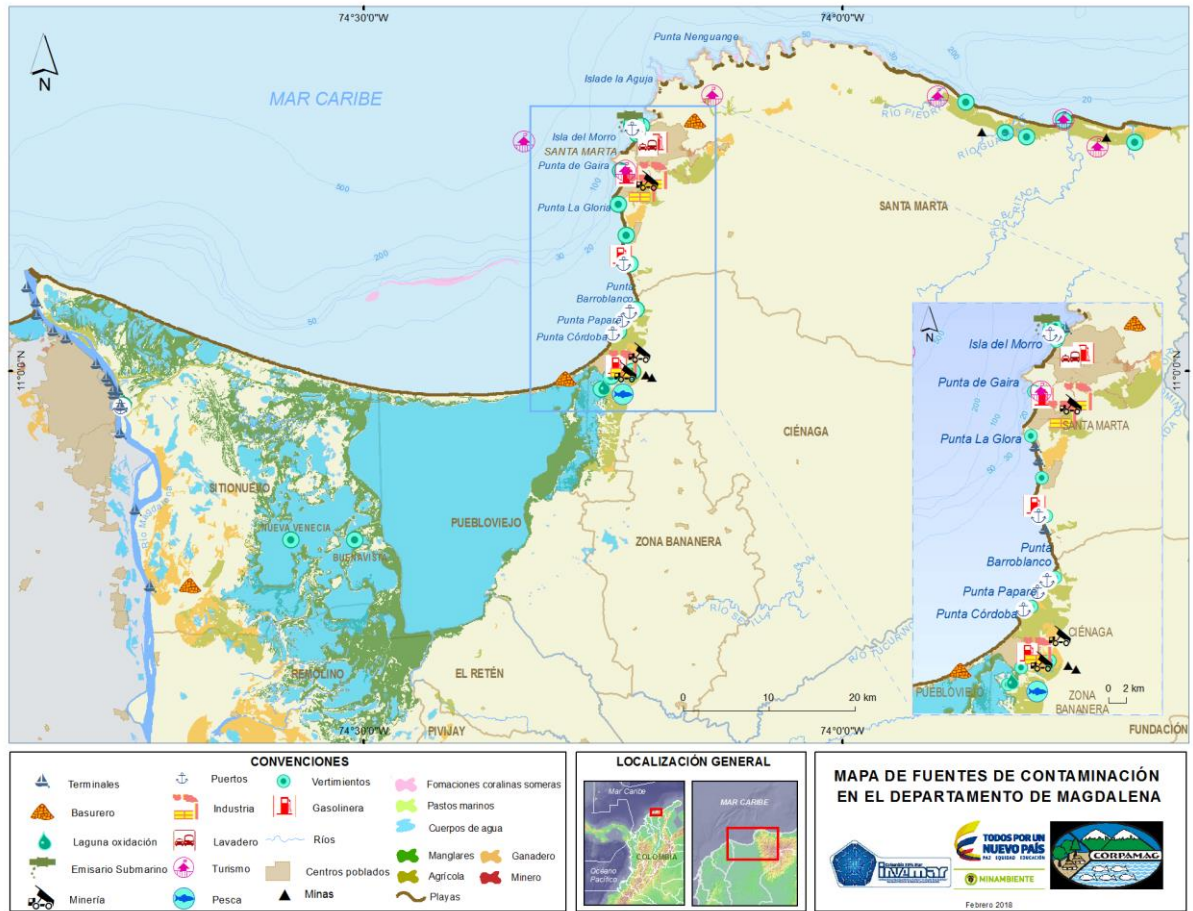


Figura 6.3. Mapa de la distribución de ecosistemas marino-costeros, centros poblados, actividades antropogénicas y fuentes terrestres y marinas de contaminación en el departamento del Magdalena, Caribe colombiano.

6.2 CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS

La calidad de las aguas marino costeras del departamento de Magdalena se evaluó aplicando el Índice de Calidad de Aguas para Preservación de flora y fauna -ICAM_{PPF} (Vivas-Aguas *et al.*, 2014a). Los resultados de las variables usadas para estimar el ICAM_{PPF} se resumen en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Resultados de las variables de calidad de agua usadas en el ICAM_{PF} en las estaciones de monitoreo del departamento de Magdalena en los muestreos realizados en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019; excepto las estaciones indicadas con (**). Oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes Termotolerantes (CTE), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD). No medido (NM).

ZONA	ESTACIÓN	Segundo semestre de 2018									Primer semestre de 2019								
		Sal	pH	OD	SST	DBO ₅	Nitratos	Fosfatos	HPDD	CTE (NMP/100 mL)	Sal	pH	OD	DBO ₅	SST	Nitratos	Fosfatos	HPDD	CTE (NMP/100 mL)
				mg/L									µg/L		mg/L				
Buritaca	F. Don Diego	35,6	8	6,4	20	NM	14,4	3,68	0,82	NM	25	8	7,1	NM	17	19,3	3,12	NM	NM
	F. Guachaca	34,2	8	6,7	28	NM	23,5	12,5	0,52	NM	31	8	6,8	NM	15	46,9	12,4	NM	NM
	P. Buritaca	36,3	8	6,9	63	NM	4,85	<2,00	0,075	27	36	8	7,5	<4,23	54	4,26	<2,00	0,077	21
	P. Mendihuaca	36,7	8	6,7	22	<4,23	11,9	<2,00	0,32	4,5	36	8	6,7	<4,23	12	<2,10	<2,00	<0,075	22
	R. Buritaca**	0	7	7,5	18	NM	192	38,7	0,16	4.500	0	7	7,7	<4,23	12	210	43,9	NM	17.000
	R. Don Diego**	0	7	6,8	38	NM	146	33,9	<0,075	4.900	0	7	8,1	NM	31	217	30	NM	7.900
	R. Guachaca**	0	8	8	11	NM	138	56,5	0,17	2.000	0	7	7,9	<4,23	15	257	64,5	NM	14.000
R. Mendihuaca**	0	8	6,8	4,1	NM	2,94	12,2	NM	NM	0	7	8	NM	7,2	119	17	NM	22.000	
Parque Tayrona	Bahía Chengue	37	8	8,7	19	<4,23	3,21	<2,00	0,21	2	36	8	6,1	NM	6,6	4,25	<2,00	NM	9,3
	Bahía Concha	36,6	8	6,5	16	<4,23	3,26	<2,00	1,4	<1,8	36	8	6,4	<4,23	13	7,51	<2,00	0,38	2
	F. Piedras	32,9	8	6,4	17	NM	8,23	8,78	2,43	9,3	36	8	6,5	NM	13	4,68	<2,00	NM	NM
	P. Cristal	36,7	8	6,7	18	<4,23	4,29	<2,00	0,25	<1,8	36	8	6,5	<4,23	13	10	<2,00	0,28	49
	P. Neguanje	36,8	8	6,6	17	<4,23	4,81	<2,00	0,38	<1,8	36	8	6,4	NM	12	4,07	<2,00	NM	2
	R. Piedras**	0	8	6,3	3,5	NM	40,3	63	0,15	2.000	0	7	7,8	<4,23	9,7	252	64,5	NM	4.500
Santa Marta	Boya 2	36,3	9	6,4	13	<4,23	<2,10	<2,00	1,17	1,8	36	8	6,5	NM	14	7,14	<2,00	<0,075	NM
	Cabotaje (calle 10)	36,4	9	7,9	16	<4,23	<2,10	<2,00	NM	<1,8	36	8	5,3	<4,23	16	5,3	4,38	0,59	4.900
	Canal Escollera	35,7	8	6,7	17	<4,23	15,4	4,71	0,094	49	36	8	5,3	NM	36	11	17,1	NM	24.000
	Emisario 8	36,4	9	6,5	11	<4,23	<2,10	<2,00	0,44	<1,8	36	8	6,4	<4,23	13	<2,10	2,08	<0,075	22
	F. Gaira	26,7	9	6,6	31	<4,23	2,94	2,43	0,52	79.000	22	8	6,5	NM	17	94,3	32,8	NM	NM
	F. Manzanares	36,4	9	6,8	20	<4,23	<2,10	<2,00	0,17	<1,8	34	8	6,6	NM	16	69,2	35,1	NM	NM
	P. Batallón	35,9	9	6,8	13	NM	6,56	<2,00	0,12	540	36	8	6,6	NM	13	<2,10	<2,00	<0,075	<1,8
	P. Blanca	35,8	9	6,6	18	<4,23	6,44	<2,00	<0,075	6,1	36	8	6,5	NM	16	2,14	<2,00	<0,075	23
	P. Grande	36,4	9	6,8	16	<4,23	3,77	<2,00	0,097	2	36	8	6,9	NM	17	31,5	2,03	0,21	79
	P. Municipal	36,3	9	7,6	16	<4,23	2,6	2,1	1,76	2	36	8	6,2	NM	16	<2,10	<2,00	NM	4
	P. Rodadero	34,5	9	6,4	26	<4,23	4,93	<2,00	0,21	330	36	8	6,3	NM	18	3,95	<2,00	<0,075	240
	P. Salguero	35,9	9	6,4	14	<4,23	<2,10	<2,00	0,46	6,1	36	9	5,9	NM	22	<2,10	2,99	NM	540
	P. Taganga	36,4	9	6,6	13	<4,23	10,2	<2,00	0,12	1,8	36	8	6,4	<4,23	15	102	2,47	0,1	7,8
	Parque Acuático	35,3	9	6,4	20	NM	2,78	<2,00	NM	330	36	8	6,3	NM	16	3,66	<2,00	NM	540
	Puente calle 22	36,3	9	6,7	24	<4,23	8,06	4,58	0,52	1,8	35	8	6,2	<4,23	33	46,2	46,9	NM	230
R. Gaira**	0	7	5,8	351		187	15,7	9,01	79.000	0	8	7,3	NM	166	423	49,3	NM	110.000	
R. Manzanares**	0	8	5,7	16	<4,23	3204	184	0,58	45.000	0	7	7,3	<4,23	52	435	192	NM	2.400.000	

ZONA	ESTACIÓN	Segundo semestre de 2018									Primer semestre de 2019								
		Sal	pH	OD	SST	DBO ₅	Nitratos	Fosfatos	HPDD	CTE (NMP/100 mL)	Sal	pH	OD	DBO ₅	SST	Nitratos	Fosfatos	HPDD	CTE (NMP/100 mL)
				mg/L		µg/L			mg/L				µg/L						
	Taganga 1	36,5	9	7,2	12	<4,23	3,76	<2,00	<0,075	<1,8	36	8	6,4	NM	12	3,28	<2,00	NM	<1,8
Costa Sur	Aeropuerto	35,3	9	6,2	19	NM	3,65	2,37	NM	<1,8	36	8	6	<4,23	19	<2,10	<2,00	NM	33
	Alcatraces	39,5	8	6,1	19	NM	<2,10	4,07	NM	<1,8	36	8	6	<4,23	40	<2,10	<2,00	NM	4,5
	F. Buritaca	36,9	8	6,4	9,6	NM	<2,10	3,06	0,47	NM	36	8	6,6	NM	21	2,76	<2,00	NM	NM
	F. Córdoba	34,2	8	5,3	30	NM	10,3	7,68	0,086	NM	34	8	6,1	NM	24	<2,10	8,09	NM	NM
	F. Costa Verde	35	8	5,2	39	NM	<2,10	4,67	<0,075	NM	35	8	5,7	NM	47	<2,10	3	NM	NM
	F. Toribio	31,9	8	5,3	57	NM	116	30,1	0,2	NM	24	8	6,1	NM	33	47	28,3	NM	NM
	Pozos Colorados	35,4	9	6,5	14	NM	2,32	<2,00	NM	<1,8	36	8	6,2	NM	24	<2,10	<2,00	NM	17
	Puerto 1 -Drummond	39,2	8	5,5	23	<4,23	9,8	3,3	<0,075	NM	36	8	6,3	NM	17	<2,10	<2,00	0,083	NM
	Puerto 2 -SPRC	34,9	8	5,5	30	<4,23	4,01	3,58	<0,075	NM	36	8	6,1	NM	25	<2,10	<2,00	0,1	NM
	Puerto 3 -Puerto Nuevo	35,2	8	5,6	26	<4,23	<2,10	4,41	0,39	NM	36	8	6,2	NM	20	<2,10	<2,00	<0,075	NM
	R. Córdoba**	0	8	6,6	17	NM	124	63,8	0,7	2.000	0	8	7,9	NM	26	284	135	NM	13.000
R. Toribio**	0	8	7,5	20	NM	156	36	0,16	4.000	0	7	8	NM	53	279	87,4	NM	350.000	
CGSM	F. La Barra	25,8	8	5,8	66	<4,23	<2,10	4,7	0,37	240	33	8	5,7	NM	23	<2,10	<2,00	0,075	NM

**Estaciones con características de aguas fluviales y en las que no se aplicó el ICAM_{PF}

El ICAM_{PFF} se aplicó a 36 estaciones que cumplían con el tipo de agua marina-estuarina y con el número de mínimo de variables requeridas. El ICAM_{PFF} en el muestreo del segundo semestre de 2018 mostro que la calidad del agua en el 75% de las estaciones fue adecuada, en el 19% óptima y en el 6% inadecuada (Figura 6.4).

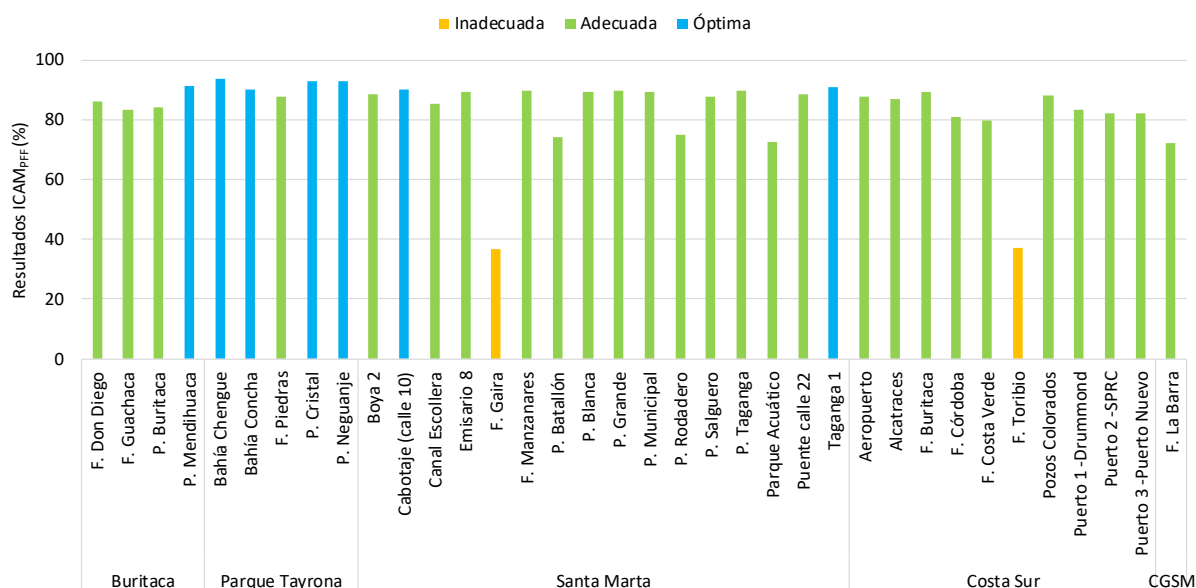


Figura 6.4. Calidad del agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costera del departamento de Magdalena, en el muestreo del segundo semestre de 2018.

La calidad inadecuada del agua en la estación frente del río Gaira se debió a la alta concentración de sólidos suspendidos totales y Coliformes Termotolerantes, mayor al criterio de calidad (<200 NMP/100 mL; [MinAmbiente, 2015](#)) (Tabla 6.3), ya que este río es receptor de las aguas residuales de las viviendas del barrio Gaira que se ubican en la cuenca baja del río. En la estación frente del río Toribio, la calidad del agua se vio afectada por la alta concentración de sólidos suspendidos totales y nutrientes inorgánicos disueltos.

Tabla 6.3. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PPF} calculado en las estaciones REDCAM del departamento de Magdalena, en el muestreo realizado el segundo semestre de 2018. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación	Calificación de los subíndices						
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	HPDD	CTE
Buritaca	F. Don Diego	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	NM
	F. Guachaca	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	NM
	P. Buritaca	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada
	P. Mendihuaca	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
Parque Tayrona	Bahía Chengue	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima
	Bahía Concha	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima
	F. Piedras	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima
	P. Cristal	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Neguanje	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima
Santa Marta	Boya 2	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima
	Cabotaje (calle 10)	Aceptable	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	NM	Óptima
	Canal Escollera	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Adecuada
	Emisario 8	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	F. Gaira	Aceptable	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Óptima	Pésima
	F. Manzanares	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Batallón	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Inadecuada
	P. Blanca	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Grande	Aceptable	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Municipal	Aceptable	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima
	P. Rodadero	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Inadecuada
	P. Salguero	Aceptable	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Taganga	Aceptable	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima
	Parque Acuático	Aceptable	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	Inadecuada
	Puente calle 22	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima
	Taganga 1	Aceptable	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima	Óptima
Costa Sur	Aeropuerto	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	NM	Óptima
	Alcatraces	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	Óptima
	F. Buritaca	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	NM
	F. Córdoba	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima	Aceptable	Óptima	NM
	F. Costa Verde	Adecuada	Óptima	Aceptable	Adecuada	Aceptable	Óptima	NM
	F. Toribio	Adecuada	Aceptable	Aceptable	Pésima	Aceptable	Óptima	NM
	Pozos Colorados	Aceptable	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	Óptima
	Puerto 1 -Drummond	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima	NM
	Puerto 2 -SPRC	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima	NM
	Puerto 3 -Puerto Nuevo	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	NM
CGSM	F. La Barra	Adecuada	Óptima	Inadecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable

En el muestreo del primer semestre de 2019, el número de estaciones con aguas de calidad adecuada bajó (56%) y aumentó la proporción de estaciones con calidad óptima (22%), calidad aceptable (14%) e inadecuada (8%) (Figura 6.5).

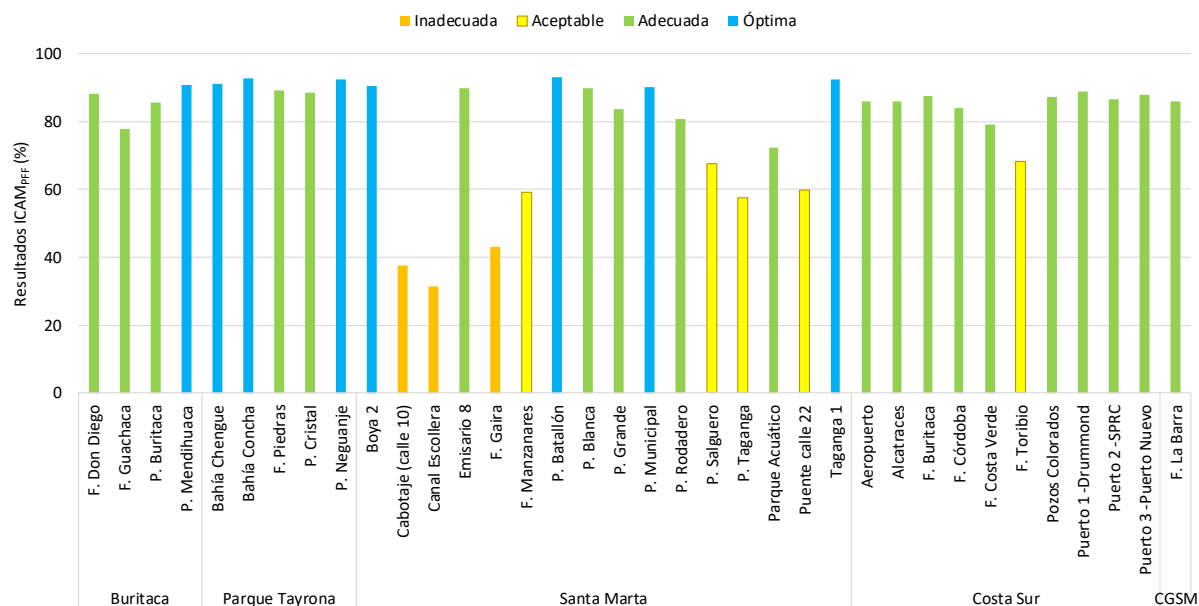


Figura 6.5. Calidad del agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costera del departamento del Magdalena, en el muestreo del primer semestre de 2019.

La calidad inadecuada se presentó en las estaciones Cabotaje (calle 10) ubicada en la bahía de Santa Marta, Canal de la escollera situada en la playa de El Rodadero y frente del río Gaira que desemboca en el sector de playa Salguero. En estas estaciones se registraron elevadas concentraciones Coliformes Termotolerantes, nitratos y sólidos suspendidos totales, además de niveles aceptables de oxígeno disuelto (Tabla 6.4).

Tabla 6.4. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PFF} calculado en las estaciones REDCAM en el departamento de Magdalena, en el muestreo realizado el primer semestre de 2019. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación	Calificación de los subíndices						
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	HPDD	CTE
Buritaca	F. Don Diego	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	NM	NM
	F. Guachaca	Óptima	Adecuada	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	NM	NM
	P. Buritaca	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima	Óptima	Óptima	Óptima
	P. Mendihuaca	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
Parque Tayrona	Bahía Chengue	Óptima	Óptima	Óptima	Óptima	Adecuada	NM	Óptima
	Bahía Concha	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima
	F. Piedras	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	NM	NM
	P. Cristal	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada
	P. Neguanje	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	NM	Óptima
Santa Marta	Boya 2	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	NM
	Cabotaje (calle 10)	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima	Pésima
	Canal Escollera	Óptima	Adecuada	Aceptable	Óptima	Aceptable	NM	Pésima
	Emisario 8	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	F. Gaira	Óptima	Aceptable	Adecuada	Pésima	Adecuada	NM	NM
	F. Manzanares	Óptima	Aceptable	Adecuada	Pésima	Adecuada	NM	NM
	P. Batallón	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Blanca	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
P. Grande	Óptima	Óptima	Adecuada	Aceptable	Adecuada	Óptima	Aceptable	

Zona	Estación	Calificación de los subíndices						
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	HPDD	CTE
	P. Municipal	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	Óptima
	P. Rodadero	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Aceptable
	P. Salguero	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	Inadecuada
	P. Taganga	Óptima	Óptima	Adecuada	Pésima	Adecuada	Óptima	Óptima
	Parque Acuático	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	NM	Inadecuada
	Puente calle 22	Óptima	Inadecuada	Aceptable	Inadecuada	Adecuada	NM	Aceptable
	Taganga 1	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	NM	Óptima
Costa Sur	Aeropuerto	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	Aceptable
	Alcatraces	Óptima	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	NM	Óptima
	F. Buritaca	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	NM
	F. Córdoba	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	NM
	F. Costa Verde	Óptima	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	NM	NM
	F. Toribio	Óptima	Aceptable	Aceptable	Inadecuada	Adecuada	NM	NM
	Pozos Colorados	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	Óptima
	Puerto 1 -Drummond	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	NM
	Puerto 2 -SPRC	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	NM
Puerto 3 -Puerto Nuevo	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	NM	
CGSM	F. La Barra	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	NM

Por otra parte, se analizó la calidad microbiológica del agua en las playas turísticas del Magdalena, teniendo en cuenta las concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Coliformes Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE). Las concentraciones de CTT oscilaron entre <1,8 y 920 MNP/100 mL en el segundo muestreo de 2018 y entre 2 y 540 NMP/100 mL en el muestreo del primer semestre de 2019 (Tabla 6.5). En estos muestreos todas las playas tuvieron concentraciones de CTT adecuadas para el uso recreativo por contacto primario, según el Decreto 1076 de 2015(<1.000 NMP/100 mL; [MinAmbiente, 2015](#)).

Las concentraciones de CTE oscilaron entre <1,8 y 540 NMP/100 mL en el segundo semestre de 2018 y entre 2 y 540 MNP/100 mL (Tabla 6.5). En las playas Rodadero, Parque Acuático, Salguero y Batallón, se registraron concentraciones por encima del criterio de calidad aceptable para el uso recreativo del agua por contacto primario (200 NMP/100 mL; [MinAmbiente, 2015](#)). En las demás playas evaluadas, la calidad microbiológica del agua fue adecuada para el uso de los bañistas.

Las concentraciones de EFE oscilaron entre <1 y 112 UFC/100 mL (Tabla 6.5), registrándose las mayores valores en la playa Rodadero en el segundo semestre de 2018 (Tabla 6.5). Según la referencia de los riesgos de enfermedades a los bañistas de la Organización Mundial de la Salud ([OMS, 2003](#)), la concentración de EFE registrada en la playa Rodadero representa un riesgo de enfermedades gastrointestinales (EGI) y respiratoria febril aguda (ERFA) de 1 a 5% y de 0,3 a 1,9%, respectivamente, al estar en el rango entre 41 y 200 UFC/100 mL (Tabla 6.5).

Tabla 6.5. Concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE) en el agua superficial de las estaciones en playas turísticas del departamento del Magdalena. Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y secundario se tomaron del Decreto 1076 de 2015 (MinAmbiente, 2015) y valores de referencia de EFE para riesgos de enfermedades para los bañistas según OMS (2003). No medido (NM). Sin referencia (-).

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)		CTE (NMP/100 mL)		EFE (UFC/100mL)	
		Segundo Semestre 2018	Primer semestre 2019	Segundo Semestre 2018	Primer semestre 2019	Segundo Semestre 2018	Primer semestre 2019
Buritaca	P. Buritaca	27	21	40	39	3	102
	P. Mendiaguaca	4,5	22	33	27	1	3
Parque Tayrona	Bahía Concha	<1,8	2	6,8	2	<1,0	<1,0
	P. Cristal	<1,8	49	<1,8	79	<1,0	10
	P. Neguanje	<1,8	2	<1,8	2	<1,0	5
Santa Marta	P. Batallón	540	<1,8	920	4,5	10	5
	P. Blanca	6,1	23	170	23	NM	4
	P. Grande	2	79	11	140	5	8
	P. Municipal	2	4	13	6,8	4	31
	P. Rodadero	330	240	790	240	112	26
	P. Salguero	6,1	540	34	540	15	66
	P. Taganga	1,8	7,8	3,7	9,3	7	14
Costa Sur	Parque Acuático	330	540	490	540	NM	NM
	Aeropuerto	<1,8	33	6,1	49	NM	3
	Alcatraces	<1,8	4,5	4,5	17	NM	NM
	Pozos Colorados	<1,8	17	1,8	70	NM	15
LP C. primario		1.000		200		*OMS (2003)	
LP C. secundario		5.000		-			
*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.					

Otras variables medidas en aguas superficiales de las estaciones REDCAM en el Magdalena y que no hacen parte del ICAM_{PF}, son los plaguicidas, y los metales pesados disueltos, plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), zinc (Zn) y níquel (Ni) y cromo VI (Cr⁺⁶).

En cuanto a los plaguicidas, se analizaron 45 compuestos de organoclorados y organofosforados en 12 estaciones de monitoreo, ubicados en los ríos Buritaca, Don Diego, Guachaca, Piedras, Gaira, Manzanares, Córdoba y Toribio, en la Bahía Chengue, Emisario 8, Puente calle 22 y frente de La Barra. Los 45 compuestos analizados estuvieron por debajo del límite de detección del método usado en el LABCAM del INVEMAR.

Las concentraciones de Cd oscilaron entre <0,20 y 0,34 µg/L, ninguno de los valores de Cd cuantificados superaron el valor de referencia para efectos crónicos en organismos marinos y dulceacuícolas propuesto por la NOAA (Buchman, 2008) (Tabla 6.6).

Las concentraciones de Cu en las estaciones río Don Diego y frente del río Buritaca en el primer semestre de 2019, estuvieron por encima de los valores de referencia para efectos crónicos y agudos en organismos dulceacuícolas y marinos, respectivamente (Tabla 6.6).

Las concentraciones de Cr⁺⁶ y Ni en los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, estuvieron por debajo de los límites de cuantificación del método utilizado en el LABCAM (<5 µg Cr/L – 2,5 µg Ni/L) y por debajo de la referencia de efectos crónicos y agudos (Tabla 6.6).

Las concentraciones de Pb en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM (<2,0 µg Pb/L), con excepción de la estación río Don Diego donde se registró una concentración de 3,83 µg Pb/L, valor que superó la referencia para efectos crónicos en agua dulce. En todas las estaciones las concentraciones de Pb estuvieron por debajo de los valores de referencia para efectos crónicos (8,1 µg Pb/L) y agudos (210 µg Pb/L) en organismos de agua marina y dulce (Tabla 6.6).

Las concentraciones de Zn oscilaron entre <10 µg Zn/L y 26,3 µg Zn/L, en ninguna de las estaciones el Zn superó las referencias para efectos agudos y crónicos en organismos marinos y dulceacuícolas (Tabla 6.6).

Las concentraciones de Fe oscilaron entre <10 y 41,5 µg Fe/L, en ninguna de las estaciones los valores de Fe superaron las referencias para efectos crónicos y agudos en organismos de agua marina y dulce (Tabla 6.6).

Tabla 6.6. Concentraciones de metales pesados disueltos en el agua superficial de las estaciones REDCAM en el departamento del Magdalena, en los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019. Valores con el símbolo (<) indica el límite de detección del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR. Los valores de referencia para efectos crónicos (color amarillo) y agudos (color naranja) fueron tomados de Buchman (2008). No medido (NM). Sin referencia (-).

Zona	Estación	Cd (µg/L)		Cu (µg/L)		Cr ^{VI} (µg/L)		Ni (µg/L)		Pb (µg/L)		Zn (µg/L)		Fe (µg/L)	
		2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1
Buritaca	F. Don Diego	<0,20	0,26	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	F. Guachaca	<0,20	<0,20	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	2,5	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	<10,0	<10,0	16,4
	R. Buritaca	<0,20	<0,20	<1,00	1,05	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	<10,0	<10,0	41,5
	R. Don Diego	<0,20	<0,20	<1,00	8,6	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	3,83	<10,0	25,8	31,3	40
Parque Tayrona	R. Guachaca	<0,20	<0,20	<1,00	1,02	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	<10,0	<10,0	28
	Bahía Chengue	<0,20	NM	<1,00	NM	<5,00	NM	<2,50	NM	<2,00	NM	<10,0	NM	<10,0	NM
	F. Piedras	<0,20	0,25	<1,00	1,06	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	17,7	<10,0	<10,0	<10,0
Santa Marta	R. Piedras	<0,20	NM	<1,00	NM	<5,00	NM	<2,50	NM	<2,00	NM	<10,0	NM	<10,0	NM
	Boya 2	<0,20	NM	<1,00	NM	<5,00	NM	<2,50	NM	<2,00	NM	12,1	NM	<10,0	NM
	Cabotaje (calle 10)	<0,20	0,23	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	<10,0	<10,0	12,7
	Canal Escollera	<0,20	0,24	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	Emisario 8	<0,20	<0,20	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	F. Gaira	<0,20	<0,20	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	F. Manzanares	<0,20	0,2	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	<10,0	<10,0	14,3
	Puente calle 22	0,26	0,2	<1,00	1,09	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	17,7	<10,0	<10,0	12,8
Costa Sur	R. Gaira	<0,20	NM	<1,00	NM	<5,00	NM	<2,50	NM	<2,00	NM	26,3	NM	<10,0	NM
	R. Manzanares	<0,20	NM	<1,00	NM	<5,00	NM	<2,50	NM	<2,00	NM	<10,0	NM	<10,0	NM
	F. Buritaca	<0,20	0,34	<1,00	1,96	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	F. Córdoba	<0,20	0,26	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	F. Costa Verde	<0,20	0,21	<1,00	1,1	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	13,7	<10,0	<10,0	19,2
	F. Toribio	<0,20	<0,20	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
CGSM	R. Córdoba	<0,20	NM	<1,00	NM	<5,00	NM	<2,50	NM	<2,00	NM	<10,0	NM	<10,0	NM
	R. Toribio	<0,20	NM	<1,00	NM	<5,00	NM	<2,50	NM	<2,00	NM	<10,0	NM	<10,0	NM
	F. La Barra	<0,20	<0,20	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	10,4	6,08	<10,0	<10,0
	Ref. efectos crónicos agua marina	8,8		1,3		50		8,2		8,1		81		50	
	Ref. efectos agudo agua marina	40		4,8		1.100		74		210		90		350	
	Ref. efectos crónicos agua dulce	0,25		9		11		52		2,5		120		1.000	
	Ref. efectos agudo agua dulce	2		13		16		470		65		120		-	

6.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

La calidad del sedimento se evaluó en 25 estaciones en el segundo semestre de 2018 y seis estaciones en el primer semestre de 2019. Se midieron los contenidos de materia orgánica, los plaguicidas organoclorados y organofosforados, los hidrocarburos aromáticos policíclicos - HAP y los metales pesados Cd, Cu, Cr, Ni, Pb y Zn.

El contenido de materia orgánica en el segundo semestre de 2018 osciló entre 0,82 y 166 mg/g, registrándose los mayores valores en las estaciones de la CGSM, seguido por la zona de los ríos Manzanares y Gaira, y muelle Cabotaje en Santa Marta. En el primer semestre de 2019, las concentraciones de materia orgánica fueron un poco más bajas que la registradas para el 2018, con excepción de la estación Cabotaje (calle 10), donde se registró una concentración más alta que en el 2018 (Figura 6.6).

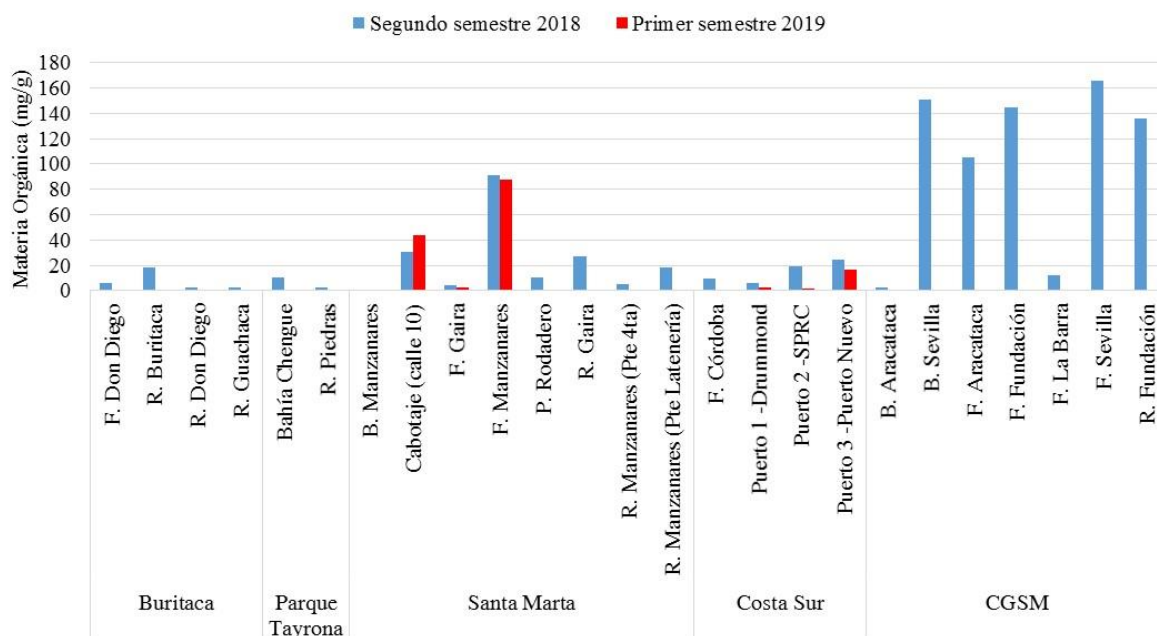


Figura 6.6. Contenido de materia orgánica oxidable en los sedimentos de las estaciones REDCAM en el Magdalena, medidos en los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019.

De los 16 compuestos de HAP analizados, algunos fueron cuantificados solamente en los sedimentos de las estaciones Cabotaje (calle 10) y río Buritaca, los cuales no superaron los valores de referencia de efecto umbral (TEL) y probable (PEL) sugeridos por la NOAA ([Buchman, 2008](#); Tabla 6.7).

Tabla 6.7. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) analizado en el sedimento de algunas estaciones REDCAM en el departamento del Magdalena en el segundo muestreo 2018 y primer semestre de 2019. Valores de referencia de efecto umbral (TEL) y probables (PEL) se tomaron de [Buchman \(2008\)](#) - MacDonald *et al.* (1996). Sin referencia (-). No medido (NM).

HAP	Muestreo	Estaciones		Referencia TEL	Referencia PEL
		Cabotaje (calle 10)	R. Buritaca		
Antraceno (ng/g)	2018-2	8,9	ND	46,8	245
Benzo (g,h,i) Perilene (ng/g)	2019-1	7,32	NM	-	-
Benzo(a) Antraceno (ng/g)	2018-2	17	ND	74,8	693
Benzo(a) Pireno (ng/g)	2018-2	16	ND	88,8	763
Benzo(b) Fluoranteno (ng/g)	2018-2	16,1	ND	-	-
Benzo(k) Fluoranteno (ng/g)	2018-2	11,6	ND	-	-
Criseno (ng/g)	2018-2	23,2	ND	108	846
Fenantreno (ng/g)	2018-2	33,7	11,4	86,7	544
	2019-1	6,03	NM		
Fluoranteno (ng/g)	2018-2	30,4	ND	113	1.494
	2019-1	7,31	NM		
Naftaleno (ng/g)	2018-2	9,44	9,19	34,6	391
Pireno (ng/g)	2018-2	35,8	6,78	153	1.398
	2019-1	6,65	NM		

Las concentraciones de Cd, Ni y Pb en los muestreos realizados en el segundo semestre del 2018 y primer semestre 2019 estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM (Tabla 6.8). Las concentraciones de Cu oscilaron entre <5 y 80,1 µg Cu/g; en las estaciones desembocadura del río Sevilla, frente del río Aracataca y río Fundación en el segundo semestre de 2018, las concentraciones de Cu superaron el valor de referencia de efecto umbral (TEL), por encima del cual se pueden presentar efectos adversos en los organismos acuáticos de ambientes marino ([Buchman, 2008](#)). Asimismo, en la estación muelle Cabotaje en el primer semestre de 2019 la concentración de Cu superó el valor TEL (Tabla 6.8).

Las concentraciones de Cr cuantificadas en las estaciones frente del río Gaira, frente del río Manzanares, playa Rodadero, desembocadura y frente del río Sevilla, frente del río Aracataca y río Fundación en el segundo semestre de 2018, superaron la referencia TEL, al igual que la estación muelle Cabotaje en el primer semestre de 2019 (Tabla 6.8).

Las concentraciones de Zn oscilaron entre <10 y 154 µg Zn/g, los valores cuantificados no superaron las referencias TEL y de efectos probables (PEL), respectivamente, en sedimentos de agua dulce y marinos (Tabla 6.8).

Tabla 6.8. Metales pesados totales (en peso seco) en los sedimentos de dos estaciones REDCAM en el departamento del Magdalena, colectados en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de Buchman (2008). Sin referencia (-). No medido (NM).

Estación	Cd (µg/g)		Cu (µg/g)		Cr (µg/g)		Ni (µg/g)		Pb (µg/g)		Zn (µg/g)	
	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1
F. Don Diego	<12,5	NM	<5,00	NM	<25,0	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	32,6	NM
F. Guachaca	<12,5	NM	9,74	NM	<25,0	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	53,1	NM
R. Buritaca	<12,5	NM	20,8	NM	<25,0	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	75,4	NM
R. Don Diego	<12,5	NM	12,6	NM	<25,0	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	57,7	NM
R. Guachaca	<12,5	NM	10,9	NM	<25,0	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	47,8	NM
Bahía Chengue	<12,5	NM	<5,00	NM	<25,0	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	<10,0	NM
R. Piedras	<12,5	NM	<5,00	NM	<25,0	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	44,8	NM
B. Manzanares	<12,5	NM	<5,00	NM	<25,0	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	45,1	NM
Cabotaje (calle 10)	<12,5	<12,5	34,5	46,7	30,5	52,1	<75,0	<75,0	<15,0	<15,0	66,8	154
F. Gaira	<12,5	<12,5	11,7	<5,00	70,4	23,8	<75,0	<75,0	<15,0	<15,0	78	38,7
F. Manzanares	<12,5	<12,5	13,8	10,3	45,5	<25,0	<75,0	<75,0	<15,0	<15,0	86,4	41,6
P. Rodadero	<12,5	NM	12,4	NM	44,6	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	69	NM
R. Gaira	<12,5	NM	5,69	NM	<25,0	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	71,8	NM
R. Manzanares (Pte 4ta)	<12,5	NM	8,73	NM	<25,0	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	41,9	NM
R. Manzanares (Pte Latenería)	<12,5	NM	14,3	NM	13,4	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	69,3	NM
F. Córdoba	<12,5	NM	8,62	NM	25,4	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	71,2	NM
Puerto 1 -Drummond	<12,5	<12,5	<5,00	8,27	<25,0	28,3	<75,0	<75,0	<15,0	<15,0	65,2	46,3
Puerto 2 -SPRC	<12,5	<12,5	11,8	5,22	28,5	35,7	<75,0	<75,0	<15,0	<15,0	83,6	56
Puerto 3 -Puerto Nuevo	<12,5	<12,5	27,7	17	112	33	<75,0	<75,0	<15,0	<15,0	124	61,6
B. Aracataca	<12,5	NM	9,84	NM	15,7	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	33,6	NM
B. Sevilla	<12,5	NM	36,9	NM	42,6	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	54,3	NM
F. Aracataca	<12,5	NM	80,1	NM	41,6	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	102	NM
F. Fundación	<12,5	NM	13,4	NM	21,2	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	33,8	NM
F. La Barra	<12,5	NM	6,59	NM	<25,0	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	75,6	NM
F. Sevilla	<12,5	NM	21,2	NM	78,2	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	84,7	NM
R. Fundación	<12,5	NM	42,2	NM	73,5	NM	<75,0	NM	<15,0	NM	116	NM
Referencia TEL dulce	0,6		35,7		37,3		18		35		123	
Referencia PEL dulce	3,53		197		90		36		91,3		315	
Referencia TEL marino	0,68		18,7		52,3		15,9		30,2		124	
Referencia PEL marino	4,21		108		160		42,8		112		271	

6.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El cálculo del ICAM_{PF} mostró una alta proporción (78 y 94%) de estaciones REDCAM en el departamento de Magdalena, con una calidad del agua marino costera entre adecuada y óptima para la preservación de flora y fauna en el primer semestre de 2018 y segundo semestre de 2019, presentándose condiciones inadecuadas áreas donde el agua continuamente se ve afectada por vertimientos de aguas residuales como en las estaciones Cabotaje (calle 10), y frente del río Gaira en el primer semestre de 2019.
- ❖ Las playas turísticas de Batallón, Rodadero, Salguero y Parque Acuático tuvieron condiciones microbiológicas inadecuadas para su uso recreativo al presentar concentraciones de CTE por encima de la normatividad colombiana, las demás playas turísticas donde se cuenta con estaciones REDCAM se caracterizaron por la calidad microbiológica adecuada para el uso recreativo.
- ❖ En los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, no se evidenció contaminación de las aguas marinas y costeras por residuos de plaguicidas organoclorados, ni organofosforados.

- ❖ En la mayoría de las estaciones, no se evidencia contaminación por hidrocarburos disueltos y dispersos, excepto en la estación río Gaira, donde las concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos están en el rango de referencia para aguas costeras con baja contaminación. En los sedimentos del río Manzanares colectados en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019 hay presencia de 14 hidrocarburos aromáticos policíclicos, que no superan las referencias internacionales para efectos adversos en organismos acuáticos.
- ❖ En las estaciones río Don Diego y frente de Buritaca las concentraciones de cobre disuelto en el agua superficial en el primer semestre de 2018, superaron los valores de referencia internacionales para efectos agudos y crónicos en la biota acuática, respectivamente. Asimismo, el Pb en el río Don Diego supera la referencia internacional de efectos crónicos para este metal. En los sedimentos evaluados, el cobre y el cromo fueron los metales que superaron los valores de referencia para efecto umbral en organismos de los bentos en estaciones de la CGSM y de Santa Marta.

ATLÁNTICO

Por: Paola Sofía Obando Madera, Luisa F. Espinosa y Xilena Y. Camacho



Frente a Base Naval, Atlántico. Foto: Camila Padilla

EQUIPO TÉCNICO CRA

Efraín Leal Puccini – Profesional Especializado G18

7. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE ATLÁNTICO

El diagnóstico de la calidad de las aguas marino costeras del departamento del Atlántico se realizó con base en la información colectada en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, en 18 estaciones de muestreo distribuidas en tres zonas: Río Magdalena, Puerto Colombia y Tubará-Acosta (Figura 7.1).

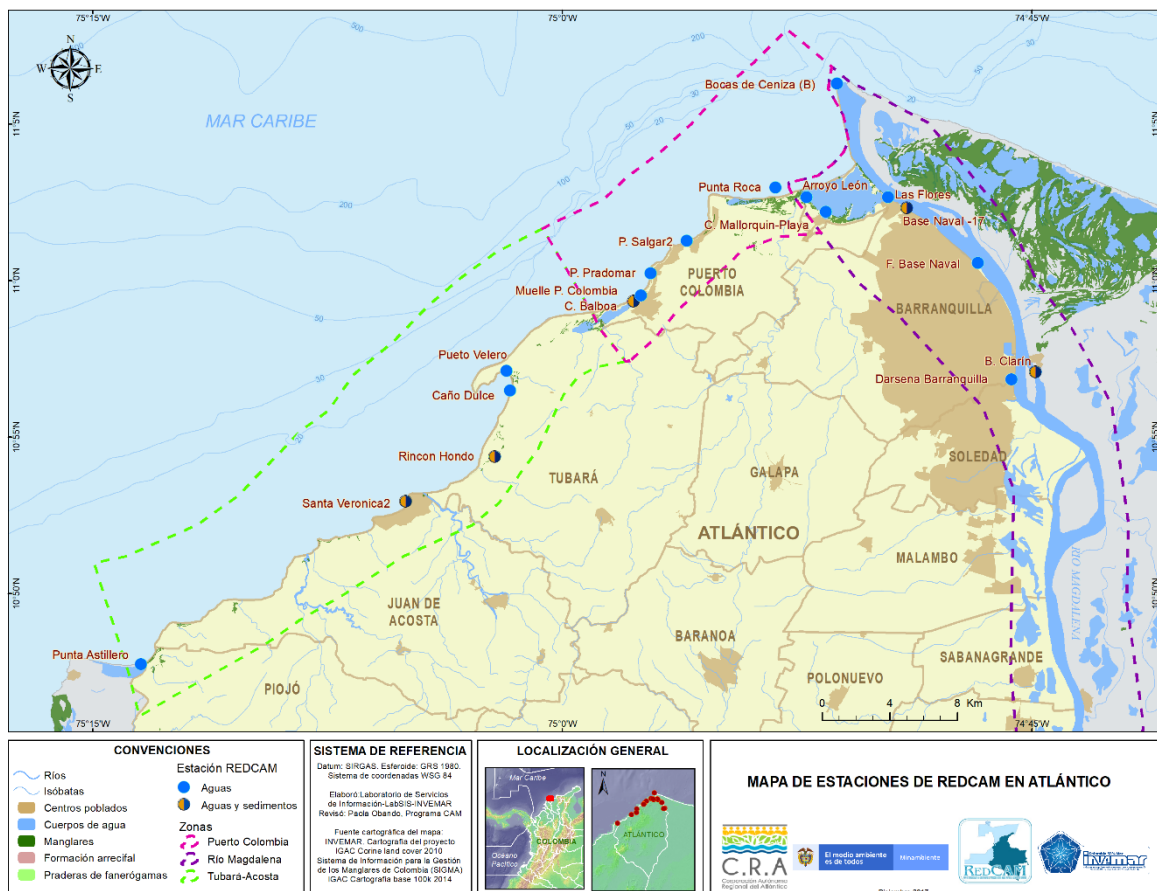


Figura 7.1. Mapa con las estaciones de muestreo REDCAM en el departamento de Atlántico. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolor (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimentos superficiales. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

La zona **Río Magdalena** abarca parte de la cuenca baja del río Magdalena y la ciénaga de Mallorquín, en esta zona se realizan actividades portuarias y agrícolas, y hay presencia de vertimientos de aguas residuales de Barranquilla y Soledad. La zona de **Puerto Colombia**, comprende la franja costera del municipio de Puerto Colombia, en esta zona la actividad que predomina es el turismo. La zona de **Tubará-Acosta** corresponde a la franja costera de los municipios de Juan de Acosta y Turbará, los cuales tienen baja cobertura de alcantarillado, con ciénagas y algunas playas de interés turístico.

Los muestreos fueron realizados por el personal del INVEMAR y con acompañamiento de personal de la CRA, durante el segundo semestre de 2018 los muestreos se realizaron los días 22 y 23 de octubre, y en el primer semestre de 2019, los días 22 y 23 de abril. Se analizaron variables fisicoquímicas, microbiológicas, metales disueltos Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Zinc (Zn), Hierro (Fe) y Cromo VI (Cr^{6+}) y contaminantes orgánicos (hidrocarburos, y plaguicidas organoclorados y organofosforados). En las estaciones Aguas Abajo Base Naval (CRA – 17), Desembocadura Arroyo León – Caño Mallorquín, Rincón Hondo - Ciénaga Puerto Caimán y Muelle Playa de Puerto Colombia, se colectaron muestras de sedimento para análisis de variables fisicoquímicas, metales totales, Cd, Pb, Cr, Cu, Ni, Zn, Fe y Hg) y contaminante orgánicos (hidrocarburos, y plaguicidas organoclorados y organofosforados) (Figura 7.2).

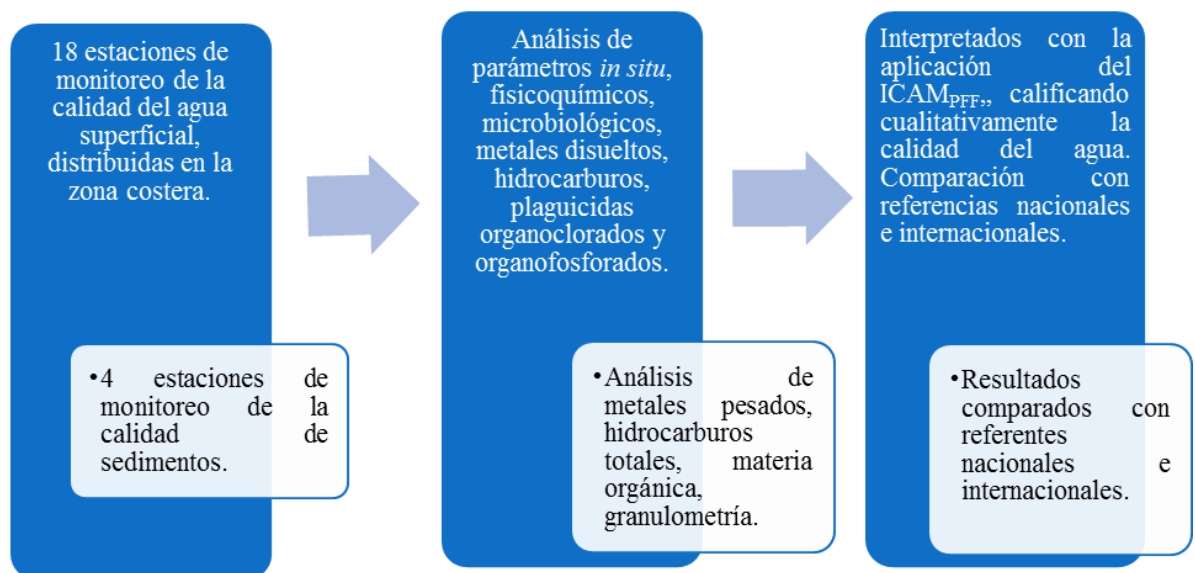


Figura 7.2. Resumen del monitoreo REDCAM en el departamento de Atlántico, realizado en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019.

7.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Las principales fuentes de contaminación identificadas a lo largo de la zona costera del departamento de Atlántico son la minería, las actividades agrícolas, pecuarias, industriales, turísticas, marítimas y portuarias, y los residuos líquidos y sólidos de los municipios de Barranquilla, Soledad, Juan de Acosta, Puerto Colombia y Tubará (Figura 7.3). En la Tabla 7.1 se describen las principales actividades productivas y fuentes de contaminación, así como los cuerpos de agua receptores. Es importante destacar, que el río Magdalena es el receptor de aguas residuales domésticas e industriales de las poblaciones del interior y de la costa del país, así como de escorrentías de las zonas agrícolas ([Vivas-Aguas et al. 2014a](#)).

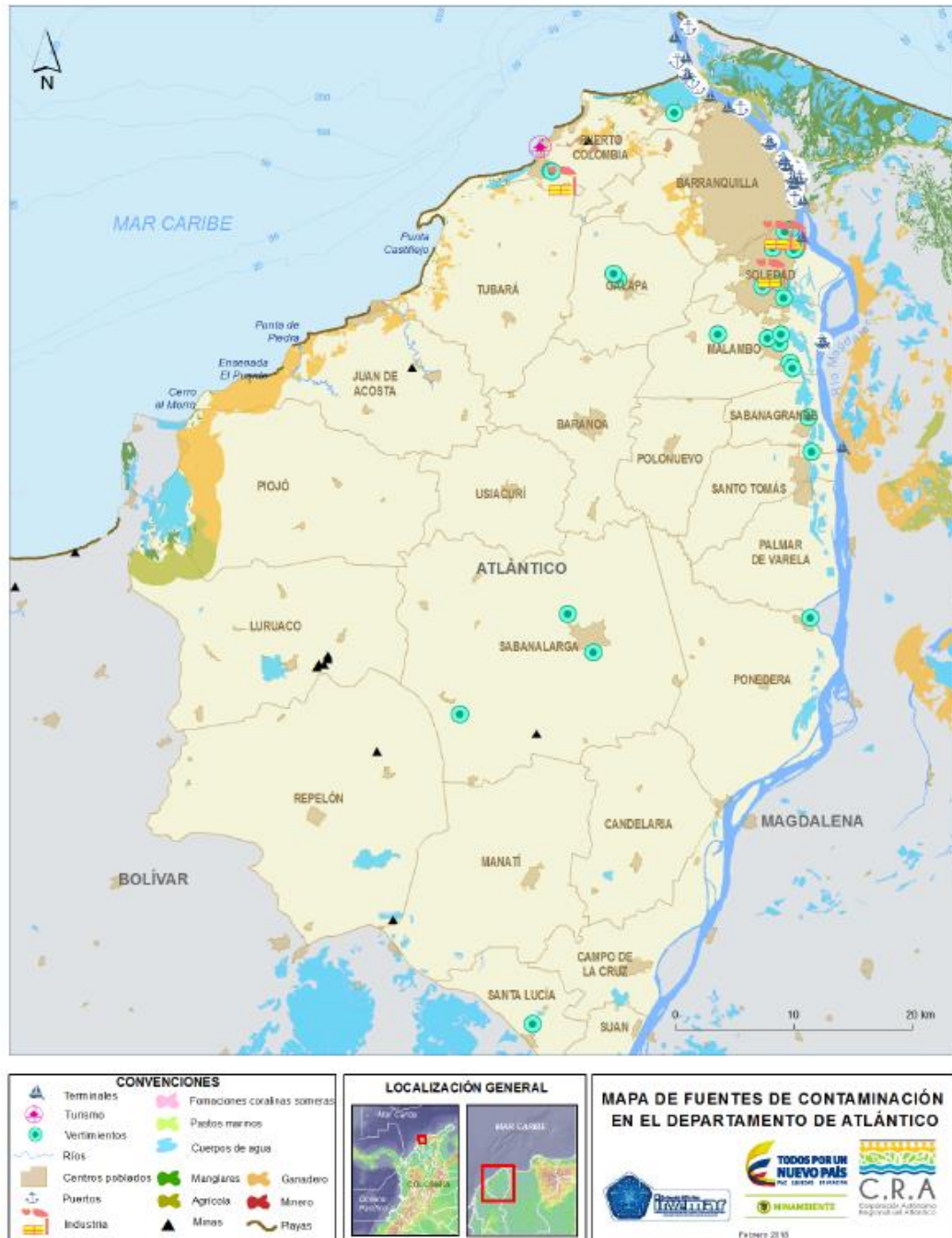


Figura 7.3. Mapa de la distribución de ecosistemas marino-costeros, centros poblados, actividades antropogénicas y fuentes terrestres y marinas de contaminación en el departamento de Atlántico, Caribe colombiano.

Tabla 7.1. Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en el departamento de Atlántico.

Actividad/Fuente contaminante		Sustancias contaminantes	Cuerpos de agua receptores
Actividad marítima y portuaria	Transporte marítimo multipropósito de productos metalúrgicos básicos, manufacturados, elaborados de metal, reciclaje, minerales no metálicos, maquinaria, equipos y aparatos electrónicos, productos de plástico y de caucho, instrumentos médicos, ópticos, vehículos automotores, remolques, equipos y aparatos de radio, carbón, entre otros.	Aguas de lastre y de sentinas, residuos de carbón, residuos oleosos e hidrocarburos	Mar Caribe y río Magdalena.
Minería	Canteras para la extracción de minerales (Piedras calizas, agregados pétreos, arenas finas, cantos rodados, barro caliche, gravillas, cantos rodados, piedra china, arcillas y material de construcción) en los municipios de Barranquilla, Puerto Colombia, Tubará y Juan de Acosta.	Sólidos suspendidos disueltos, hidrocarburos, metales pesados.	Mar Caribe y ciénaga Mallorquín
Actividades agrícolas y pecuarias	Cultivos frutales permanentes de mango y ciruela; y cultivos transitorios de maíz, sorgo, yuca, frijol, guandul y millo; en los departamentos de Soledad, Tubará y Juan de Acosta. Criaderos de porcinos, caprinos, equinos, aves y ovinos.	Plaguicidas, fertilizantes, desechos de animales, microorganismos de origen fecal, materia orgánica, nutrientes.	Mar Caribe y río Magdalena.
Residuos municipales	Vertimientos de agua residuales domesticas sin tratamiento	Materia orgánica, microorganismos, sólidos en suspensión, grasas y aceites, hidrocarburos, metales pesados, nutrientes, detergentes plásticos y microplásticos, lixiviados.	Río Magdalena, ciénaga Mallorquín, ciénaga Balboa, Mar Caribe
	Residuo sólidos (ordinarios y peligrosos), rellenos sanitario Los Pocitos y Las Margaritas	Materia orgánica, microorganismos, sólidos en suspensión, grasas y aceites.	Río Magdalena
	Seis mataderos registrados ante la CRA, dedicados al comercio de materias primas agropecuarias y animales vivos; subproductos del consumo y productos cárnicos.	Materia orgánica, microorganismos, sólidos en suspensión, grasas y aceites.	Río Magdalena
Otras actividades	Turismo (hoteles, restaurantes, actividades recreativas y de líneas de costa).	Residuos sólidos, materia orgánica, sedimentos, microorganismos, sólidos en suspensión, lodos de depuradoras, grasas y aceites, hidrocarburos, agroquímicos, metales pesados, detergentes y plásticos.	Mar Caribe, ciénagas de Mallorquín y Balboa, río Magdalena.
	Industria (portuaria, productos lácteos, embutidos, bebidas, jabones, materiales para la construcción, muebles, plásticos, partes metalmecánicas, prendas de vestir, embarcaciones entre otros).		
	Servicios (energía eléctrica, gas natural, acueducto, alcantarillado, aseo, telecomunicaciones, servicios portuarios, servicios comunales, servicios sociales y personales).		
	Comerciales (turismo, alimentos y bebidas).		

1.1. CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS

La calidad de las aguas marino costeras del departamento de Atlántico se evaluó aplicando el Índice de Calidad de Aguas para Preservación de flora y fauna -ICAM_{PFF} (Vivas-Aguas *et al.*, 2014b). Los resultados de las variables usadas para estimar el ICAM_{PFF} se resumen en la Tabla 7.2. Se destaca que el ICAM_{PFF} se aplicó a 10 estaciones que cumplían con el tipo de agua marina-estuarina y con el número de mínimo de variables requeridas para su estimación.

Tabla 7.2. Variables de calidad de agua usadas en el ICAM_{PF} en las zonas y estaciones de monitoreo en el departamento del Atlántico en los muestreos realizados el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019); excepto las estaciones indicadas con (**). Oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes Termotolerantes (CTE), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de Criseno (HPDD). No medido (NM).

ZONA	ESTACIÓN	Segundo semestre 2018 (octubre)									Primer semestre 2019 (abril)								
		Sal	pH	OD	SST	DBO	Nitrato	Fosfato	HPDD	CTE (NMP/100 mL)	Sal	pH	OD	SST	DBO ₅	Nitrat os	Fosfatos	HPDD	CTE (NMP/100 mL)
				mg/L			µg/L			mg/L			µg/L						
Puerto Colombia	Muelle P. Colombia	34,7	8,11	6,17	16	<4,23	9,76	4,48	<0,075	170	34,9	8,12	6,53	68,1	<4,23	55,7	18,7	<0,075	1.400
	P. Pradomar	34,8	8,12	6,33	10,9	<4,23	15,5	2	<0,075	78	35,1	8,13	6,56	58,0	<4,23	70,6	15,3	0,13	490
	P. Salgar2	34,9	8,14	6,24	10,8	<4,23	14,4	<2,00	0,45	170	35,2	8,13	6,62	63,7	<4,23	40,8	15,1	0,089	79
	Punta Roca	31,3	8,12	6,3	4,57	<4,23	53,4	3,56	1,14	170	34,9	8,13	6,53	63,0	<4,23	19,5	33,1	0,16	1.600
Río Magdalena**	Arroyo León**	2	7,64	3,66	33	18,9	37,3	1,15	1,34	4.900	3,30	8,18	8,72	93,6	34,7	<2,10	1,77	0,31	78.000
	Base Naval - 17**	0	7,24	5,04	387	<4,23	271	41,6	0,13	68.000	0,00	7,48	5,71	318	<4,23	493	44,8	0,49	200.000
	Bocas de Ceniza (B)	0	7,31	5,41	242	<4,23	234	42	0,24	4.900	0,00	7,76	7,13	443	24,8	466	25,9	1,00	1.400
	C. Mallorquín-Playa**	7,9	7,93	7,25	51,9	14,5	497	469	0,31	11.000	15,4	8,19	6,34	165	12,4	2,84	1,72	0,51	2.000
	F. Base Naval**	0	7,39	0,45	60,1	16,8	10,3	233	2,33	61.000	0,00	7,21	4,48	225	5,16	376	27,7	2,06	1'700.000
	Las Flores**	0	7,24	5,02	279	<4,23	288	110	0,73	140.000	0,00	7,53	5,90	371	3,20	478	53,2	2,78	700.000
	B. Clarín**	0	7,16	5,04	399	<4,23	252	37,7	0,48	680	0,00	7,52	6,22	218	<4,23	518	25,7	0,52	1.100
	Dársena Barranquilla**	0	7,18	4,82	162	<4,23	204	103	0,78	140.000	0,00	7,46	6,00	260	<4,23	119	60,9	0,75	780.000
Tubará – Acosta	C. Balboa	28	8,25	9,42	134	9,69	12,9	<2,00	0,16	540	>70,0	8,32	8,27	75,5	24,7	<2,10	9,33	0,36	2,0
	Caño Dulce (playa)	35,2	8,07	6,15	9,86	<4,23	<2,10	2,9	0,077	920	35,9	8,15	7,11	19,9	<4,23	<2,10	<2,00	0,16	2,0
	P. Puerto Velero	35,5	8,2	7,47	23,5	<4,23	2,15	4,17	0,42	79	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	Punta Astillero	34,8	8,11	6,3	28	<4,23	<2,10	<2,00	0,083	9.200	35,6	8,10	6,49	38,1	<4,23	303	11,8	0,15	14
	Rincón Hondo	27,7	8,49	7,4	13,2	8,66	2,37	3,19	0,34	2.400	>70,0	8,12	8,31	272	33,9	10,3	74,4	0,29	<2,0
	Santa Veronica2	35,3	8,12	6,37	31,9	<4,23	5,67	<2,00	0,075	790	35,4	8,15	6,58	22,6	<4,23	19,8	4,57	0,46	22

**Estaciones con características de aguas fluviales y en las que no se aplicó el ICAM_{PF}

Durante el segundo semestre de 2018, en la zona de Puerto Colombia las condiciones de calidad fueron adecuadas (Figura 7.4); en la zona Tubará – Acosta, en las estaciones de Playa Puerto Velero y Santa Verónica 2, las condiciones de calidad fueron adecuadas, aunque en Santa Verónica, las concentraciones de Coliformes Termotolerantes estuvieron por encima del mínimo permisible para contacto primario (Tabla 7.3), según Decreto 1076 de 2015 (<200 NMP/100 mL; [MinAmbiente](#) 2015). En las estaciones Caño Dulce (playa) las condiciones de calidad fueron aceptables y en Rincón Hondo, punta Astillero y Ciénaga Balboa las condiciones de calidad fueron inadecuadas.

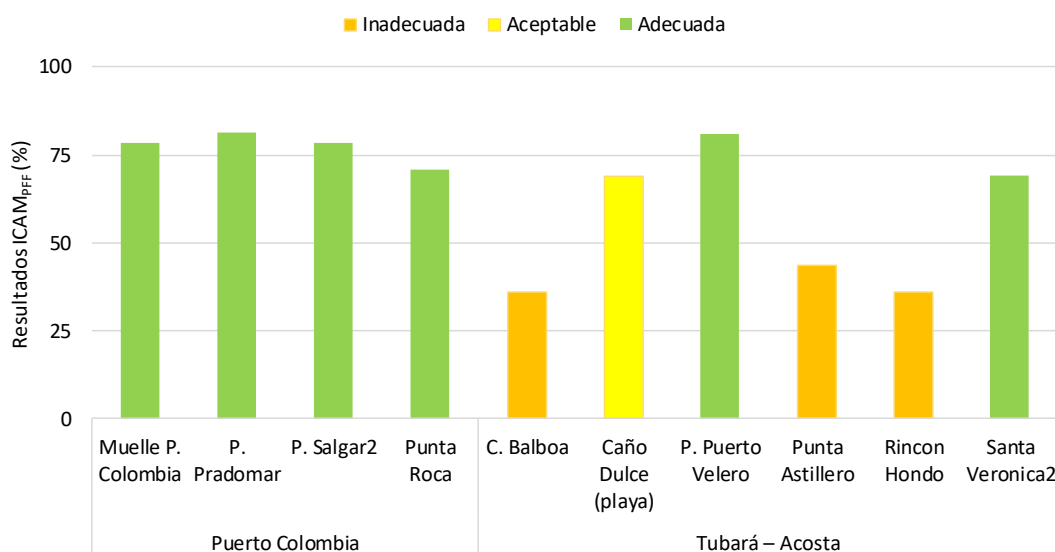


Figura 7.4. Calidad de agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costeras en el departamento de Atlántico, en el muestreo del segundo semestre de 2018.

Las condiciones inadecuadas en Punta Astillero estuvieron asociadas a altas concentraciones de CTE (9.200 NMP/100 mL); y en Rincón Hondo y Ciénaga Balboa, a la alta demanda bioquímica de Oxígeno (8,66 mg O₂/L y 9,69 mg O₂/L respectivamente) (Tabla 7.2), lo cual indica contaminación por descargas de aguas residuales, que contribuyen al aumento de los contenidos de materia orgánica.

Tabla 7.3. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PFF} calculado en las estaciones REDCAM en Atlántico, en el muestreo realizado el segundo semestre de 2018. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación de muestreo	Valores de los subíndices							
		pH	P-PO ₄	SST	N-NO ₃	OD	HPDD	DBO ₅	CTE
Puerto Colombia	Muelle P. Colombia	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Aceptable	Aceptable
	P. Pradomar	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Adecuada
	P. Salgar2	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Aceptable
	Punta Roca	Óptima	Óptima	Óptima	Inadecuada	Adecuada	Adecuada	Aceptable	Aceptable
Tubará – Acosta	C. Balboa	Adecuada	Óptima	Pésima	Adecuada	Óptima	Óptima	Pésima	Inadecuada
	Caño Dulce (playa)	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Pésima
	P. Puerto Velero	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Aceptable	Adecuada
	Punta Astillero	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Pésima
	Rincón Hondo	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Pésima	Pésima
	Santa Veronica2	Óptima	Óptima	Aceptable	Óptima	Adecuada	Óptima	Aceptable	Inadecuada

En el muestreo del primer semestre de 2019, en la zona de Puerto Colombia, estaciones Muelle Puerto Colombia, playa Pradomar y Punta Roca, las condiciones de calidad fueron aceptables (Figura 7.5), si bien las concentraciones de nitratos y Coliformes Termotolerantes estuvieron en calidad entre pésima e inadecuada (Tabla 7.4). En Ciénaga Balboa, se mantuvieron las condiciones inadecuadas y en Rincón Hondo se presentó una pésima condición, debido a las concentraciones de fosfatos, sólidos suspendidos totales y a la demanda bioquímica de Oxígeno que alcanzó una concentración de 33,9 mg O₂/L, lo que evidencia la alta degradación de la materia orgánica.

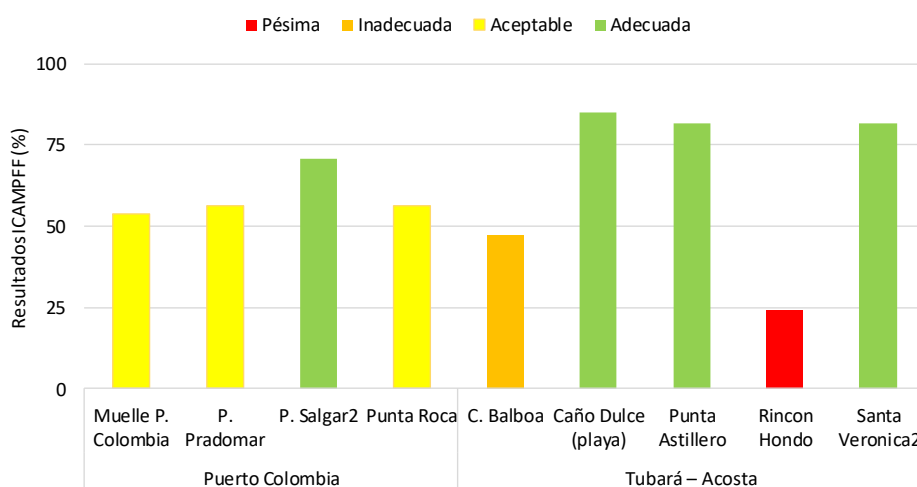


Figura 7.5. Calidad de agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costeras en el departamento de Atlántico, en el muestreo del primer semestre de 2019.

Tabla 7.4. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PF} calculado en las estaciones REDCAM en Atlántico, en el muestreo realizado el primer semestre de 2019. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de críseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación de muestreo	Valores de los subíndices							
		pH	P-PO ₄	SST	N-NO ₃	OD	HPDD	DBO ₅	CTE
Puerto Colombia	Muelle P. Colombia	Óptima	Adecuada	Inadecuada	Inadecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Pésima
	P. Pradomar	Óptima	Adecuada	Aceptable	Pésima	Adecuada	Óptima	Aceptable	Inadecuada
	P. Salgar2	Óptima	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Adecuada
	Punta Roca	Óptima	Aceptable	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Pésima
Tubará – Acosta	C. Balboa	Adecuada	Óptima	Inadecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Pésima	Óptima
	Caño Dulce (playa)	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Aceptable	Óptima
	Punta Astillero	Óptima	Adecuada	Aceptable	Óptima	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima
	Rincón Hondo	Óptima	Pésima	Pésima	Óptima	Óptima	Óptima	Pésima	Óptima
	Santa Veronica2	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima

Por otra parte, se analizó la calidad microbiológica del agua en 7 playas turísticas del departamento de Atlántico, teniendo en cuenta las concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Coliformes Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE). Durante el segundo semestre de 2018 las concentraciones de CTE oscilaron entre 78 y 9.200 NMP/100 mL y las de CTT entre 920 y 9.200 NMP/100 mL; y en el primer semestre de 2019, las concentraciones de CTE oscilaron entre 2 y 1.600 NMP/100 mL y las de CTT entre 22 y 1.600 NMP/100 mL (Tabla 7.5); presentándose las mayores concentraciones en el segundo semestre de 2018 en playa punta Astillero, en concentraciones que superan los valores permisibles para uso recreativo por contacto primario en CTE, y primario y secundario para CTT, según lo dispuesto en la Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente 2015](#)).

En cuanto las concentraciones de EFE, oscilaron entre 10 y 124 UFC/100 mL en el segundo semestre de 2018 y entre 5 y 310 UFC/100 mL en el primer muestreo de 2019 (Tabla 7.5). Los registros del segundo semestre de 2018 en playa caño dulce y playa punta Astillero indican un riesgo entre el 1% y <5% de contraer enfermedades gastrointestinales y de 0,3% y <1,9% de contraer enfermedad respiratoria febril aguda; mientras que, en el primer semestre de 2019, playa Salgar y Punta Roca presentaron concentraciones que indican un riesgo entre 5 % y <10 % de contraer enfermedades gastrointestinales y de 1,9 % y <3,9% de contraer enfermedad respiratoria febril aguda. Teniendo en cuenta estos resultados, se recomienda implementar acciones para el tratamiento de las aguas residuales municipales costeras, que permitan reducir el impacto de estos residuos sobre el recurso hídrico marino del departamento.

Tabla 7.5 Concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE) medidos en el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento de Atlántico. Sin referencia (-). No medido (NM). Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y secundario se tomaron de MinAmbiente 2015, Decreto 1076 de 2015 y valores de referencia de EFE para riesgos de enfermedades para los bañistas según OMS (2003).

Zona	Estación	Segundo semestre 2018			Primer semestre 2019		
		CTE (NMP/100 mL)	CTT (NMP/100 mL)	EFE (UFC/100 mL)	CTE (NMP/100 mL)	CTT (NMP/100 mL)	EFE (UFC/100 mL)
Puerto Colombia	Playa De Puerto Colombia (Muelle Puerto Colombia)	170	1.300	24	1400	2200	150
	Playa Salgar	170	400	26	79	350	290
	Playa Pradomar	78	330	10	490	1.300	125
	Punta Roca	170	790	42	1.600	1.600	310
Tubará - Acosta	Playa Caño Dulce	920	920	124	2	49	11
	Playa Punta Astillero	9.200	9.200	108	14	350	7
	Playa Santa Verónica (2)	790	3.500	46	22	22	5
LP C. primario		200	1.000	*OMS (2003)	200	1.000	*OMS (2003)
LP C. secundario		-	5.000		-	5.000	
*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.					

Otras variables medidas en aguas superficiales de las estaciones REDCAM del departamento de Atlántico que no hacen parte del ICAM_{PPF}, fueron los plaguicidas organoclorados y organofosforados, y los metales disueltos cadmio (Cd), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Hierro (Fe) Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Cromo VI (Cr⁺⁶).

Durante el segundo semestre de 2018, se encontraron concentraciones de Cd en Arroyo León (0,43 µg Cd/L) y ciénaga Mallorquín (0,46 µg Cd/L), superando el valor de referencia para efectos crónicos en agua dulce propuesto por la NOAA (0,25 µg Cd/L; Buchman, 2008). En cuanto al Cu, en el primer semestre de 2019, las estaciones Bocas de Ceniza (B) y Ciénaga Balboa superaron la referencia para aguas marinas (1,3 µg Cu/L) propuesto por la NOAA (Buchman, 2008); y durante ambos muestreos, el Fe en Punta Astillero superó la referencia de efectos crónicos para aguas marinas de 50 µg Fe/L propuesto por la NOAA (Buchman, 2008).

Las concentraciones de Pb en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM (<2,0 µg Pb/L); y en ninguna de las estaciones los metales disueltos Cr⁺⁶, Ni y Zn superaron las referencias para efectos crónicos y agudos en organismos de agua marina y dulce (Tabla 7.6).

Tabla 7.6. Concentración de metales pesados disueltos en las aguas superficiales de las estaciones REDCAM del departamento de Atlántico, medidos en el segundo semestre de 2018 (2018-2) y el primer semestre de 2019 (2019-1) en. Los valores de referencia para efectos crónicos fueron tomados de [Buchman, 2008](#). Valores con el símbolo (<) indica el límite de cuantificación del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR. Sin referencia (-).

ZONA	ESTACIÓN	Cd (µg/L)		Cu (µg/L)		Cr ⁺⁶ (µg/L)		Ni (µg/L)		Pb (µg/L)		Zn (µg/L)		Fe (µg/L)	
		2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1
Puerto Colombia	Muelle P. Colombia	1,34	0,2	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	13	<10,0	24,6
	P. Pradomar	1,09	<0,20	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	<10,0	<10,0	22,8
	Punta Roca	6,25	<0,20	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	12,5	<10,0	13,1
Río Magdalena	Arroyo León	0,43	<0,20	1,12	1,84	<5,00	<5,00	2,63	<2,50	<2,00	<2,00	15,4	28,3	118	23,6
	Bocas de Ceniza (B)	<0,20	<0,20	1,76	2,65	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	21,9	27,5	153	56,3
	C. Mallorquín-Playa	0,46	<0,20	1,82	2,47	<5,00	<5,00	2,68	2,68	<2,00	<2,00	13,9	25,5	<10,0	19,9
	F. Base Naval	<0,20	<0,20	<1,00	1,1	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	22,6	26	133	59,8
	Las Flores	<0,20	<0,20	1,24	1,68	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	21,2	28,3	145	71,5
	B. Clarín	<0,20	<0,20	1,02	1,54	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	18,2	19,6	34	55,5
	Dársena Barranquilla	0,2	<0,20	1,84	1,94	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	27,8	333	398
Tubará – Acosta	C. Balboa	1,17	0,43	1,27	2,6	<5,00	<5,00	2,98	3,53	<2,00	<2,00	11,9	11,9	17,8	31,3
	Punta Astillero	1,52	<0,20	2,26	1,65	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	11,5	33	170	102
	Rincón Hondo	7,7	0,66	2,47	1,65	<5,00	<5,00	3,05	4,35	<2,00	<2,00	<10,0	21,4	<10,0	20,2
	Santa Veronica2	1,71	<0,20	<1,00	<1,00	<5,00	<5,00	<2,50	<2,50	<2,00	<2,00	<10,0	29,3	14,6	<10,0
Ref. efectos crónicos agua marina	8,8		1,3		50		8,2		8,1		81		50		
Ref. efectos agudo agua marina	40		4,8		1100		74		210		90		350		
Ref. efectos crónicos agua dulce	0,25		9		11		52		2,5		120		1000		
Ref. efectos agudo agua dulce	2		13		16		470		65		120		-		

Los 45 compuestos plaguicidas se analizaron en 5 estaciones de monitoreo: Ciénaga Balboa, Arroyo León, Dársena Barranquilla, Las Flores y Rincón Hondo. En los dos muestreos, segundo semestre 2018 y primer semestre de 2019, las concentraciones de estos compuestos estuvieron por debajo del límite de detección del método analítico usado en el LABCAM del INVEMAR.

1.2. CALIDAD DE SEDIMENTOS

La calidad de sedimentos fue evaluada en cuatro estaciones, donde se midieron los metales pesados totales Cu, Cr, Pb, Cd, Ni, Zn, Hg y Fe; y 16 compuestos de hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Las concentraciones de Cd y Ni estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM de INVEMAR (<12,5 µg Cd/g p.s y <75,0 µg Ni/g p.s respectivamente). En la estación Base Naval - 17, las concentraciones de Cr y Zn, estuvieron por encima del valor de referencia de efectos umbral (TEL); adicionalmente, en la estación Muelle Puerto Colombia, en el muestreo del primer semestre de 2019, presentó una concentración de Cr de 303 µg Cr/g p.s., que está por encima del valor de referencia de efectos umbral (TEL) para aguas marinas; y la concentración de Zn, por encima del valor de referencia de efectos probables (PEL) (Tabla 7.7). Es importante continuar monitoreando estos metales para conocer su comportamiento, ya que su presencia ha sido recurrente en algunas estaciones.

Tabla 7.7. Metales pesados totales (en peso seco) en los sedimentos de cinco estaciones REDCAM en Atlántico, colectados durante los muestreos de octubre de 2018 y abril de 2019. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de [Buchman \(2008\)](#). Valores con el signo (<) corresponden al límite de cuantificación del método utilizado en el LABCAM. Sin referencia (-).

Zona	Estación	Cd (µg/g p.s)		Ni (µg/g p.s)		Cu (µg/g p.s)		Cr (µg/g p.s)		Pb (µg/g p.s.)		Zn (µg/g p.s.)		Hg (ng/g p.s)		Fe (mg/g p.s)	
		2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
		-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1
Puerto Colombia	Muelle Puerto Colombia	<12,5	<12,5	<75,0	<75,0	6,04	<5,00	46,9	303	18	<15,0	57	200	7,76	<3,00	24,6	184
	Base Naval -17	<12,5	<12,5	<75,0	<75,0	42,5	33,7	85,4	87,3	<15,0	<15,0	134	127	111	55,1	33,6	35,5
Río Magdalena	Arroyo León	<12,5	<12,5	<75,0	<75,0	9,64	<5,00	32,6	37,9	15,3	<15,0	64,2	69,5	31,5	16,2	21,2	23,1
Tubará Acosta	Rincón Hondo	<12,5	<12,5	<75,0	<75,0	<5,00	<5,00	<25,0	29,4	<15,0	<15,0	40,6	48,7	11,3	13,1	17,8	19
Referencia TEL marino		0,68		15,9		18,7		52,3		30,2		124		130		-	
Referencia PEL marino		4,21		42,8		108		160		112		271		700		-	
Referencia TEL dulce		0,6		18		35,7		37,3		35		123		-		-	
Referencia PEL dulce		3,53		36		197		90		91,3		315		-		-	

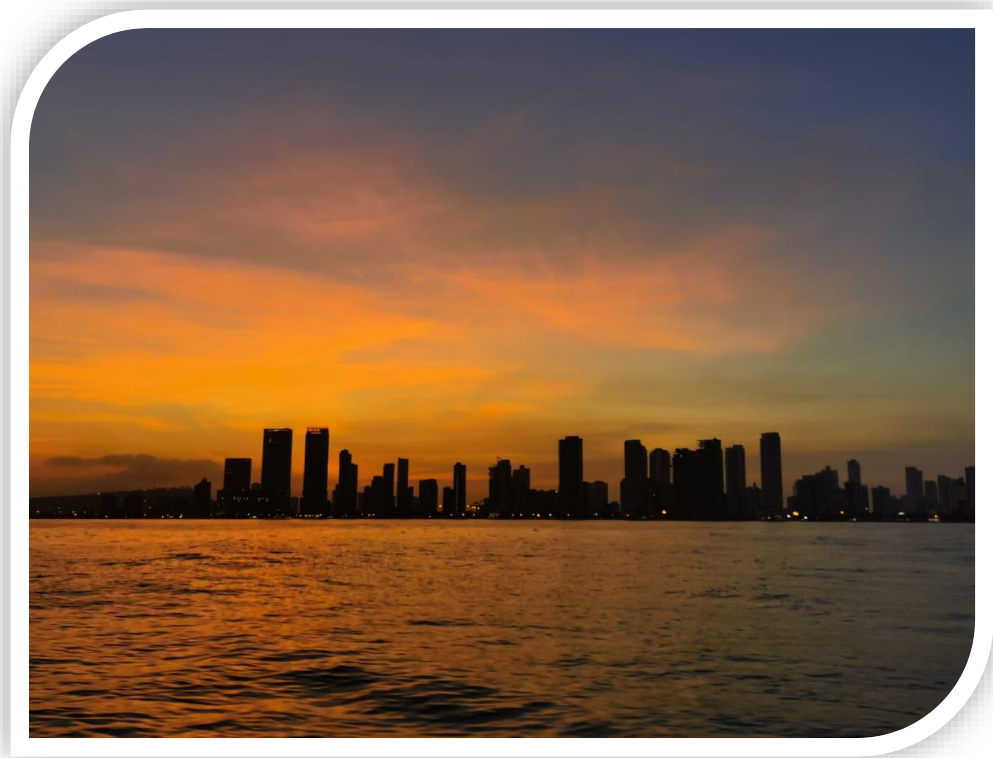
Los 16 compuestos de hidrocarburos aromáticos policíclicos en el sedimento, en todas las estaciones estuvieron por debajo del límite de detección (<6,0 ng/g p.s.) del método usado en el LABCAM del INVEMAR.

1.3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El cálculo del ICAM_{PFF} mostró que en la zona de Puerto Colombia hubo un deterioro de la calidad del agua marina costera para la preservación de flora y fauna entre el segundo semestre 2018 y primer semestre 2019, ya que la mayoría de las estaciones paso de calidad adecuada a aceptable; igual comportamiento se observó en la estación Rincón Hondo de la zona Turbará-Acosta, donde la condición de calidad pasó de inadecuada a pésima. Estas condiciones (pésima e inadecuada) están determinadas principalmente por las altas concentraciones de Coliformes Termotolerantes, altos contenidos de nutrientes inorgánicos disueltos (nitratos y fosfatos), y demanda bioquímica de Oxígeno, que evidencian la incidencia de contaminación por aguas residuales sin tratamiento.
- ❖ La calidad microbiológica de las playas de interés turístico en general fue adecuada, teniendo en cuenta que las concentraciones de CTT y CTE que estuvieron por debajo del límite permisible establecido para el uso de contacto primario; sin embargo, se encontraron concentraciones de EFE en las playas de Salgar y Punta Roca que indican un riesgo <10% de contraer enfermedades gastrointestinales y <3,9% de probabilidad de contraer enfermedad febril aguda.
- ❖ En las estaciones analizadas, no se observó contaminación del agua superficial por metales pesados, ni riesgo para los organismos, ya que en la mayoría de las estaciones los metales estuvieron por debajo de los valores de referencia para efectos crónicos.
- ❖ La calidad de los sedimentos en términos de metales, en general es adecuada ya que las concentraciones de Cu, Cr, Pb, Zn, Hg y Fe, estuvieron por debajo de los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y para efectos probables (PEL), con excepción de la estación Base Naval 17, donde las concentraciones de Cr y Zn superaron los valores de referencia TEL; y la estación Muelle Puerto Colombia, donde en el primer semestre del 2019 se registraron concentraciones de Cr que superaron el valor PEL y de Zn que superaron el valor TEL. En estas dos últimas estaciones, es necesario evaluar la biodisponibilidad de los metales y los factores que la controlan.

BOLÍVAR

Por: Ostin Garcés Ordóñez



Bahía de Cartagena, Bolívar. Foto: Julián Franco

EQUIPO TÉCNICO CARDIQUE

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

8. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR

El diagnóstico de la calidad de las aguas marino costeras del departamento de Bolívar se realizó con base en la información colectada en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, en 31 estaciones de muestreo, distribuidas 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 8.1).

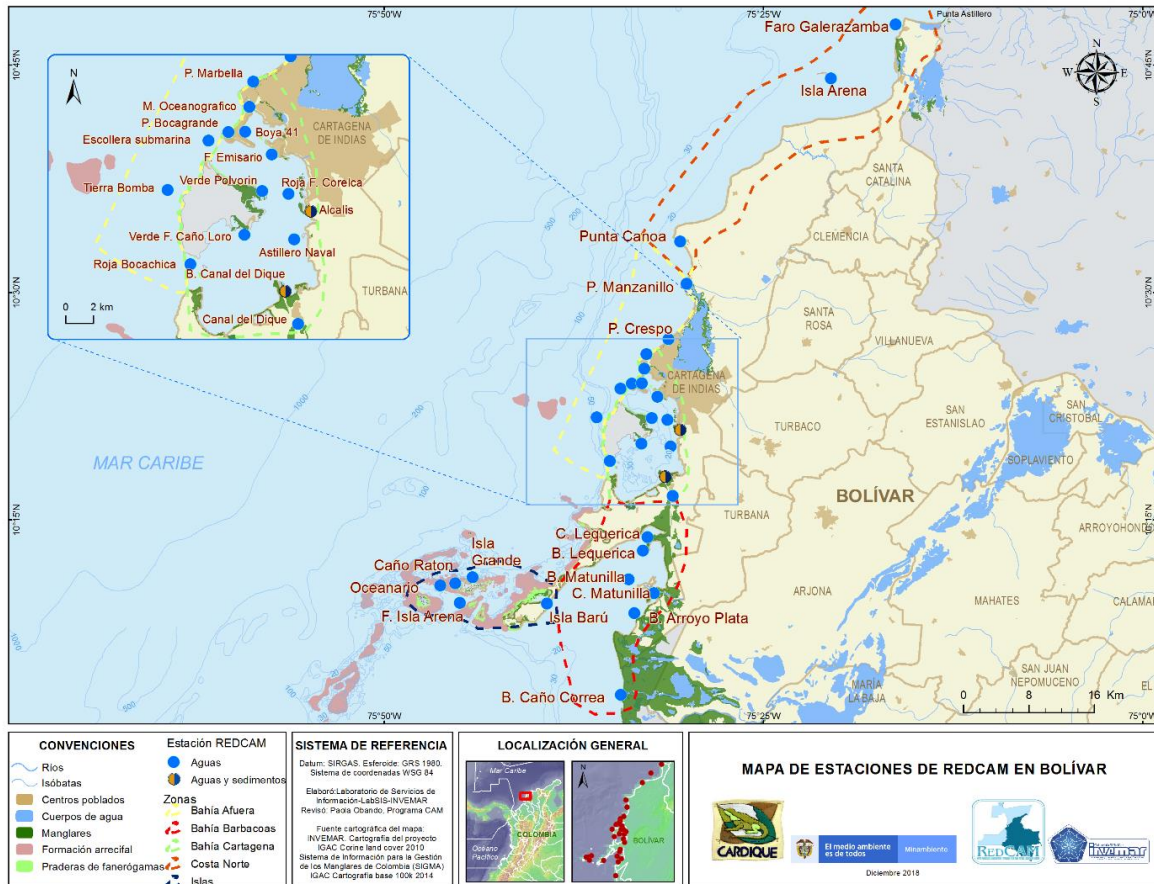


Figura 8.1. Mapa con las estaciones REDCAM en el departamento de Bolívar. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolor (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo.

En la zona de **Costa Norte**, se ubican cuatro estaciones: Faro Galerazamba, isla Arena, Boca y Punta Canoa. En la zona **Bahía Afuera**, se encuentran las estaciones de playas turísticas de Crespo, Marbella, Manzanillo y Bocagrande, la Escollera submarina y Tierra Bomba. La zona **Bahía de Cartagena**, está conformada por dos bahías, una interna y una externa, la primera se ubica al norte y tiene comunicación con la bahía externa en el sector del Laguito, y la segunda corresponde al área más extensa que se conecta con el mar Caribe a través de dos bocas, una al norte (Bocagrande) y otra al sur (Bocachica), a través de las cuales se realiza el intercambio de agua. En esta zona se cuenta con 11 estaciones de muestreo de agua superficial, ubicadas en el

Canal del Dique y zona industrial de Mamonal, en dos de las cuales se muestrea sedimento. En la zona **Bahía de Barbacoas**, se encuentran cinco estaciones de muestreo de agua, situadas en las desembocaduras de los caños Lequerica, Matunilla y Correa del Canal del Dique, y en la desembocadura del arroyo Plata. Por último, la zona de las **Islas**, la conforman cinco estaciones de muestreo de aguas ubicadas en las Islas del Rosario y Barú sobre la bahía de Barbacoas. Esta zona tiene una alta importancia ambiental por encontrarse las mayores áreas coralinas del Caribe colombiano (Alonso *et al.*, 2015).

Los muestreos de calidad del agua superficial marina y costera en las estaciones del departamento fueron realizados por CARDIQUE. El segundo semestre de 2018, los días 23, 24 y 30 de octubre en las zonas Bahía de Cartagena, Islas y Barbacoas y el 3 de diciembre en las zonas de Bahía de Cartagena y Costa Norte; el primer semestre de 2019 entre los días 14 y 16 de mayo en las zonas Bahía de Cartagena y Barbacoas, el 06 de junio en las zonas Costa Norte y Bahía Afuera y el 18 de junio en la zona de Islas.

En las 31 estaciones REDCAM se midieron variables fisicoquímicas, microbiológicas, contaminantes orgánicos (hidrocarburos, plaguicidas organoclorados y organofosforados) e inorgánicos (metales disueltos: plomo, cadmio, cromo, cobre, zinc y níquel) (Figura 8.2). En las estaciones Álcalis y desembocadura del Canal del Dique se colectaron muestras de sedimentos superficiales.

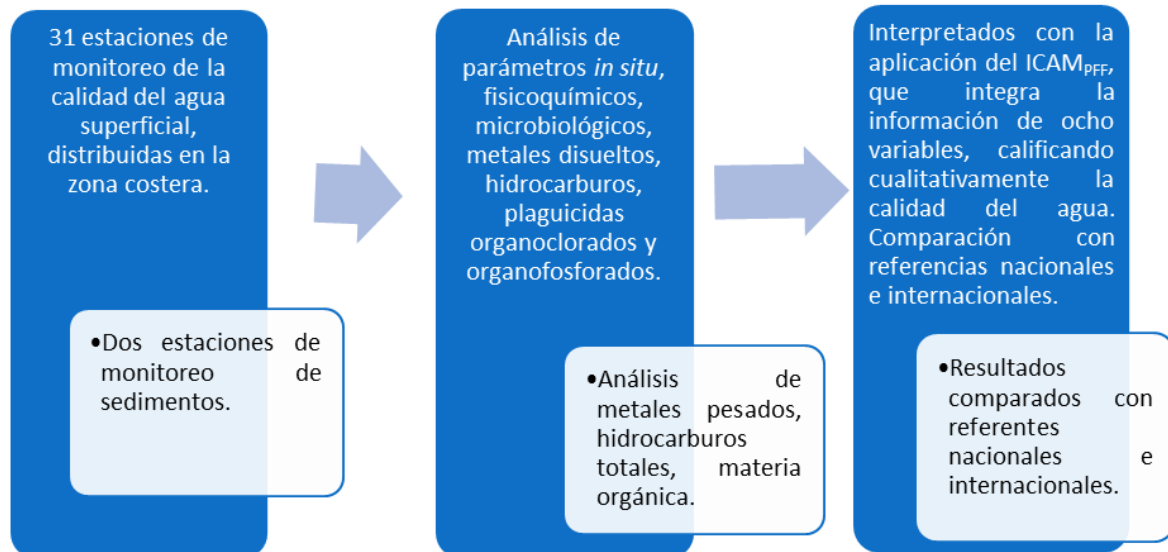


Figura 8.2. Resumen del monitoreo REDCAM en el departamento de Bolívar, realizado en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019.

8.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Para analizar el impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad de las aguas marinas del departamento de Bolívar, se elaboró la Tabla 8.1, donde se muestran las fuentes de contaminación, las cuales se distribuyen a lo largo de toda la zona costera (Figura 8.3), donde se destacan por su importancia e impactos los residuos de las actividades industriales, marítima portuaria, agropecuarias, el turismo tradicional y los residuos líquidos y sólidos de las poblaciones de Cartagena ([Troncoso et al., 2009](#)). Adicionalmente, en las bahías de Cartagena y Barbacoas desemboca el Canal del Dique, un brazo artificial del río Magdalena, el cual es el principal contribuyente de sedimentos y carga de contaminantes desde el continente ([Restrepo et al., 2018](#)).

Tabla 8.1. Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en el departamento de Bolívar.

Actividad/Fuente contaminante		Sustancias contaminantes	Cuerpos de agua receptores
Residuos de la población de Cartagena	Residuos sólidos domésticos.	Materia orgánica, residuos de hidrocarburos, aceites, metales pesados, microorganismos patógenos, detergentes, sólidos sedimentables y en suspensión, plásticos.	Mar Caribe, bahía de Cartagena, ciénagas Las Quintas y La Virgen.
	Vertimientos de aguas residuales y escorrentías urbanas.		
Descargas de tributarios	Canal del Dique.	Materia orgánica, detergentes, metales pesados, agroquímicos, nutrientes, sólidos en suspensión, microorganismos, plásticos.	Bahías de Cartagena y Barbacoas, mar Caribe.
Actividades productivas y socioeconómicas	Industrias de sustancias químicas básicas, productos plásticos, petróleo, procesamiento de productos pesqueros, entre otros.	Aguas residuales industriales, nutrientes, agroquímicos, materia orgánica, metales pesados, microplásticos.	Bahía de Cartagena, mar Caribe.
	Cultivos de yuca, plátano, coco, maíz, y frutales.	Materia orgánica, residuos de hidrocarburos, plaguicidas, microorganismos, nutrientes, plásticos.	Canal del Dique, mar Caribe.
	Turismo de sol y playa, hoteles, restaurantes, comercio.	Materia orgánica, residuos sólidos, hidrocarburos, plaguicidas, microorganismos de origen fecal, sólidos en suspensión, plásticos y microplásticos.	Mar Caribe, ciénagas Las Quintas y La Virgen.
	Sociedad Portuaria de Cartagena, transporte de pasajeros, mercancía, cargue y descargue de productos.	Aguas de lastre, residuos de hidrocarburos, otros residuos oleosos, plásticos.	Canal del Dique, bahía de Cartagena y mar Caribe.

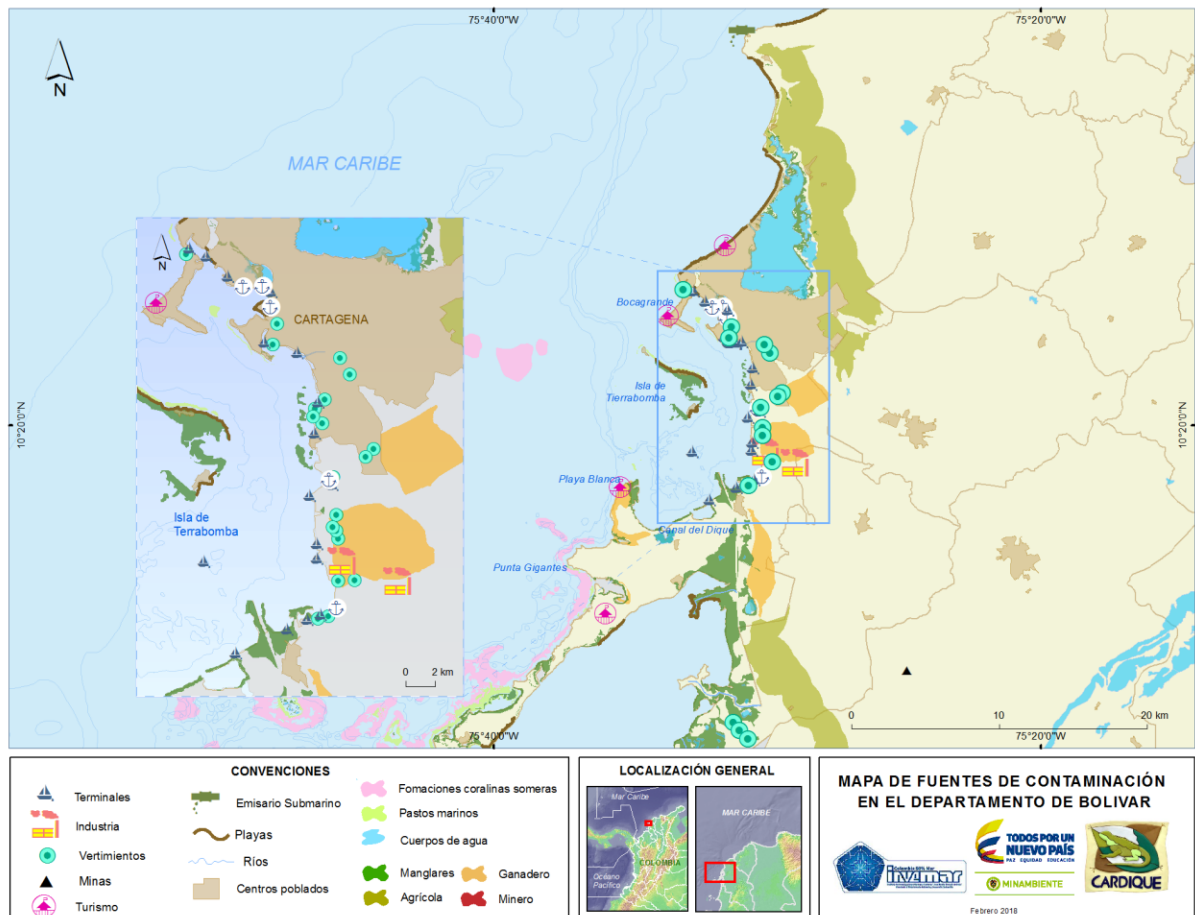


Figura 8.3. Mapa de la distribución de ecosistemas marino-costeros, centros poblados, actividades antropogénicas y fuentes terrestres y marinas de contaminación en el departamento de Bolívar, Caribe colombiano.

8.2 CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS

La calidad de las aguas marino costeras del departamento de Bolívar se evaluó aplicando el Índice de Calidad de Aguas para Preservación de flora y fauna -ICAM_{PFF} (Vivas-Aguas *et al.*, 2014a). Los resultados de las variables usadas para estimar el ICAM_{PFF} se resumen en la Tabla 8.2.

El ICAM_{PFF} se aplicó a 24 estaciones que cumplían con el tipo de agua marina-estuarina y con el número de mínimo de variables requeridas. Como resultado de la aplicación del ICAM_{PFF}, se encontró que en el muestreo del segundo semestre de 2018, la calidad del agua en el 57% de las estaciones fue adecuada; en el 24% inadecuada, en el 14% pésima y en el 5% aceptable (Figura 8.4).

Tabla 8.2. Resultados de las variables de calidad de agua usadas en el ICAM_{PF} en las estaciones de monitoreo del departamento de Bolívar en los muestreos realizados en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019; excepto las estaciones indicadas con (***) y (*). Oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes Termotolerantes (CTE), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD). No medido (NM).

ZONA	ESTACIÓN	Segundo semestre de 2018								Primer semestre de 2019								
		Sal	pH	OD	DBO ₅	SST	Nitratos	Fosfatos	CTE (NMP/100 mL)	Sal	pH	OD	DBO ₅	SST	Nitratos	Fosfatos	HPDD	CTE (NMP/100 mL)
				mg/L			µg/L					mg/L			µg/L			
Costa Norte	Boca Canoa	39	8,0	7,0	2	62	NM	<30	8,2	36	8,5	6,5	3,58	71	<640	<30	28,7	40
	Faro Galerazamba	39	8,0	7,5	NM	54	23	<30	20	35	8,6	6,6	NM	34	<640	30	NM	2
	Isla Arena	38	8,0	7,2	NM	64	21	<30	<1,8	35	8,4	6,4	NM	76	<640	<30	NM	<1,8
	Punta Canoa	39	8,0	7,0	5	44	31	<30	<1,8	37	8,5	6,6	3,28	133	<640	<30	NM	45
Bahía Afuera	Escollera submarina	22	8,0	7,1	NM	18	NM	<30	4,5	20	8,6	7,7	NM	20	1586	30	11,4	780
	P. Bocagrande	37	8,0	7,1	3	75	28	1.400	45	36	8,4	6,5	3,18	186	<640	<30	26	<1,8
	P. Crespo	37	7,9	6,9	NM	78	1.051	70	4,5	34	8,5	6,4	NM	71	<640	40	23,7	2
	P. Manzanillo	38	8,0	7,0	NM	76	84	<30	<1,8	36	8,3	6,4	NM	15	<640	<30	NM	<1,8
	P. Marbella	38	8,3	7,4	NM	65	106	<30	<1,8	37	8,4	6,3	NM	135	<640	30	NM	4,8
	Tierra Bomba	33	8,1	5,6	NM	18	NM	<30	<1,8	32	8,5	6,7	NM	26	<640	30	NM	20
Bahía de Cartagena	Álcalis	20	8,0	5,1	NM	23	NM	<30	450	17	8,3	6,2	3,06	20	3.037	50	24,6	450
	Astillero Naval	17	8,1	4,8	NM	28	NM	650	40	15	8,5	7,9	NM	21	2.581	30	NM	680
	B. Canal del Dique**	3,9	8,1	4,4	NM	470	NM	80	450	0	8,7	6,5	NM	242	3.146	80	28,8	4.500
	Boya 41	23	8,3	6,7	NM	15	NM	<30	33	17	8,5	7,6	2,82	-1	1.688	40	14,2	2.700
	Canal del Dique**	0	8,2	3,5	NM	280	NM	150	200	0	8,3	6,5	NM	249	3.780	80	17,8	2.000
	F. Emisario	19	8,1	6,8	NM	29	NM	<30	200	24	8,6	7,8	NM	33	8.828	30	33,4	2.000
	M. Oceanográfico	24	7,5	6,5	NM	19	NM	<30	4,5	20	8,5	7,8	NM	19	1.463	30	29,2	1.100
	Roja Bocachica	17	8,3	5,5	NM	13	NM	<30	75	11	8,5	7,3	NM	16	2.188	30	NM	2.300
	Roja F. Corelca	21	7,6	6,4	NM	24	NM	<30	450	20	8,6	8,1	NM	27	2.721	30	NM	<1,8
	Verde F. Caño Loro	11	8,4	4,8	NM	16	NM	360	13	14	8,5	7,2	NM	28	1.761	30	NM	200
Verde Polvorín	21	8,3	6,5	NM	25	NM	<30	20	21	8,6	7,6	NM	29	1.136	30	NM	780	
Barbacoas	B. Arroyo Plata	33	8,3	7,0	NM	51	NM	<30	<1,8	30	8,3	7,2	NM	38	<640	70	NM	<1,8
	B. Lequerica**	0	8,3	4,1	NM	383	NM	NM	1.400	1	8,9	7,4	NM	461	3.001	90	NM	4.500
	B. Matunilla**	0	8,0	3,9	NM	424	NM	NM	450	0	7,7	7,1	NM	399	1.712	90	NM	230
	C. Lequerica**	0	8,3	4,0	NM	439	NM	NM	450	0	7,6	7	2,02	399	2.756	90	NM	450
	C. Matunilla**	0	8,1	3,8	NM	437	NM	NM	450	0	7,8	7,2	NM	349	2.707	80	NM	450
Islas	Isla Barú	26	7,5	6,7	NM	52	NM	<30	<1,8	NM	NM	NM	NM	NM	736	<30	NM	NM
	Caño Ratón*	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	36	8,5	6,5	NM	19	<640	30	NM	<1,8
	F. Isla Arena*	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	35	8,5	6,5	NM	16	NM	<30	NM	4
	Isla Grande*	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	36	8,5	6,4	NM	6	<640	NM	NM	2
	Oceanario*	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	36	8,5	6,2	NM	13	<640	<30	NM	2

**Estaciones con características de aguas fluviales y en las que no se aplicó el ICAM_{PF} y *Estaciones con información insuficiente para estimar el ICAM_{PF}

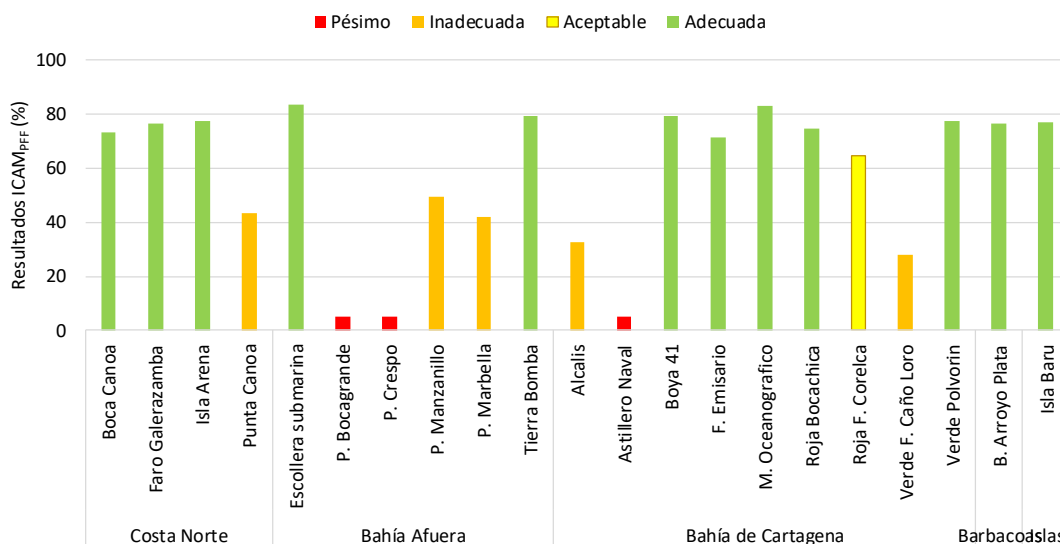


Figura 8.4. Calidad del agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costera del departamento de Bolívar, en el muestreo del segundo semestre de 2018.

La pésima calidad del agua en las estaciones playa Bocagrande, playa Crespo y Astillero Naval se debe a las elevadas concentraciones de fosfatos y nitratos, además de la alta demanda bioquímica de oxígeno (Tabla 8.3). La calidad inadecuada en las estaciones de Punta Canoa, playa Manzanillo, playa Marbella, Álcalis y verde caño Loro, se asociaron a la alta demanda bioquímica de oxígeno, de concentraciones de nitratos y fosfatos, y elevadas concentraciones de sólidos suspendidos totales.

Tabla 8.3. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PFF} calculado en las estaciones REDCAM del departamento de Bolívar, en el muestreo realizado el segundo semestre de 2018. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación	Calificación de los subíndices						
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	DBO ₅	CTE
Costa Norte	Boca Canoa	Óptimo	Aceptable	Aceptable	NM	Adecuado	Aceptable	Óptimo
	Faro Galerazamba	Óptimo	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Óptimo	NM	Óptimo
	Isla Arena	Óptimo	Aceptable	Inadecuado	Adecuado	Óptimo	NM	Óptimo
	Punta Canoa	Adecuado	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Óptimo	Pésimo	Óptimo
Bahía Afuera	Escollera submarina	Adecuado	Aceptable	Adecuado	NM	Óptimo	NM	Óptimo
	P. Bocagrande	Óptimo	Pésimo	Inadecuado	Aceptable	Óptimo	Pésimo	Adecuado
	P. Crespo	Adecuado	Pésimo	Inadecuado	Pésimo	Adecuado	NM	Óptimo
	P. Manzanillo	Adecuado	Aceptable	Inadecuado	Pésimo	Óptimo	NM	Óptimo
	P. Marbella	Adecuado	Aceptable	Inadecuado	Pésimo	Óptimo	NM	Óptimo
	Tierra Bomba	Adecuado	Aceptable	Adecuado	NM	Adecuado	NM	Óptimo
Bahía de Cartagena	Álcalis	Adecuado	Aceptable	Adecuado	NM	Aceptable	Pésimo	Inadecuado
	Astillero Naval	Óptimo	Pésimo	Adecuado	NM	Aceptable	NM	Adecuado
	Boya 41	Adecuado	Aceptable	Adecuado	NM	Adecuado	NM	Adecuado
	F. Emisario	Óptimo	Aceptable	Adecuado	NM	Adecuado	NM	Aceptable
	M. Oceanográfico	Óptimo	Aceptable	Adecuado	NM	Adecuado	NM	Óptimo
	Roja Bocachica	Óptimo	Aceptable	Adecuado	NM	Adecuado	NM	Adecuado
	Roja F. Corelca	Adecuado	Aceptable	Adecuado	NM	Adecuado	NM	Inadecuado
	Verde F. Caño Loro	Adecuado	Pésimo	Adecuado	NM	Aceptable	NM	Óptimo
Verde Polvorín	Adecuado	Aceptable	Adecuado	NM	Adecuado	NM	Óptimo	
Barbacoas	B. Arroyo Plata	Adecuado	Aceptable	Aceptable	NM	Óptimo	NM	Óptimo
Islas	Isla Barú	Adecuado	Aceptable	Aceptable	NM	Adecuado	NM	Óptimo

En el muestreo del primer semestre de 2019, se observó un deterioro de la calidad de las aguas, con un aumento de las estaciones con calidad pésima (46%) y un 4% con calidad inadecuada; el 21% de las estaciones tuvo calidad adecuada, y el 17% aceptable (Figura 8.5). La mayoría de las estaciones con calidad pésima se encuentra en la zona de la bahía de Cartagena, bajo la influencia del Canal del Dique y también de vertimientos de aguas residuales, principalmente industriales. En estas estaciones se encontraron concentraciones de nitratos y ortofosfatos elevadas (Tabla 8.4); además, las concentraciones de CTE fueron mayores del criterio de calidad (<200 NMP/100 mL; [MinAmbiente, 2015](#)), indicando contaminación por aguas residuales (Tabla 8.4).

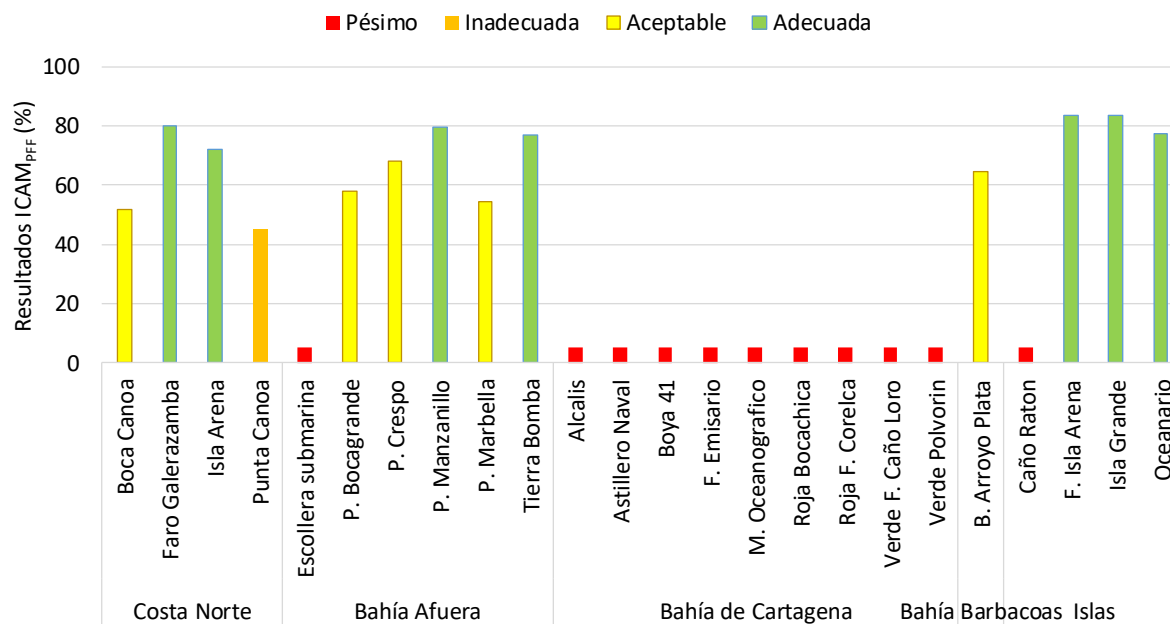


Figura 8.5. Calidad del agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costera del departamento de Bolívar, en el muestreo del primer semestre de 2019.

En la estación Punta Canoa, la calidad fue inadecuada para la preservación de flora y fauna, debido a las altas concentraciones de sólidos suspendidos totales, nitratos y ortofosfatos, además de la demanda bioquímica de oxígeno (Tabla 8.4). En las demás estaciones con calidad aceptable y adecuada, las variables de pH y OD se encontraron dentro de los criterios de calidad en aguas cálidas marinas y estuarinas ([MinAmbiente, 2015](#)), y en la mayoría de las estaciones, los CTE y sólidos suspendidos totales fueron aceptables, adecuados y óptimos (Tabla 8.4).

Tabla 8.4. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PF} calculado en las estaciones REDCAM en Bolívar, en el muestreo realizado el primer semestre de 2019. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación	Calificación de los subíndices						
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	DBO ₅	CTE
Costa Norte	Boca Canoa	Adecuado	Aceptable	Inadecuado	Pésimo	Adecuado	Pésimo	Adecuado
	Faro Galerazamba	Adecuado	Aceptable	Aceptable	Pésimo	Adecuado	NM	Óptimo
	Isla Arena	Adecuado	Aceptable	Inadecuado	Pésimo	Adecuado	NM	Óptimo
	Punta Canoa	Adecuado	Aceptable	Pésimo	Pésimo	Adecuado	Pésimo	Adecuado
Bahía Afuera	Escollera submarina	Adecuado	Aceptable	Adecuado	Pésimo	Óptimo	NM	Inadecuado
	P. Bocagrande	Adecuado	Aceptable	Inadecuado	Pésimo	Adecuado	Pésimo	Óptimo
	P. Crespo	Adecuado	Inadecuado	Inadecuado	Pésimo	Adecuado	NM	Óptimo
	P. Manzanillo	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Pésimo	Adecuado	NM	Óptimo
	P. Marbella	Adecuado	Aceptable	Pésimo	Pésimo	Adecuado	NM	Óptimo
	Tierra Bomba	Adecuado	Aceptable	Adecuado	Pésimo	Adecuado	NM	Óptimo
Bahía de Cartagena	Álcalis	Aceptable	Inadecuado	Adecuado	Pésimo	Adecuado	Pésimo	Inadecuado
	Astillero Naval	Adecuado	Aceptable	Adecuado	Pésimo	Óptimo	NM	Inadecuado
	Boya 41	Aceptable	Inadecuado	Óptimo	Pésimo	Óptimo	NM	Pésimo
	F. Emisario	Adecuado	Aceptable	Aceptable	Pésimo	Óptimo	Inadecuado	Pésimo
	M. Oceanográfico	Adecuado	Aceptable	Adecuado	Pésimo	Óptimo	NM	Pésimo
	Roja Bocachica	Adecuado	Aceptable	Adecuado	Pésimo	Óptimo	NM	Pésimo
	Roja F. Corelca	Adecuado	Aceptable	Adecuado	Pésimo	Óptimo	NM	Óptimo
	Verde F. Caño Loro	Adecuado	Aceptable	Adecuado	Pésimo	Óptimo	NM	Aceptable
Verde Polvorín	Óptimo	Aceptable	Adecuado	Pésimo	Óptimo	NM	Inadecuado	
Barbacoas	B. Arroyo Plata	Óptimo	Pésimo	Aceptable	Pésimo	Óptimo	NM	NM
Islas	Caño Ratón	Óptimo	Aceptable	Adecuado	Pésimo	Adecuado	NM	NM
	F. Isla Arena	Óptimo	Aceptable	Adecuado	Pésimo	Adecuado	NM	NM
	Isla Grande	Adecuado	Aceptable	Óptimo	Pésimo	Adecuado	NM	NM
	Oceanario	Óptimo	Aceptable	Adecuado	Pésimo	Adecuado	Aceptable	NM

Por otra parte, se analizó la calidad microbiológica del agua en las playas turísticas de Cartagena teniendo en cuenta las concentraciones de Coliformes Totales (CTT) y Coliformes Termotolerantes (CTE); adicionalmente, se midieron los Enterococos Fecales (EFE). En el segundo muestreo de 2018 las concentraciones de CTT oscilaron entre menor que 1,8 y 7.500 MNP/100 mL (Tabla 8.5). En las estaciones Isla Barú y Faro Galerazamba las concentraciones de CTT estuvieron por encima del valor permisible para el uso recreativo por contacto primario (1000 NMP/100 mL), según el Decreto 1076 de 2015 (MinAmbiente, 2015). En las demás playas las concentraciones de CTT estuvieron por debajo del límite permisible para el contacto primario (1000 NMP/100 mL; MinAmbiente, 2015). En el muestreo del primer semestre de 2019, las concentraciones de CTT en todas las estaciones estuvieron por debajo del límite permisible para el uso recreativo del agua (Tabla 8.5).

Las concentraciones de CTE determinadas en los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, en todas las playas estuvieron por debajo de 200 NMP/100 mL, lo cual indica que la calidad del agua fue apta para el uso recreativo de los bañistas (Tabla 8.5).

Tabla 8.5. Concentración de Coliformes Totales (CTT) y Termotolerantes (CTE) en el agua superficial de las estaciones en playas turísticas del departamento de Bolívar, medidas en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019. No medido (NM). Sin referencia (-). Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y secundario se tomaron del Decreto 1076 de 2015 (MinAmbiente, 2015).

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)		CTE (NMP/100 mL)	
		Segundo Semestre 2018	Primer semestre 2019	Segundo Semestre 2018	Primer semestre 2019
Costa Norte	Boca Canoa	12	40	8	40
	Faro Galerazamba	330	5	20	2
	Punta Canoa	<1,8	78	<1,8	45
Bahía Afuera	P. Bocagrande	78	<1,8	45	<1,8
	P. Crespo	5	33	5	2
	P. Manzanillo	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	P. Marbella	<1,8	45	<1,8	5
Islas	Isla Barú	7.500	NM	<1,8	NM
	Caño Ratón	NM	<1,8	NM	<1,8
Límite permisible contacto primario		1.000		200	
Límite permisible contacto secundario		5.000		-	

En el muestreo del segundo semestre de 2018, las concentraciones de EFE oscilaron entre 10 y 570 NMP/100 mL; y en el muestreo del primer semestre de 2019, entre 10 y 400 NMP/100 mL (Tabla 8.6). Las concentraciones más altas en los muestreos de 2018 y 2019 se registraron en las playas Isla Barú, Boca Canoa y Caño Ratón, no obstante, las concentraciones históricas más elevadas se han registrado en las playas de Bocagrande (182 ± 380 NMP/100 mL), Crespo (130 ± 180 NMP/100 mL) y Marbella (120 ± 180 NMP/100 mL) (Tabla 8.6).

Tabla 8.6. Concentración de Enterococos Fecales (EFE) en las playas del departamento de Bolívar, durante los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019. No medido (NM).

Zona	Estación	Enterococos Fecales (NMP/100 mL)	
		Segundo semestre 2018	Primer semestre 2019
Costa Norte	Boca Canoa	30	400
	Faro Galerazamba	110	20
	Punta Canoa	NM	80
Bahía Afuera	P. Bocagrande	NM	10
	P. Crespo	10	100
	P. Manzanillo	NM	10
	P. Marbella	NM	230
Islas	Isla Barú	570	NM
	Caño Ratón	NM	360

Otras variables medidas en aguas superficiales de las estaciones REDCAM en Bolívar y que no hacen parte del ICAM_{PFF}, son los plaguicidas y los metales pesados disueltos: plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), zinc (Zn) y níquel (Ni). En el segundo semestre de 2018 no se midieron los compuestos de plaguicidas ni de hidrocarburos disueltos. En el primer semestre de 2019, se analizaron 45 compuestos de plaguicidas entre organoclorados y organofosforados en ocho estaciones de monitoreo (Álcalis, playa Bocagrande, Roja Corelca, Canal del Dique, Boca del Canal del Dique, frente a emisario y Punta Canoa). En todas las muestras analizadas las concentraciones de los 45 compuestos, estuvieron por debajo del límite de detección del método usado en el LABCAM del INVEMAR.

Las concentraciones de cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn) en los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, se muestran en la Tabla 8.7.

Las concentraciones de Cd en las estaciones Tierra Bomba, Álcalis, Astillero Naval, muelle Oceanográfico y Verde F. caño Loro en el muestreo del segundo semestre de 2018; y en las estaciones Escollera submarina, Tierra Bomba, Álcalis, Boya 41, Frente emisario, Muelle Oceanográfico, Boya Roja frente a Corelca, Verde Polvorín y desembocadura del arroyo Plata en el primer muestreo del 2019 (Tabla 8.7), superaron el valor de referencia para efectos crónicos en organismos marinos y estuarinos propuesto por la NOAA (8,8 µg Cd/L; [Buchman, 2008](#)). En el caso de la estación desembocadura del Arroyo Playa, en el primer semestre de 2019, la concentración de Cd superó el valor de referencia para efectos agudos en agua estuarina (40 µg Cd/L) y en agua dulce (2 µg Cd/L; [Buchman, 2008](#)).

Las concentraciones de Cu en las estaciones Boca Canoa, Faro Galerazamba, isla Arena, Punta Canoa, playa Manzanillo, playa Bocagrande y playa Crespo en el segundo semestre de 2018; y en Faro Galerazamba, playa Manzanillo, playa Bocagrande y playa Crespo en el primer semestre de 2019, estuvieron por encima de los valores de referencia para efectos crónicos y agudos en organismos estuarinos y marinos (Tabla 8.7).

Tabla 8.7. Concentraciones de metales pesados disueltos en el agua superficial de las estaciones REDCAM en Bolívar, en los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019. Valores con el símbolo (<) indica el límite de detección del método analítico utilizado en el laboratorio de CARDIQUE. Los valores de referencia para efectos crónicos (color amarillo) y agudos (color naranja) fueron tomados de [Buchman \(2008\)](#) y [CONAMA \(2005\)](#). No medido (NM).

Zona	Estación	Cd (µg/L)		Cu (µg/L)		Cr (µg/L)		Ni (µg/L)		Pb (µg/L)		Zn (µg/L)	
		2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1
Costa Norte	Boca Canoa	<5	<10	40,0	<50	<25	<25	<25	<150	NM	<200	10,0	<10,0
	Faro Galerazamba	<5	<10	40,0	60,0	62,0	<25	<25	<150	NM	<200	20,0	13,0
	Isla Arena	<5	<10	30,0	<50	<25	<25	<25	<150	NM	<200	10,0	<10,0
	Punta Canoa	<5	<10	40,0	<50	<25	<25	<25	<150	NM	<200	10,0	<10,0
Bahía Afuera	Escollera submarina	8,0	15,0	<20	<50	<25	<25	87,0	<150	23,0	<200	<10,0	12,0
	P. Bocagrande	<5	<10	20,0	63,0	<25	<25	<25	<150	NM	<200	<10,0	11,0
	P. Crespo	<5	<10	20,0	58,0	<25	<25	<25	<150	NM	<200	10,0	12,0
	P. Manzanillo	<5	<10	30,0	66,0	<25	<25	<25	<150	NM	<200	10,0	12,0
	P. Marbella	<5	<10	<20	<50	<25	<25	<25	<150	NM	<200	10,0	10,0
	Tierra Bomba	12,0	40,0	<20	<50	<25	<25	65,0	<150	52,0	203,0	434,0	41,0
Bahía de Cartagena	Álcalis	9,0	14,0	<20	<50	<25	<25	102,0	<150	19,0	217,0	10,0	11,0
	Astillero Naval	9,0	<10	<20	<50	<25	<25	79,0	<150	9,0	<200	<10,0	<10,0
	B. Canal del Dique	7,0	<10	<20	<50	<25	<25	80,0	<150	29,0	<200	32,0	<10,0
	Boya 41	8,0	13,0	<20	<50	<25	<25	87,0	<150	19,0	<200	<10,0	23,0
	Canal del Dique	8,0	<10	<20	<50	<25	<25	150,0	<150	32,0	<200	27,0	<10,0
	F. Emisario	8,0	31,0	<20	<50	<25	<25	<25	<150	18,0	278,0	<10,0	21,0
	M. Oceanográfico	10,0	17,0	<20	<50	<25	<25	90,0	<150	19,0	<200	10,0	15,0
	Roja Bocachica	8,0	<10	<20	<50	<25	<25	82,0	<150	14,0	<200	<10,0	<10,0
	Roja F. Corelca	7,0	20,0	<20	<50	<25	<25	<25	<150	15,0	266,0	<10,0	14,0
	Verde F. Caño Loro	9,0	<10	<20	<50	<25	<25	73,0	<150	25,0	<200	<10,0	<10,0
Barbacoas	Verde Polvorín	7,0	20,0	<20	<50	<25	<25	<25	<150	18,0	264,0	<10,0	36,0
	B. Arroyo Plata	<5	45,0	<20	<50	<25	<25	<25	163,0	NM	293,0	<10,0	25,0
	B. Lequerica	5,0	<10	<20	<50	<25	<25	79,0	<150	27,0	<200	23,0	19,0
	B. Matunilla	7,0	<10	<20	<50	<25	<25	64,0	<150	32,0	<200	26,0	26,0
	C. Lequerica	7,0	<10	<20	<50	<25	<25	93,0	<150	24,0	<200	22,0	15,0
Islas	C. Matunilla	7,0	<10	<20	<50	<25	<25	100,0	<150	25,0	<200	20,0	10,0
	Isla Barú	<5	NM	<20	NM	<25	NM	<25	NM	NM	NM	<10,0	NM
	Caño Ratón	NM	<10	NM	<50	NM	<25	NM	<150	NM	<200	NM	22,0
	F. Isla Arena	NM	<10	NM	<50	NM	<25	NM	<150	NM	<200	NM	24,0
	Isla Grande	NM	<10	NM	<50	NM	<25	NM	<150	NM	<200	NM	19,0

Zona	Estación	Cd (µg/L)		Cu (µg/L)		Cr (µg/L)		Ni (µg/L)		Pb (µg/L)		Zn (µg/L)	
		2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1
	Oceanario	NM	<10	NM	<50	NM	<25	NM	<150	NM	<200	NM	19,0
	Ref. efectos crónicos agua marina	8,8		1,3		50		8,2		8,1		81	
	Ref. efectos agudo agua marina	40		4,8		-		74		210		90	
	Ref. efectos crónicos agua dulce	0,25		9		50		52		2,5		120	
	Ref. efectos agudo agua dulce	2		13		-		470		65		120	

Las concentraciones de Cr en el agua colectada en el muestreo del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, estuvieron por debajo del límite de detección del método utilizado en el laboratorio Ambiental de CARDIQUE (<25 µg Cr/L), con excepción de la estación Faro de Galerazamba en el muestreo del segundo semestre de 2018, cuya concentración superó el valor de referencia para efectos crónicos para organismos marinos (50 µg Cr/L; [CONAMA, 2005](#)).

Las concentraciones de Ni en el agua de 14 estaciones muestreadas el segundo semestre de 2018, superaron los valores de referencia para efectos agudos en aguas marinas y estuarinas (74 µg Zn/L) y el de referencia para efectos crónicos en aguas dulce (52 µg Zn/L) (Tabla 8.7). En el muestreo primer semestre de 2019, solo se cuantificó Ni en la estación boca del arroyo Plata (163 µg/L) en concentración que superó el valor de referencia para efectos agudos en aguas estuarinas y el valor de referencia de efectos crónicos en organismos de agua dulce (Tabla 8.7).

Las concentraciones de Pb en el segundo semestre de 2018 oscilaron entre 9 y 52 µg Pb/L. En el primer semestre de 2019, las concentraciones oscilaron entre límite de detección del método usado en el Laboratorio de Calidad Ambiental de CARDIQUE (<200 µg Pb/L) y 293 µg Pb/L. Las concentraciones de Pb cuantificadas en los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019 en las estaciones de la zona bahía de Cartagena y en las estaciones Escollera submarina, Tierra Bomba, estuvieron por encima del valor de referencia para efectos crónicos (8,1 µg Pb/L) y agudos (210 µg Pb/L) en organismos de agua marina y estuarina, y efectos crónicos en agua dulce (Tabla 8.7).

Las concentraciones de Zn, oscilaron entre valores por debajo del límite de detección del método (<10 µg Zn/L) y 343 µg Zn/L (Tabla 8.7). Las mayores concentraciones se registraron en las estaciones Tierra Bomba, Boya verde Polvorín, Boya 41 y boca del caño Matunilla. En la estación Tierra Bomba, la concentración superó el valor de referencia para efectos agudos en organismos marinos (90 µg Zn/L; [Buchman, 2008](#)). En las demás estaciones, las concentraciones de Zn estuvieron por debajo de los valores de referencia para efectos crónicos (81 µg Zn/L) y agudos en organismos de agua marina, estuarina y dulce (Tabla 8.7). Se reconoce que los límites de cuantificación de algunos metales son muy altos, por encima de los valores de referencia, y que se requiere mejorar la sensibilidad de los métodos usados en el laboratorio ambiental de CARDIQUE.

8.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

La calidad del sedimento se evaluó en la estación Álcalis en el segundo semestre de 2018 y en la estación desembocadura del Canal del Dique en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019.

El contenido de materia orgánica oxidable medido en el segundo semestre de 2018 en la estación Canal del Dique fue de 0,57 mg/g y en la estación Álcalis de 3,8 mg/g; y en el primer semestre de 2019 en la estación Canal del Dique fue de 0,267 mg/g.

La concentración de hidrocarburos totales medido en el segundo semestre de 2018 en la estación Canal del Dique fue de 3,38 mg/kg y en la estación Álcalis de 0,03 µg/kg; y en el primer semestre de 2019 en la estación Canal del Dique fue de 0,02 mg/kg.

El Cu, Cr, Ni y Zn fueron cuantificados en las estaciones desembocadura del Canal del Dique y Álcalis en los muestreos realizados en 2018-2 y 2019-1 (Tabla 8.8), y los metales Cd y Pb en el primer semestre de 2019 en la estación desembocadura del Canal del Dique estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el Laboratorio Ambiental de CARDIQUE (Tabla 8.8). Las concentraciones de Cd, Cu, Cr y Pb estuvieron por debajo del valor de referencia de efectos umbral (TEL) para sedimentos de agua dulce y marino, mientras que el Ni y Zn en el muestreo primer semestre de 2019 superaron el valor TEL (Tabla 8.8), por encima del cual se pueden presentar efectos adversos en los organismos acuáticos de ambientes dulce y marino (Buchman, 2008).

Tabla 8.8. Metales pesados totales (en peso seco) en los sedimentos de dos estaciones REDCAM en Bolívar, colectados en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de Buchman (2008). No medido (NM). Sin referencia (-).

Estación	Cd (µg/g)		Cu (µg/g)		Cr (µg/g)		Ni (µg/g)		Pb (µg/g)		Zn (µg/g)	
	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1
Desembocadura Canal del Dique	0,38	<1,0	10,33	19,09	5,59	25,35	8,53	20,67	2,9	<20	34,19	132
Álcalis	0,39	NM	13,01	NM	7,21	NM	4,91	NM	1,1	NM	34,96	NM
Referencia TEL dulce	0,60		35,7		37,3		18		35		123	
Referencia PEL dulce	3,53		197		90		36		91,3		315	
Referencia TEL marino	0,68		18,7		52,3		15,9		30,2		124	
Referencia PEL marino	4,21		108		160		42,8		112		271	

8.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El cálculo del ICAM_{PFF} mostró que la calidad del agua marina costera para la preservación de flora y fauna en las estaciones REDCAM del departamento de Bolívar osciló entre adecuada y pésima, presentándose un detrimento de la calidad del agua en el primer semestre de 2019 con respecto al segundo semestre de 2018, especialmente en las estaciones de la zona Bahía de Cartagena, por las altas concentraciones de nutrientes disueltos, sólidos suspendidos totales, hidrocarburos disueltos y Coliformes Termotolerantes.
- ❖ En las playas turísticas de Boca Canoa, Bocagrande, Crespo, Marbella y Manzanillo, la calidad microbiológica del agua fue adecuada para su uso recreativo al presentar concentraciones de CTT y CTE por debajo de la normatividad colombiana.
- ❖ En el muestreo del primer semestre de 2019, no se evidenció contaminación de las aguas marinas y costeras por residuos de plaguicidas organoclorados, ni organofosforados.
- ❖ En el muestreo del primer semestre de 2019 se evidenció alta contaminación de hidrocarburos de petróleos disueltos y dispersos en las 12 estaciones de muestreo del departamento.
- ❖ En las estaciones desembocadura del Arroyo Plata, Galerazamba y Tierra Bomba, las concentraciones de metales totales Pb, Cd, Cu y Zn en el agua superficial, superaron los valores de referencia internacionales para efectos crónicos en la biota acuática. En el sedimento de las estaciones de Álcalis y desembocadura del Canal del Dique, las concentraciones de Ni y Zn superaron el valor de referencia para efecto umbral en la estación desembocadura del Canal del Dique. La presencia de metales en aguas y sedimentos indica que se debe continuar con el seguimiento de estos contaminantes incluyendo otras estaciones en la bahía de Cartagena y de las demás zonas del departamento de Bolívar y en el caso del sedimento evaluar su biodisponibilidad.

SUCRE

Por: Paola Sofía Obando - Madera



Arroyo Villeros, Sucre. Foto: Jair Florez

EQUIPO TÉCNICO CARSUCRE

Tulio R. Ruiz Álvarez – Director Técnico de Laboratorio
Liceth Herrera Benavides – Coordinador de Calidad del Laboratorio
Yerman Sierra Zapata – Técnico de Campo

9. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE SUCRE

El diagnóstico de la calidad de las aguas marino costeras del departamento de Sucre se realizó con base en la información colectada en el segundo semestre de 2018, en 32 estaciones de muestreo distribuidas en tres zonas: San Onofre, Golfo Afuera y Tolú – Coveñas. Cabe aclarar que no fue posible realizar el monitoreo durante el primer semestre de 2019 (Figura 9.1).

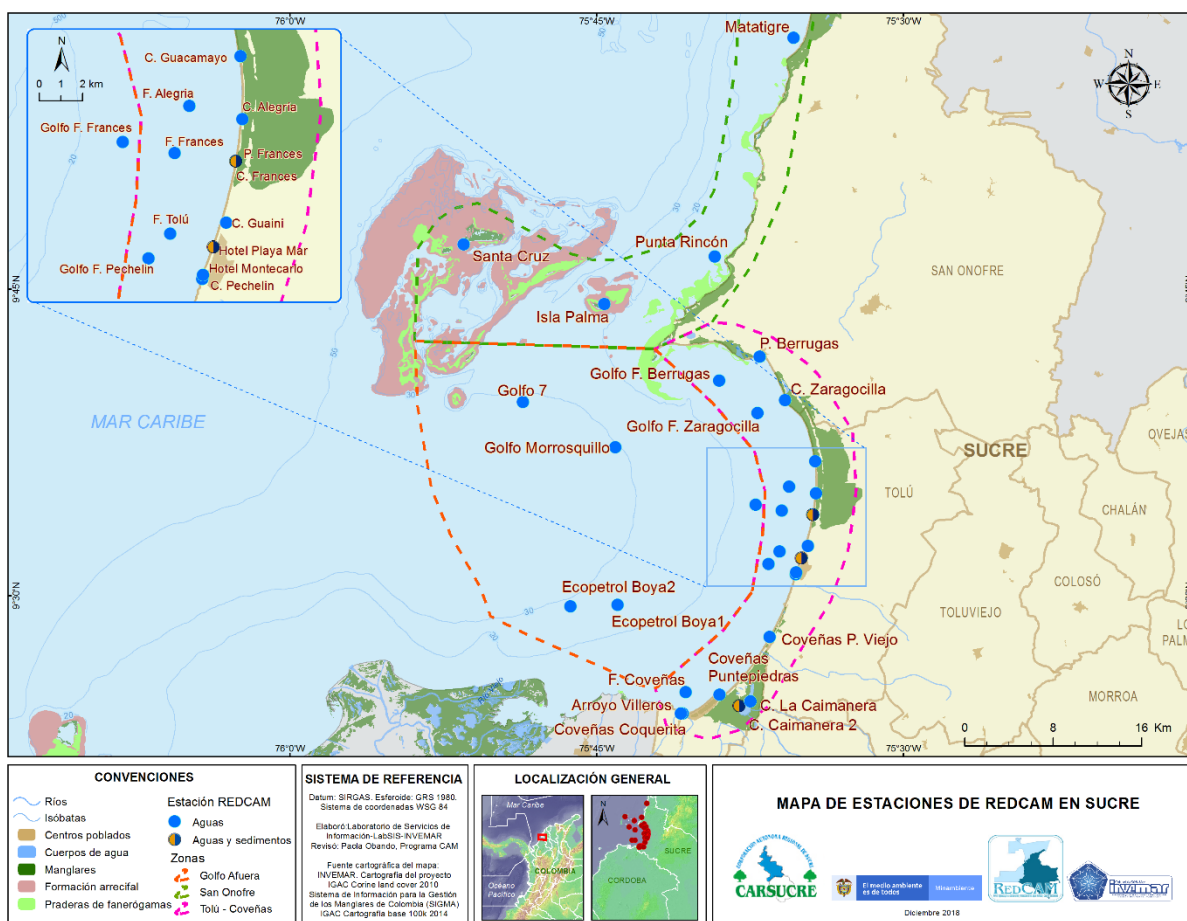


Figura 9.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Sucre. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolor (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan las zonas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

La zona **San Onofre** comprende desde el norte del municipio de San Onofre (Matatigre), hasta el Islote Santa Cruz de los Pescadores, las actividades que se realizan son pesca, turismo y ganadería, entre otras. En esta zona hay cuatro estaciones de calidad de aguas. En la zona de **Golfo Afuera** se ubican cinco estaciones, predominando las aguas marinas, con influencia del tránsito marítimo de embarcaciones de pequeño, mediano y gran calado y explotación de productos de pesca, cemento y combustibles. En la zona **Tolú – Coveñas**, se ubican 23 estaciones de aguas de tipo dulceacuícola, estuarinas y marinas; es una zona donde predominan las actividades turísticas, las descargas de los arroyos y ecosistemas de manglar (Figura 9.1).

El muestreo del segundo semestre 2018 de calidad del agua superficial marina y costera en las estaciones del departamento fue realizado por CARSUCRE e INVEMAR, y se llevó a cabo el 13 y 14 de agosto de 2018. En las 32 estaciones REDCAM se midieron variables fisicoquímicas, microbiológicas, contaminantes orgánicos (hidrocarburos, plaguicidas organoclorados y organofosforados) e inorgánicos (metales disueltos: cadmio, zinc, cobre, níquel, plomo, hierro y cromo VI). Se colectaron muestras de sedimentos en las estaciones playa Francés, playa Hotel Playa Mar y en Ciénaga La Caimanera, ubicadas en la zona **Tolú – Coveñas** (Figura 9.2).

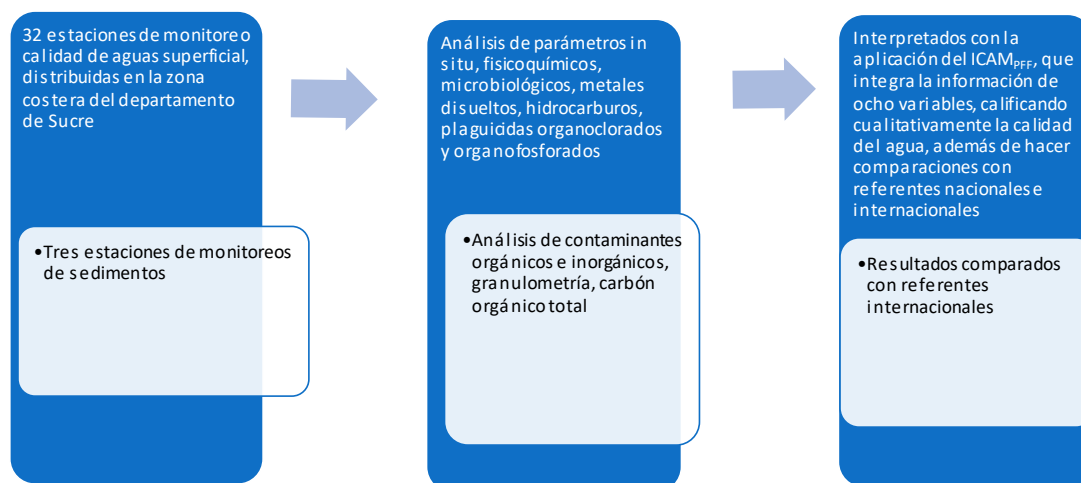


Figura 9.2. Resumen del monitoreo REDCAM en el departamento de Sucre, realizado en el segundo semestre de 2018.

9.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En Sucre, no hay presencia de grandes ríos, sino pequeños caños y arroyos como El Alegría, El Francés, Guacamaya, Cascajo y Guainí, que son receptores de escorrentías provenientes de las zonas rurales y urbanizadas, actividades de ganadería y agrícolas, y de las aguas residuales de la población de los municipios costeros de San Onofre, Santiago de Tolú y Coveñas (Tabla 9.1; Figura 9.3).

Tabla 9.1. Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en el departamento Sucre.

Actividad / Fuente	Contaminante	Contaminantes	Receptor
Residuos de la población	Disposición de residuos sólidos en cuerpos de agua, relleno sanitario a cielo abierto y en la zona costera	Materia orgánica, residuos de hidrocarburos, aceites, metales pesados, microorganismos patógenos, detergentes, sólidos sedimentables y en suspensión, plásticos.	Caños, Arroyos, Ciénaga La Caimanera, acuíferos, mar Caribe.
	Vertimientos de aguas residuales a cuerpos de agua y sin tratamiento previo.		
Descargas de tributarios	Caños Guacamaya, Alegría, El Francés, Guainí, Arroyo Cascajo, Boca de Ciénaga La Caimanera, entre otros.	Materia orgánica, detergentes, metales pesados, agroquímicos, nutrientes, sólidos, microorganismos patógenos, plásticos.	Mar Caribe

Actividad / Fuente Contaminante		Contaminantes	Receptor
Actividades productivas y socioeconómicas	Agropecuario (Ganadería, Pesca y cultivos)	Nutrientes, agroquímicos, materia orgánica, metales pesados, plásticos.	Caños, arroyos, mar Caribe
	Turismo (hoteles, restaurantes, actividades recreativas)	Materia orgánica, residuos de hidrocarburos, aceites, microorganismos, detergentes, plásticos.	
	Industria (Almacenamiento de Crudo y Planta de cemento y cal)	Residuos de hidrocarburos, sólidos en suspensión.	Mar Caribe
	Transporte de pasajeros, mercancía, cargue y descargue de productos, derrame de petróleo.	Aguas de lastre, residuos de hidrocarburos, otros residuos oleosos, plásticos.	

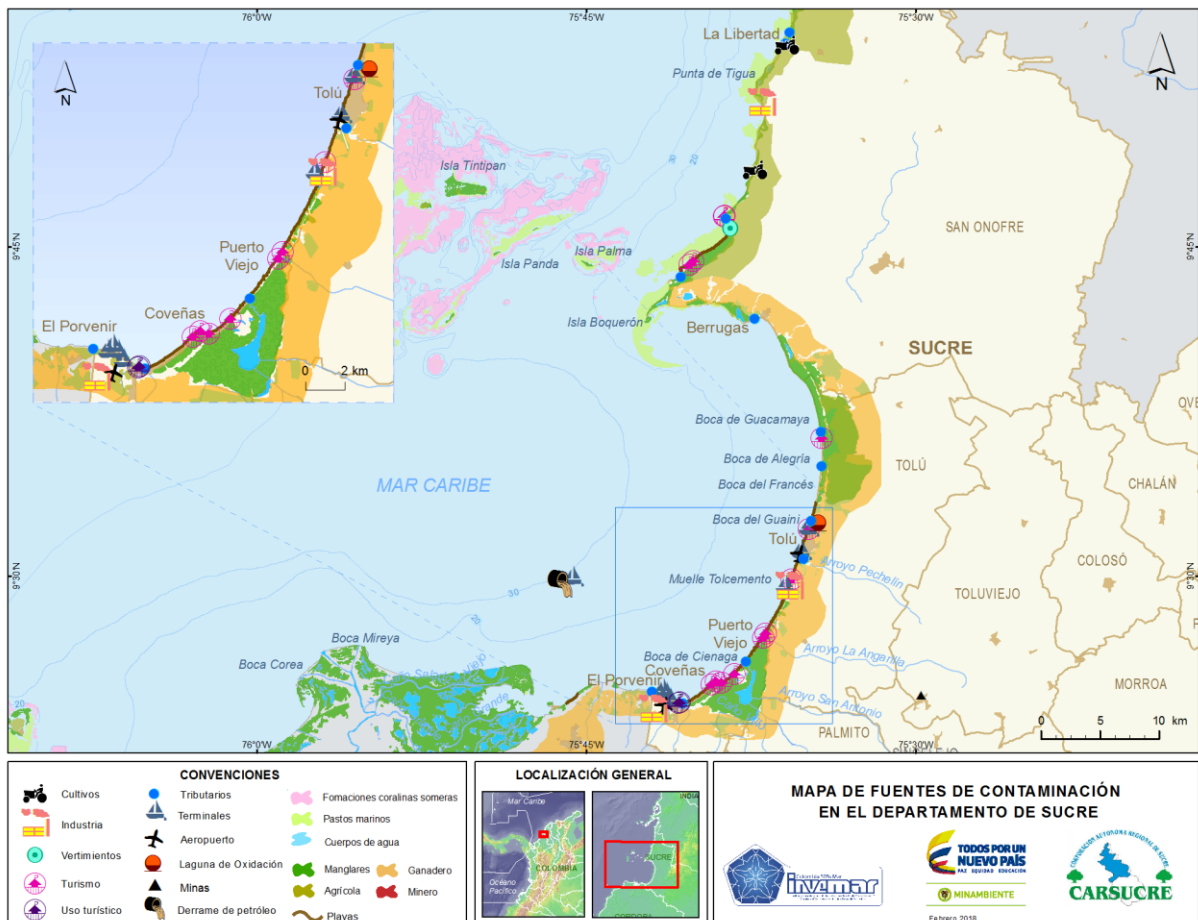


Figura 9.3. Mapa de la distribución de ecosistemas marino-costeros, centros poblados, actividades antropogénicas y fuentes terrestres y marinas de contaminación en el departamento de Sucre, Caribe colombiano.

9.2 CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS

La calidad de las aguas marino costeras del departamento de Sucre se evaluó aplicando el Índice de Calidad de Aguas para Preservación de flora y fauna -ICAM_{PFF} (Vivas-Aguas *et al.*, 2014). Los resultados de las variables usadas para estimar el ICAM_{PFF} se resumen en la Tabla 9.2.

El ICAM_{PFF} se aplicó a 27 estaciones que cumplían con el tipo de agua marina-estuarina y con el número de mínimo de variables requeridas. Como resultado de la aplicación del ICAM_{PFF}, se encontraron condiciones óptimas en tres estaciones de la zona Tolú-Coveñas, frente Coveñas, frente Tolú y golfo frente Berrugas; condiciones adecuadas en las 6 estaciones de la zona Golfo Afuera, y en 11 estaciones distribuidas entre la zona de San Onofre y Tolú – Coveñas; y calidad aceptable en 7 estaciones distribuidas entre la zona de San Onofre y Tolú – Coveñas (Figura 9.4). Cabe destacar que las condiciones de calidad en las estaciones Punta Rincón, Santa Cruz (Islole) y Ciénaga La Caimanera, se debieron a las elevadas concentraciones de Coliformes Termotolerantes, las cuales estuvieron por encima del mínimo permisible para contacto primario de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015 (<200 NMP/100 mL; [MinAmbiente 2015](#)), indicando contaminación por aguas residuales (Tabla 9.3).

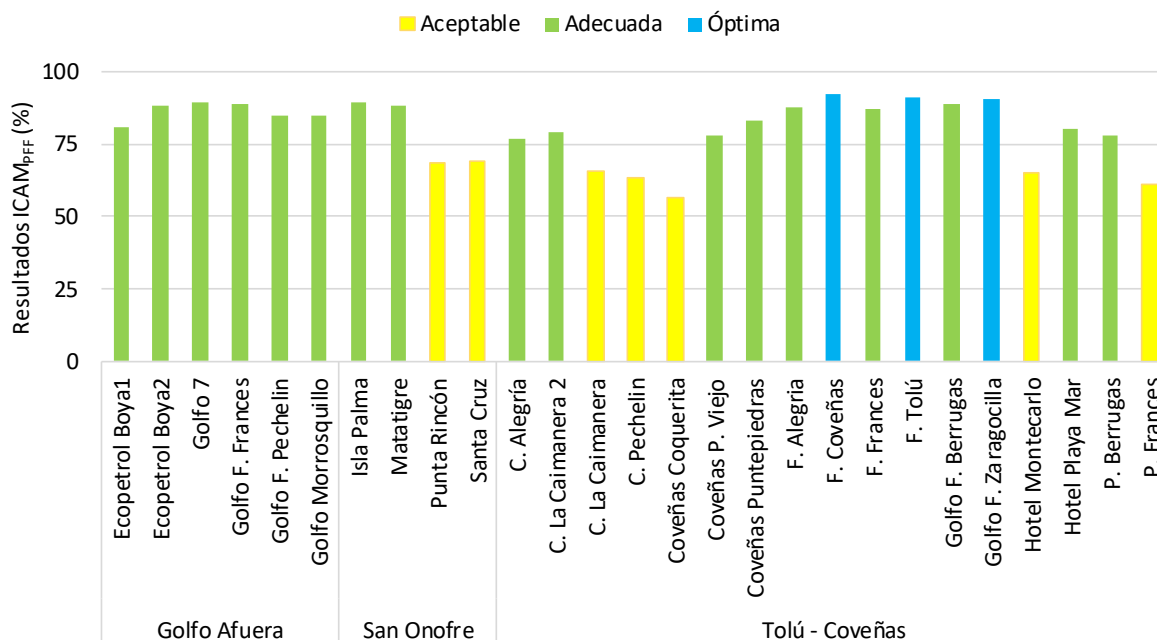


Figura 9.4. Calidad del agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costera en el departamento de Sucre, en el muestreo del segundo semestre de 2018.

Diagnóstico y Evaluación de Calidad de las Aguas Marinas y Costeras del Caribe y Pacífico colombianos

Tabla 9.2. Resultados de las variables de calidad de agua usadas en el ICAM_{PF} en las zonas y estaciones de monitoreo en el departamento de Sucre en el muestreo realizado en el segundo semestre de 2018 (agosto); excepto las estaciones indicadas con (). Salinidad (SAL), pH, Oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes Termotolerantes (CTE), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de Criseno (HPDD). No medido (NM).**

ZONA	ESTACIÓN	Segundo semestre 2018 (agosto)								
		Sal	pH	OD	SST	DBO ₅	Nitratos	Fosfatos	HPDD	CTE (NMP/100 mL)
				mg/L			µg/L			
Golfo Afuera	Ecopetrol Boya1	31,2	8,14	6,47	9,03	<4,23	3,42	<2	2,49	NM
	Ecopetrol Boya2	28,4	8,16	6,6	9,37	NM	12,5	<2	2,05	NM
	Golfo 7	30,8	8,13	6,41	8,51	NM	2,17	<2	0,81	NM
	Golfo F. Francés	30,3	8,13	6,48	9,22	NM	<2,1	<2	1,33	NM
	Golfo F. Pechelín	30,2	8,14	6,51	7,64	<4,23	2,8	2,5	1,43	2
	Golfo Morrosquillo	30	8,15	6,39	6,98	<4,23	2,21	<2	1,22	<2
San Onofre	Isla Palma	31,6	8,06	5,59	8,39	NM	7,47	3,82	NM	<2
	Matatigre	32,3	8,09	6,24	12,4	NM	2,24	<2	1,04	NM
	Punta Rincón	31,9	8,1	6,44	15,3	NM	<2,1	<2	NM	790
	Santa Cruz (Islote)	32,7	8,07	6,14	8,37	NM	10,8	<2	NM	790
Tolú - Coveñas	C. Alegría	28,1	8,04	6,45	13,8	NM	<2,1	7,47	NM	110
	C. La Caimanera 2	27,1	8	5,59	12,3	<4,23	<2,1	13,5	1,05	4,5
	C. La Caimanera	26,2	7,78	4,32	13,9	<4,23	<2,1	27,1	1,31	270
	C. Pechelín	29,7	8,06	5,97	22	NM	3,45	20,3	1,29	11.00
	Coveñas Coquerita	27,4	8,11	6,63	33,5	<4,23	19,2	13,9	1,14	17.000
	Coveñas P. Viejo	30,1	8,14	6,28	40,3	<4,23	4,79	<2	1,46	49
	Coveñas Puntepedras	30,4	8,28	7,48	14,5	<4,23	7,54	2,13	1,14	33
	F. Alegría	30	8,13	6,47	7,77	NM	21,6	<2	NM	NM
	F. Coveñas	29,5	8,15	6,5	7,92	NM	6,16	<2	NM	<2
	F. Francés	30	8,14	6,69	20	NM	<2,1	2,02	NM	NM
	F. Tolú	30	8,14	6,34	8,83	NM	2,4	2,64	NM	<2
	Golfo F. Berrugas	29,7	8,13	6,47	8,02	NM	<2,1	<2	1,15	NM
	Golfo F. Zaragocilla	30,2	8,13	6,49	7,53	NM	5,67	<2	NM	NM
	Hotel Montecarlo	29,7	8,12	6,31	179	<4,23	<2,1	6,14	1,49	20
	Hotel Playa Mar	29,3	8,17	6,91	48,8	<4,23	13,6	7,94	1,31	7,8
	P. Berrugas	29,4	8,1	6,42	33,3	<4,23	3,01	3,34	1,23	79
	P. Francés	27,8	8,08	6,33	330	<4,23	2,1	6,46	1,7	170
	C. Zaragocilla**	4,3	7,5	5,1	31,8	NM	399	84,4	NM	1.700
	Arroyo Villeros**	9,9	7,66	5,16	13,5	8,64	104	68,4	NM	70.000
	C. Francés**	6,4	7,8	6,2	58,4	NM	<2,1	8,42	0,31	79.000
C. Guacamayo**	11,9	6,93	0,23	55,8	NM	<2,1	66,6	NM	13.000	
C. Guainí**	2,2	7,96	0,68	28,8	74,4	2,37	1401	NM	79.000	

**Estaciones con características de aguas fluviales y en las que no se aplicó el ICAM_{PF}

Tabla 9.3. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PF} calculado en las estaciones REDCAM en Sucre, en el muestreo realizado el segundo semestre de 2018. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de Criseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación de muestreo	Valores de los subíndices							
		pH	P-PO ₄	SST	N-NO ₃	OD	HPDD	DBO ₅	CTE
Golfo Afuera	Ecopetrol Boya1	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Aceptable	NM
	Ecopetrol Boya2	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	NM
	Golfo 7	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	NM	NM
	Golfo F. Francés	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	NM
	Golfo F. Pechelín	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Aceptable	Óptima
	Golfo Morrosquillo	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Aceptable	Óptima
San Onofre	Isla Palma	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	NM	NM	Óptima
	Matatigre	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	NM
	Punta Rincón	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	NM	Inadecuada
	Santa Cruz (Islote)	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	NM	NM	Inadecuada
Tolú - Coveñas	C. Alegría	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	NM	Aceptable
	C. Caimanera 2	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Aceptable	Óptima
	C. La Caimanera	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Aceptable	Inadecuada
	C. Pechelín	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	NM	NM
	Coveñas Coquerita	Óptima	Adecuada	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Aceptable	NM
	Coveñas P. Viejo	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima	Adecuada	Adecuada	Aceptable	Adecuada
	Coveñas Puntepiedras	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima	Adecuada	Aceptable	Adecuada
	F. Alegría	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	NM	NM
	F. Coveñas	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	NM	NM	Óptima
	F. Francés	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	NM	NM
	F. Tolú	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	NM	Óptima
	Golfo F. Berrugas	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	NM
	Golfo F. Zaragocilla	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	NM	NM	NM
	Hotel Montecarlo	Óptima	Óptima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Aceptable	Óptima
	Hotel Playa Mar	Adecuada	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Aceptable	Óptima
	P. Berrugas	Óptima	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Aceptable	Adecuada
P. Francés	Óptima	Óptima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Aceptable	Aceptable	

Por otra parte, en el segundo semestre de 2018, se analizó la calidad microbiológica del agua en 10 estaciones distribuidas en las playas y sitios turísticos de Sucre, teniendo en cuenta las concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Coliformes Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE) (Tabla 9.4). Las concentraciones de CTT oscilaron entre 23 y 35.000 NMP/100 mL. En la playa Coveñas Coquerita la concentración de CTT estuvo por encima del valor permisible para el uso recreativo por contacto primario y secundario; y en la playa de Punta Rincón la concentración de CTT superó el valor permisible para uso recreativo por contacto primario, de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)). En las demás estaciones las concentraciones de CTT estuvieron por debajo del límite de la legislación colombiana (Tabla 9.4).

Las concentraciones de CTE oscilaron entre <2 y 17.000 NMP/100 mL (Tabla 9.4). En las estaciones playa Punta Rincón, Islote de Santa Cruz y Coveñas Coquerita las concentraciones de CTE superaron el límite permisible para el uso del agua por contacto primario (200 NMP/100 mL), de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)), lo que evidencia contaminación por aguas residuales. En el resto de estaciones, las concentraciones de CTE estuvieron por debajo de 200 NMP/100 mL, lo cual indica que la calidad del agua fue apta para el uso recreativo de los bañistas (Tabla 9.4).

Tabla 9.4. Concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE) en el agua superficial de las estaciones en playas turísticas del departamento de Sucre, medidas en el segundo semestre de. No medido (-). Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y secundario se tomaron de MinAmbiente 2015, Decreto 1076 de 2015 y valores de referencia de EFE para riesgos de enfermedades para los bañistas según OMS (2003).

Zona	ESTACIÓN	Segundo semestre 2018 (agosto)		
		CTE	CTT	EFE
		NMP/100mL	NMP/100mL	UFC/100mL
San Onofre	Isla Palma	<2	23	1
	Punta Rincón	790	3.500	25
	Santa Cruz (Islote)	790	790	109
Tolú - Coveñas	Coveñas Coquerita	17.000	35.000	900
	Coveñas P. Viejo	49	240	11
	Coveñas Puntepedras	33	350	5
	Hotel Montecarlo	20	230	2
	Hotel Playa Mar	7,8	350	2
	P. Berrugas	79	240	10
	P. Francés	170	330	4
LP C. primario		200 NMP/100 mL	1.000 NMP/100 mL	*OMS (2003)
LP C. secundario		-	5.000 NMP/100 mL	
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 cuanto a los EFE, las concentraciones oscilaron entre 1 y 900 UFC/100 mL (Tabla 9.4), registrándose los mayores valores en Coveñas Coquerita, lo que indica un riesgo > 10% de contraer enfermedades gastrointestinales y >3,9% de contraer enfermedad respiratoria febril aguda; y en el Islote de Santa Cruz con 109 UFC/100 mL lo que indica un riesgo entre el 1% y <5% de contraer enfermedades gastrointestinales, y de 0,3% y <1,9% de contraer enfermedad respiratoria febril aguda (Tabla 9.4).

Otras variables medidas en aguas superficiales de las estaciones REDCAM en Sucre y que no hacen parte del ICAM_{PFF}, son los 45 compuestos de plaguicidas organoclorados y organofosforados que se midieron en 5 estaciones (Coveñas Coquerita, Golfo Morrosquillo, Matatigre, Ciénaga La Caimanera y en Ciénaga la Caimanera²); y los metales disueltos plomo (Pb), cadmio (Cd), cobre (Cu), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo VI (Cr⁺⁶) que se midieron en 7 estaciones (Coveñas Coquerita, golfo Frente Berrugas, frente Alegría, Ciénaga La Caimanera, Ciénaga La Caimanera 2, golfo Morrosquillo y Matatigre). Las concentraciones de los plaguicidas, como las de los metales medidos, estuvieron por debajo del límite de cuantificación y detección del método usado en el LABCAM del INVEMAR.

9.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

Durante el segundo semestre de 2018, se colectaron muestras para evaluar la calidad del sedimento en las estaciones playa francés, Hotel Playa Mar y Ciénaga la Caimanera. En estas muestras se analizó el contenido de carbono orgánico Total - COT, 16 compuestos de hidrocarburos aromáticos policíclicos y los metales totales, plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), zinc (Zn) y níquel (Ni) y Mercurio (Hg).

En las estaciones playa francés y hotel playa Mar, las concentraciones COT estuvieron por debajo del 0,10 % en peso seco, mientras que en Ciénaga La Caimanera se registró un valor de 0,64 % en peso seco, lo que corrobora la contaminación por materia orgánica, que también fue encontrada en el análisis de COT en aguas.

En las tres estaciones, los 16 compuestos de hidrocarburos aromáticos policíclicos estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM del INVEMAR, al igual que los metales Pb, Cd, Cr y Ni; en las estaciones playa francés y hotel playa Mar, las concentraciones de Cu, y Hg estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM del INVEMAR. Las concentraciones de Cu, y Hg en la ciénaga La Caimanera, y las concentraciones de Zn en las tres estaciones de muestreo, estuvieron por debajo de los valores de referencia de efectos umbral (TEL) por encima del cual se pueden presentar efectos adversos en los organismos acuáticos de ambientes marinos (Tabla 9.5; [Buchman, 2008](#)).

Tabla 9.5. Metales pesados totales (en peso seco) en los sedimentos de dos estaciones REDCAM en Sucre, colectados en el segundo semestre de 2018. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de [Buchman \(2008\)](#). Sin referencia (-).

Zona	Estación	Pb (µg / g p.s.)	Cd (µg / g p.s.)	Cr (µg / g p.s.)	Cu (µg / g p.s.)	Zn (µg / g p.s.)	Ni (µg / g p.s.)	Fe (mg / g p.s.)	Hg (ng / g p.s.)
Tolú - Coveñas	P. Francés	<15,0	<12,5	<25,0	<5,00	18,1	<75,0	6,10	<3,00
	Hotel Playa Mar	<15,0	<12,5	<25,0	<5,00	21,5	<75,0	7,98	<3,00
	C. La Caimanera	<15,0	<12,5	<25,0	17,2	59,0	<75,0	13,7	34,4
Referencia TEL marino		30,2	0,68	52,3	18,7	124	15,9	-	130
Referencia PEL marino		112	4,21	160	108	271	42,8	-	700

9.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El cálculo del ICAM_{PPF} mostró que la calidad del agua marina costera para la preservación de flora y fauna estuvo entre aceptable, adecuada y óptima. Las estaciones que presentaron condiciones aceptables, están afectadas principalmente por las altas concentraciones de Coliformes Termotolerantes, sólidos suspendidos totales y bajos niveles de oxígeno disuelto, que indican contaminación por aguas residuales.
- ❖ En la estación Coveñas Coquerita se registraron concentraciones de CTE, CTT y EFE, que superaron los valores permisibles de la legislación colombiana para contacto primario y secundario, lo cual indica que estas aguas no son aptas para actividades de natación-
- ❖ Durante el periodo de muestreo, no se evidenció contaminación de las aguas marinas y costeras por residuos de plaguicidas organoclorados, ni organofosforados; tampoco por metales.
- ❖ La presencia de metales Cu, Zn y Hg en la estación Ciénaga La Caimanera, si bien no representa riesgo para los organismos, reflejan la necesidad de hacer una evaluación para determinar si son de origen antropogénico, con el fin de establecer medidas para disminuir sus descargas a la zona costera.

CÓRDOBA

Por: Paola Sofía Obando-Madera



Río Sinú, Lórica, Córdoba. Foto: Tania Córdoba

EQUIPO TÉCNICO CVS

Albeiro Arrieta – Subdirector Gestión Ambiental
Rafael Espinosa – Jefe Calidad Ambiental
Maria Luisa Sanchez – Bióloga, Contratista
Domingo Fontalvo – Profesional Universitario

Los datos fueron colectados en los muestreos realizados en agosto de 2018 y agosto de 2019, durante los cuales se analizaron variables fisicoquímicas, microbiológicas, contaminantes orgánicos (hidrocarburos, plaguicidas organoclorados y organofosforados) y contaminantes inorgánicos (metales disueltos: Cadmio, Cobre, Zinc, Hierro, Níquel, Plomo y Cromo VI) (Figura 10.2).

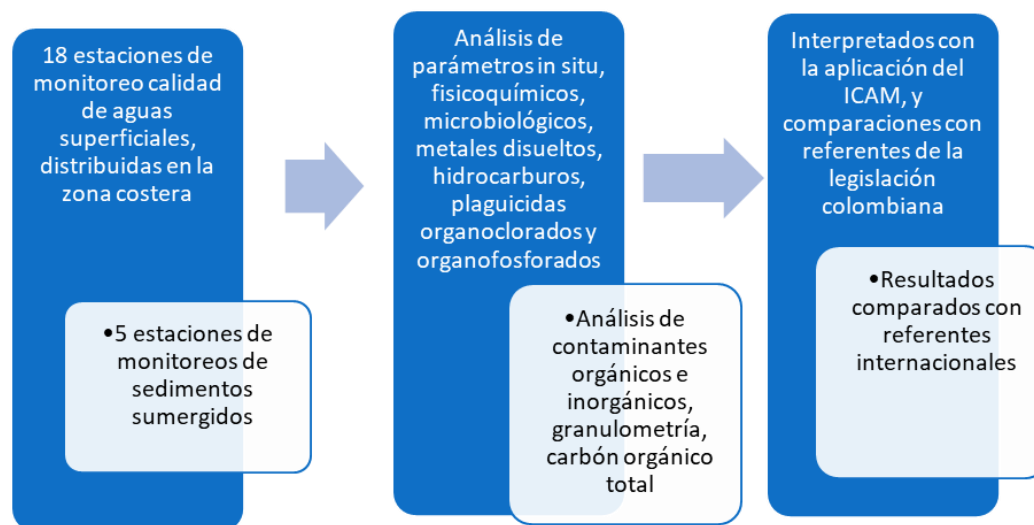


Figura 10.2. Resumen del monitoreo REDCAM en el departamento de Córdoba, realizado en de agosto 2018 y agosto 2019.

10.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En el departamento de Córdoba se han identificado las fuentes de contaminación que se describen en la Tabla 10.1, las cuales se distribuyen a lo largo de toda la zona costera (Figura 10.3), en donde sobresalen los que se ubican en el margen del río Sinú, al ser uno de las fuentes hídricas más importantes del Caribe y el país. Las principales actividades socioeconómicas, son la ganadería, agricultura, acuicultura, turismo, actividades marítimas y petroleras, con la ubicación de las mono-boyas en el golfo de Morrosquillo.

Tabla 10.1. Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en el departamento de Córdoba.

Actividad/Fuente contaminante		Sustancias contaminantes	Cuerpos de agua receptores
Residuos de la población	Residuos sólidos ordinarios y peligrosos	Materia orgánica, hidrocarburos, grasas y aceites, metales pesados, microorganismos, detergentes, sólidos suspendidos y en suspensión, plásticos, lixiviados, basura marina.	Los Ríos Canaletes y Los Córdobas, el arroyo Cardales, la ciénaga Juan Lara y el mar Caribe.
	Vertimientos de aguas residuales de los municipios las Córdobas, Puerto Escondido, Moñitos, San Bernardo del Viento y San Antero		

Actividad/Fuente contaminante		Sustancias contaminantes	Cuerpos de agua receptores
Descargas de tributarios	río Sinú	Materia orgánica, detergentes, metales pesados, agroquímicos, nutrientes, sólidos, microorganismos y plásticos.	Bahía de Cispata y mar Caribe
Actividades productivas y socioeconómicas	Agricultura, ganadería y acuicultura	Nutrientes, plaguicidas, nutrientes, materia orgánica, metales pesados, plásticos.	Río Sinú, Canaletes y Los córdobas, mar Caribe
	Turismo (hoteles, restaurantes, actividades recreativas)	Materia orgánica, residuos de hidrocarburos, aceites, microorganismos, detergentes, basura marina	Bahía de Cispata, mar Caribe y río Sinú
Actividades Marítimas	Transporte de pasajeros, mercancía, cargue y descargue de hidrocarburos.	Residuos de hidrocarburos, otros residuos oleosos, plásticos.	Bahía de Cispata, mar Caribe y río Sinú

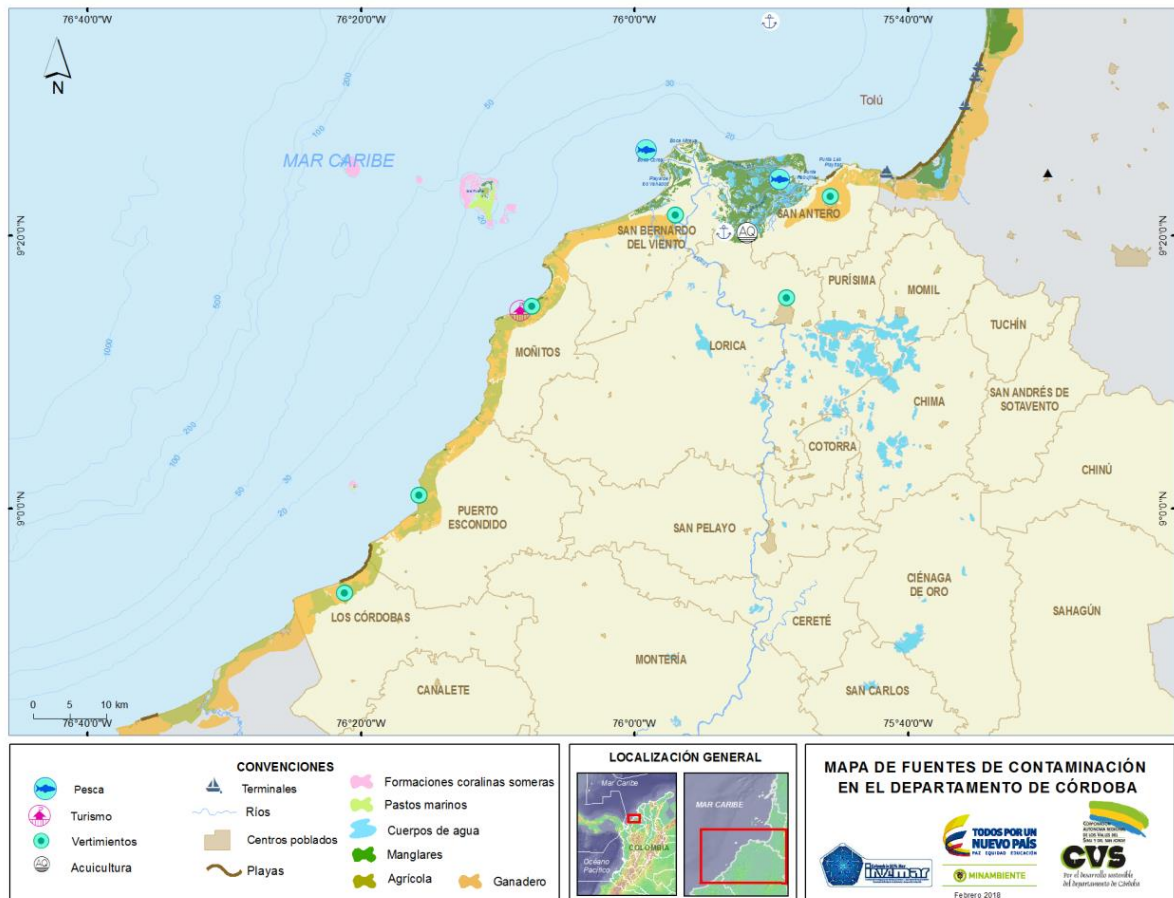


Figura 10.3. Mapa de la distribución de ecosistemas marino-costeros, centros poblados, actividades antropogénicas y fuentes terrestres y marinas de contaminación en el departamento de Córdoba, Caribe colombiano

10.2 CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS

La calidad de las aguas marino costeras del departamento de Córdoba se evaluó aplicando el Índice de Calidad de Aguas para Preservación de flora y fauna -ICAM_{PFF} (Vivas-Aguas *et al.*, 2014a). Los resultados de las variables usadas para estimar el ICAM_{PFF} se resumen en la Tabla 10.2.

El ICAM_{PFF} se aplicó a 15 estaciones que cumplían con el tipo de agua marina-estuarina y con el número de mínimo de variables requeridas. En el muestreo de agosto 2018, la calidad del agua en 8 de las 15 estaciones analizadas fue adecuada; en una estación (ciénaga Soledad), la calidad del agua fue óptima; en dos estaciones fue aceptable y en cuatro estaciones fue inadecuada (Moñitos, Puerto Escondido, frente Tinajones y Sinú-Tinajones) (Figura 10.4).

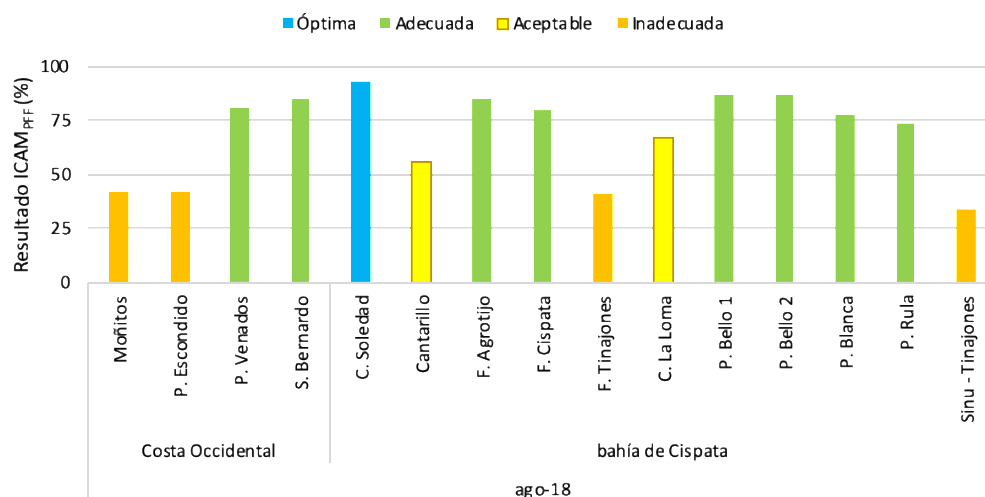


Figura 10.4. Calidad del agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costera en el departamento de Córdoba en el muestreo REDCAM de agosto 2018

Diagnóstico y Evaluación de Calidad de las Aguas Marinas y Costeras del Caribe y Pacífico colombianos

Tabla 10.2. Resultados de las variables de calidad de agua usadas en el ICAM_{PFF} en las zonas y estaciones de monitoreo en el departamento de Córdoba en los muestreos realizados en agosto de 2018 y agosto de 2019; excepto las estaciones indicadas con (). Oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes Termotolerantes (CTE), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD). No medido (NM).**

ZONA	ESTACIÓN	agosto 2018									agosto 2019								
		Sal	pH	OD	SST	DBO ₅	Nitrato _s	Fosfato _s	HPD D	CTE (NMP/10 0 mL)	Sal	pH	OD	SST	DBO ₅	Nitrato _s	Fosfato _s	HPDD	CTE (NMP/10 0 mL)
				mg/L			µg/L			mg/L			µg/L						
Costa Occidental	Moñitos	32	8,06	6,33	131	<4,23	12,1	3,17	1,27	3.100	31,5	8,1	6,34	89,2	NM	<2,1	2,34	1,79	330
	P. Escondido	28,3	8,1	6,76	26,5	<4,23	4,53	3,78	1,11	17.000	30,3	8,1	6,1	44,2	NM	5,93	3,68	NM	5.400
	P. Venados	32,2	8,06	6,38	52,1	<4,23	6,53	<2	NM	26	31,9	8,11	6,36	73,7	<4,23	<2,1	<2	NM	<1,8
	S. Bernardo	32,4	8,1	7,66	57,6	<4,23	<2,1	<2	1,38	4,5	31,9	8,11	6,41	90,2	<4,23	<2,1	<2	<0,075	<1,8
Bahía de Cispata	C. Bahía Cispata	22,6	7,88	6,91	15,8	<4,23	4,71	5,97	0,96	4,5	27,8	7,93	7,35	26,7	NM	<2,1	<2	<0,075	<1,8
	C. Soledad	3,5	7,94	7,83	7,23	<4,23	4,81	16,2	0,6	11	7,6	8,4	10,1	27,9	5,64	<2,1	4,77	0,13	49
	Cantarillo	0,3	6,77	2,37	17,1	<4,23	18,1	33,6	NM	NM	2,7	7,05	3,61	15,5	<4,23	17,8	3,65	NM	NM
	F. Agrotijó	12	7,6	5,77	11,2	<4,23	5,61	24,5	NM	NM	19,2	7,67	7,84	27,6	8,37	<2,1	22	NM	NM
	F. Cispata	27,3	7,98	6,38	11,9	NM	3,36	4,38	NM	NM	28,3	8,1	7,33	20	NM	19,3	2,82	NM	NM
	F. Tinajones	1,6	7,49	6,76	110	<4,23	147	11,4	1,41	2.200	23,7	8,09	7,49	16	NM	45,3	4,67	NM	130
	La Loma	3,4	7,11	2,54	4,76	<4,23	6,33	40,1	NM	NM	7,6	7,49	5,25	18,7	6,38	<2,1	4,37	NM	NM
	Ostional**	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	0,3	7,36	6,69	13,8	<4,23	27,4	3,16	NM	NM
	P. Bello 1	31	8,03	5,56	23,6	<4,23	12,8	2,74	0,92	4,5	29,5	8,07	7,18	15,4	<4,23	5,24	<2	0,19	<1,8
	P. Bello 2	30,8	8,02	5,65	17,1	NM	11,9	2,54	1,08	17	29,8	8,13	7,74	16,6	NM	4,78	6,39	0,14	4,5
	P. Blanca	27,7	8,09	6,53	12,4	<4,23	31,6	4,51	1,31	46	29,4	8,09	6,35	30,2	NM	36,4	5,41	<0,075	2
	P. Rula	17,8	7,46	4,88	4,63	<4,23	5,28	7,31	NM	NM	25,9	7,67	7,25	14,8	<4,23	<2,1	3,68	NM	NM
	Río Sinú**	0	6,92	6,92	130	<4,23	184	14	1,12	4.600	0	7,42	6,49	477	NM	245	7,54	0,25	11.000
	Sinú - Tinajones	0,1	7,42	6,48	116	NM	156	5,08	NM	4.900	17,2	8,04	7,51	14,2	NM	86	8,32	0,11	780

**Estaciones con características de aguas fluviales y en las que no se aplicó el ICAM_{PFF}

En agosto de 2018, las condiciones inadecuadas de moñitos y Puerto Escondido, se debieron a los elevados niveles de Coliformes Termotolerantes (CTE) que superaron los valores máximos permisibles para contacto primario y secundario (MinAmbiente, 2015, Decreto 1076 de 2015) y de los sólidos suspendidos totales (SST); mientras que en frente Tinajones y Sinú-Tinajones, las condiciones inadecuadas estuvieron determinadas por las concentraciones altas de nitratos (N-NO₃) 147 µg/L y 156 µg/L respectivamente (Tabla 10.3) que corresponden a las concentraciones más altas que se han registrado históricamente, lo cual evidencia el aumento de la carga de nutrientes que recibe el río Sinú, situación que puede favorecer la ocurrencia de procesos de eutrofización costera, condición de deterioro de la calidad de las aguas para la preservación de la flora y fauna acuática.

Tabla 10.3. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PF} calculado en las estaciones REDCAM en Córdoba, en el muestreo realizado el agosto de 2018. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación	Calificación de los subíndices						
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	HPDD	CTE
Costa Occidental	Moñitos	Óptima	Óptima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Pésima
	P. Escondido	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Pésima
	P. Venados	Óptima	NM	Aceptable	Óptima	Adecuada	NM	Adecuada
	S. Bernardo	Óptima	NM	Aceptable	NM	Óptima	Adecuada	Óptima
Bahía de Cispata	C. Soledad	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima	Óptima	Óptima
	Cantarillo	Inadecuada	Óptima	Óptima	Aceptable	Inadecuada	NM	NM
	F. Agrotijó	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Aceptable	NM	NM
	F. Cispata	Óptima	Aceptable	Óptima	Óptima	Adecuada	NM	NM
	F. Tinajones	Adecuada	Aceptable	Aceptable	Pésima	Adecuada	Adecuada	Aceptable
	C. La Loma	Aceptable	Óptima	Óptima	Óptima	Inadecuada	NM	NM
	P. Bello 1	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Bello 2	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima
	P. Blanca	Óptima	Aceptable	Óptima	Inadecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima
	P. Rula	Adecuada	Aceptable	Óptima	Óptima	Aceptable	NM	NM
Sinú - Tinajones	Adecuada	Aceptable	Aceptable	Pésima	Adecuada	NM	Pésima	

En el muestreo de agosto de 2019, dos de las estaciones analizadas tuvieron calidad óptima, cuatro estaciones calidad adecuada, tres estaciones calidad aceptable, y cuatro estaciones calidad inadecuada, prevaleciendo las condiciones inadecuadas en las estaciones P. Escondido y F. Tinajones (Figura 10.5).

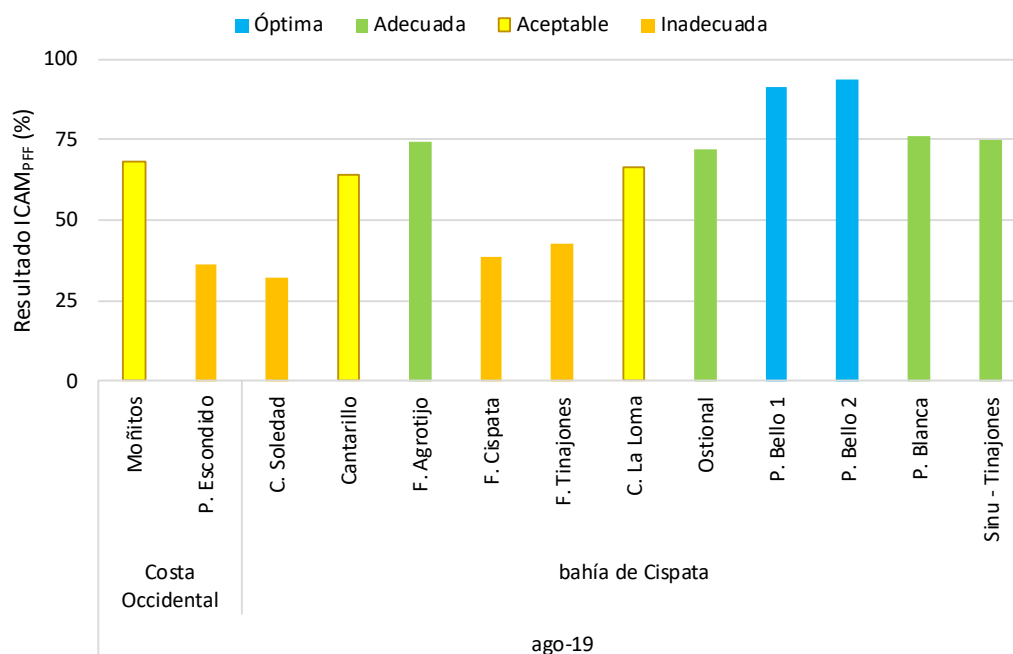


Figura 10.5. Calidad del agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costera del departamento de Córdoba en el muestreo REDCAM de agosto 2019.

La condición inadecuada en la estación en ciénaga la Soledad, se debió al alto contenido de oxígeno disuelto (OD; 10,1 mg/L), asociado a una alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅; 5,64 mg/L) y a las condiciones del medio rodeado por ecosistemas de manglar que promueve el aumento de las densidades de algas y la materia orgánica (Tabla 10.4). En puerto Escondido y frente Tinajones, las condiciones inadecuadas estuvieron determinadas por los altos niveles de las CTE y N-NO₃ respectivamente (Tabla 10.4), lo cual evidencia que en épocas de lluvias, se favorece el transporte de los contaminantes y su dilución en los cuerpos de agua receptores.

Tabla 10.4. Calificación individual de las variables que integran el ICAM calculado en las estaciones REDCAM del departamento de Córdoba, en el muestreo realizado el agosto de 2019. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación	Calificación de los subíndices							
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	HPDD	DBO ₅	CTE
Costa Occidental	Moñitos	Óptima	Óptima	Inadecuada	NM	Adecuada	Adecuada	NM	Inadecuada
	P. Escondido	Óptima	Óptima	Aceptable	Óptima	Adecuada	NM	NM	Pésima
Bahía de Cispata	C. Soledad	Óptima	Aceptable	Adecuada	NM	Pésima	Óptima	Aceptable	Óptima
	Cantarillo	Aceptable	Aceptable	Óptima	Aceptable	Inadecuada	NM	NM	NM
	F. Agrotijó	Óptima	Adecuada	Adecuada	NM	Óptima	NM	Inadecuada	NM
	F. Cispata	Óptima	Aceptable	Adecuada	Aceptable	Óptima	NM	NM	NM
	F. Tinajones	Óptima	Aceptable	Óptima	Inadecuada	Óptima	NM	NM	Óptima
	C. La Loma	Adecuada	Aceptable	Óptima	NM	Aceptable	NM	Aceptable	NM
	Ostional	Adecuada	Aceptable	Óptima	Aceptable	Adecuada	NM	NM	NM
	P. Bello 1	Óptima	NM	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima	NM	NM
	P. Bello 2	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima	NM	Óptima
	P. Blanca	Óptima	Aceptable	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	NM	NM	Óptima
Sinu - Tinajones	Óptima	Aceptable	Óptima	Inadecuada	Óptima	Óptima	NM	Adecuada	

Por otra parte, se analizó la calidad microbiológica de las aguas en playas turísticas del departamento de Córdoba (Tabla 10.5), basado en las concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Coliformes Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE). En las playas Moñitos y Puerto Escondido, en la zona costa Occidental, se registraron concentraciones de CTT y CTE que sobrepasan el criterio de calidad para uso recreativo por contacto primario (natación) y secundario (pesca), de acuerdo con los criterios del MinAmbiente estipulados en el Decreto 1076 de 2015. Los niveles de EFE en agosto de 2018 de 500 UFC/100 mL en Moñitos indican que durante la época del muestreo había un riesgo mayor al 10 % de contraer enfermedades gastrointestinales (EGI) y mayor al 3,9 % de contraer enfermedades respiratorias febriles agudas; en puerto Escondido en agosto de 2019, las concentraciones de EFE de 270 UFC/100 mL mostraron un riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales (EGI) entre 5 y 10% y de contraer enfermedades respiratorias febriles agudas (ERFA) entre 1,9 y 3,9% (OMS, 2003). En estas estaciones donde se registró mayor contaminación microbiológica durante los muestreos analizados, se evidencia la presencia de vertimientos de aguas residuales sin tratamiento, debido a la carencia en la cobertura de saneamiento básico que sea adecuado en las poblaciones de estas zonas costeras, con lo cual, se podría disminuir los niveles de carga microbiológica que llegan a las aguas marinas y costeras.

Tabla 10.5. Concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE) en el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento de Córdoba, en los muestreos de agosto 2018 y agosto 2019. No medido (NM). Sin referencia (-). Límite permisible para el uso recreativo por contacto primario (LP CP) y contacto secundario (LP CS) según MinAmbiente (2015), 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	Muestreo agosto 2018			Muestreo agosto 2019		
		CTE (NMP/100 mL)	CTT (NMP/100 mL)	EFE (UFC/100 mL)	CTE (NMP/100 mL)	CTT (NMP/100 mL)	EFE (UFC/100 mL)
Costa Occidental	Moñitos	3.100	4.600	500	330	490	25
	P. Escondido	17.000	35.000	180	5.400	5.400	270
	P. Venados	26	350	1	<1,8	4,5	<1
	S. Bernardo	4,5	240	6	<1,8	2	<1
Bahía de Cispata	C. Bahía Cispata	4,5	350	NM	<1,8	4,5	NM
	C. Soledad	11	1.600	NM	49	920	NM
	F. Tinajones	2.200	35.000	NM	130	130	NM
	P. Bello 1	4,5	240	NM	<1,8	2	NM
	P. Bello 2	17	920	NM	4,5	6,8	NM
	P. Blanca	46	540	4	2	17	2
	Río Sinú	4.600	35.000	NM	11.000	54.000	NM
Sinú Tinajones	4.900	35.000	NM	780	780	NM	
LP C. primario		200	1.000	* OMS (2003)	200	1.000	* OMS (2003)
LP C. secundario		-	5.000	(2003)	-	5.000	(2003)
*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.					

Otras variables medidas en aguas superficiales de 14 estaciones y que no hacen parte del ICAM_{PFF}, son los metales pesados disueltos Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Cromo Hexavalente (Cr

VI), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Níquel (Ni) y el Hierro (Fe). En los muestreos de agosto 2019, las concentraciones de Pb, Cr VI, y Ni estuvieron por debajo de los límites de cuantificación del método usado en el LABCAM de INVEMAR (<0,2 µg Pb /L, <5,0 µg Cr VI/L y <2,50 µg Ni/L) (Tabla 10.6).

Por otro lado, en la zona bahía de Cispata, en las estaciones en el Distrito de Manejo Integrado (DMI) bahía de Cispata - La Balsa. - Tinajones y sectores aledaños del delta estuarino del río se encontraron concentraciones de Zn en ciénaga La Soledad (14,4 µg Zn /L), Cantarillo (10,2 µg Zn /L), frente Agrotijó (11,7 µg Zn /L), y ciénaga La Loma (12,9 µg Zn /L); y en el río Sinú en Lorica (19,2 µg Zn /L); y se detectaron bajas concentraciones de Cu y Cd, que no superan la referencia de efectos crónicos en organismos estuarinos. Mientras que, se encontraron altas concentraciones de Fe en Cantarillo (122 µg Fe /L) y San Bernardo del Viento (101 µg Fe /L), superando el valor de referencia de efectos crónicos en los organismos acuáticos marinos y estuarinos (50 µg Fe/L; [Buchman, 2008](#)) (Tabla 10.6).

Tabla 10.6. Concentración de metales pesados disueltos en las aguas superficiales de las estaciones REDCAM del departamento de Córdoba en el muestreo de agosto 2019. Los valores de referencia para efectos crónicos en los organismos acuáticos marinos y estuarinos se tomaron del Screening Quick Reference Tables (Buchman, 2008). Valores con el signo (<) corresponden al límite de cuantificación del método utilizado en el LABCAM.

Estación	Cadmio (µg Cd/L)	Cobre (µg Cu/L)	Hierro (µg Fe/L)	Zinc (µg Zn/L)
C. Bahía Cispata	0,28	<1	<10	<10
C. Soledad	<0,20	<1	<10	14,4
Cantarillo	<0,20	<1	122	10,2
F. Agrotijó	0,39	<1	23,1	11,7
F. Tinajones	0,27	1,58	29,3	<10
La Loma	0,32	<1	21,8	12,9
Ostional	<0,20	<1	192	<10
P. Bello 1	<0,20	<1	<10	<10
P. Bello 2	<0,20	<1	11,1	<10
P. Blanca	0,27	1,12	<10	<10
P. Escondido	0,26	<1	11,5	<10
P. Rula	0,31	<1	12,6	<10
Río Sinú	<0,20	1,4	60	19,2
S. Bernardo	0,29	<1	101	<10
Valor de referencia para efectos crónicos en organismos marinos	8,0 µg Cd /L	3,1 µg Cu /L	50 µg Fe/L	81 µg Zn/L

10.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

Para determinar la calidad de sedimentos en las cinco estaciones de muestreo, se midieron metales totales (Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Fe y Hg), los resultados se presentan en la Tabla 10.7. En la estación frente tinajones las concentraciones de Cr, Cu y Zn, superaron el valor de referencia de efectos probables (PEL); el Cr y Cu en las estaciones Ostional y río Sinú en Lorica, y el Hg en las estaciones frente Tinajones y Ostional, superaron el valor de referencia de efectos umbral (TEL). Estos resultados muestran la necesidad de hacer un estudio más detallado sobre los componentes de los minerales del suelo costero y continental, ya que se debe determinar la

fuente de donde provienen las variaciones en los reportes de los metales totales, en particular en la zona bahía Cispatá.

Tabla 10.7. Concentración de metales pesados totales en los sedimentos de las estaciones REDCAM del departamento de Córdoba en el muestreo de agosto 2019. 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 marino y estuarino (Mar./estu.). Los valores resaltados en color amarillo superan la referencia TEL y las de color naranja los PEL.

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.
Costa Occidental	Moñitos	<15	<12,5	34,6	8,41	37,2	<75	19,2	14,4
	P. Escondido	<15	<12,5	23,9	8,42	32,3	<75	19,4	13,2
Bahía de Cispatá	F. Tinajones	<15	<12,5	201	136	257	98	121	161
	Ostional	<15	<12,5	108	60,8	118	<75	45,5	144
	Río Sinú	<15	<12,5	91,2	36,7	90,9	<75	33,1	109
Referencias TEL Mar./estu.		30	0,68	52,3	18,7	124	16	-	130
Referencia PEL Mar./estu.		112	4,2	160	108	271	43	-	700

10.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ Las condiciones de calidad de las aguas marinas y costeras del departamento de Córdoba, están influenciadas por las dinámicas hidrológicas de sus afluentes, principalmente el río Sinú, las descargas de aguas residuales y la inadecuada disposición de los residuos sólidos, lo cual contribuyó con las variaciones que se presentaron en los resultados del ICAMP_{FF} estimado en las estaciones que fluctuaron entre inadecuada y óptima condición para la preservación de flora y fauna acuática.
- ❖ La calidad microbiológica de las playas de interés turístico es variable, Playa Blanca en San Antero, mostró buena calidad microbiológica, haciéndola apta para el uso recreativo de contacto primario; en tanto que las playas de Puerto Escondido y Moñitos presenten condiciones microbiológicas inadecuadas para el uso recreativo, lo cual se asocia a la contaminación por vertimientos de aguas residuales que pueden llegar al mar de forma directa y por las escorrentías que aumentan en los meses de fuertes precipitaciones, por lo cual se hace necesario implementar estrategias para disminuir las descargas a estas playas.
- ❖ El muestreo de agosto 2018, evidenció el aumento de nutrientes en las estaciones del río Sinú, debido a las elevadas concentraciones de nitratos (N-NO₃) en las estaciones frente Tinajones y Sinú-Tinajones, lo que demuestra la incidencia en descargas difusas y directas de aguas con alto contenido de materiales orgánicos asociados a la carencia de sistemas de saneamiento básico, corroborado por los resultados microbiológicos que superan los referentes de la legislación colombiana.
- ❖ La presencia de metales totales Cr, Cu, Zn y Hg en el sedimento de las estaciones río Sinú en Lorica, frente a Tinajones y Cantarillo, en concentraciones por encima de los valores de referencias para efectos umbral propuestos por la NOAA muestran la necesidad de hacer una evaluación de la dinámica natural y antropogénica para determinar el origen de estos metales y si se establece que son de origen antropogénico, establecer medidas para disminuir sus descargas a la zona costera.

ANTIOQUIA

Por: Paola Sofía Obando Madera y Luisa F. Espinosa



Playa Totumo, Urabá, Antioquia. Foto: Ramiro Rueda

EQUIPO TÉCNICO CORPOURABÁ

Kelis Hinestroza – Subdirectora de Gestión y Administración Ambiental

Diana Cuervo Paternina – Director técnico Laboratorio de Aguas

Daniel Florez – Responsable área fisicoquímica

Julieth Katherine García – Responsable de la toma de muestras

Jonny Hernández – Responsable de la toma de muestras

Adelaida Pastrana – Responsable área Microbiología

Margara Alquerque – Analista del área Fisicoquímica

Eulicer Cuellar – Analista del área Fisicoquímica

Jairo Guillermo Vásquez Q.E.P.D – Contratista

11. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

El diagnóstico de la calidad de las aguas marino costeras del departamento de Antioquia se realizó con base en la información colectada en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, en 27 estaciones de monitoreo ubicadas en cuatro zonas, San Juan de Urabá, Golfo Alto, Golfo Medio y Bahía Colombia (Figura 11.1).

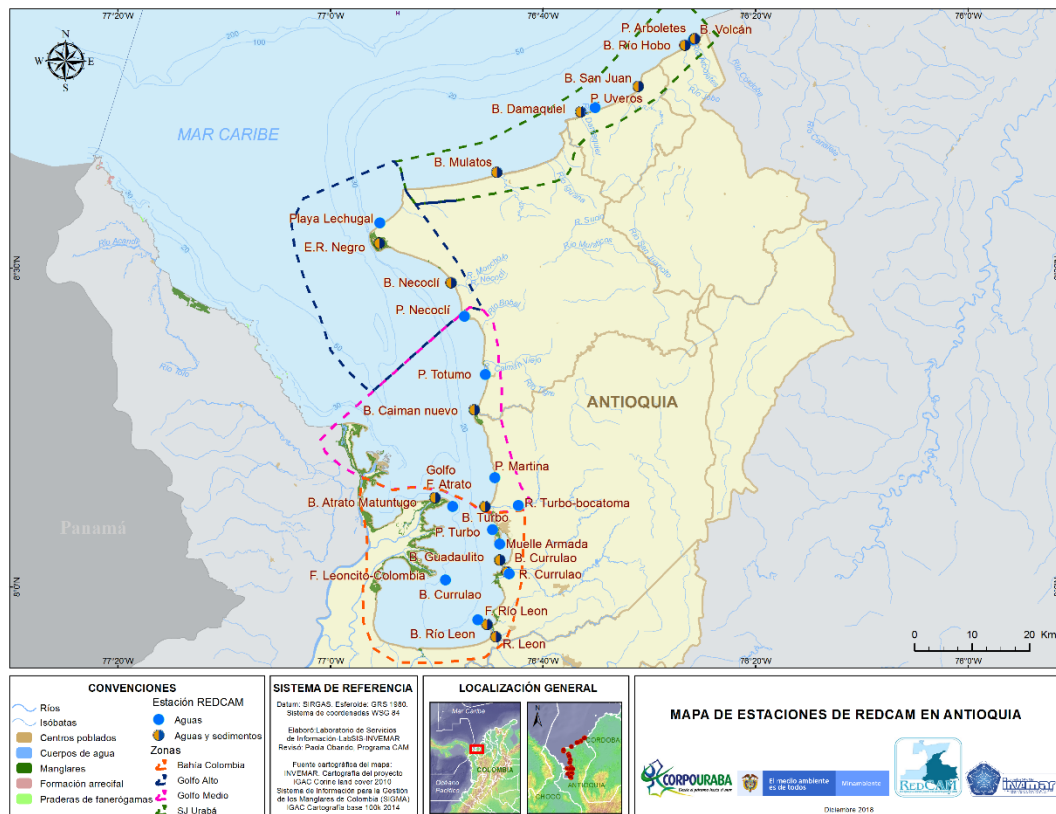


Figura 11.1. Mapa con las estaciones de muestreo REDCAM en el departamento de Antioquia. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolores (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimentos superficiales. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

La zona **San Juan de Urabá**, corresponde a la zona más al norte del departamento, la cual abarca un área de interés turístico, pesquero y sus desembarcaderos; la zona **Golfo Alto**, es una zona de gran interés pesquero y desarrollo de actividades de interés turístico; La zona **Golfo Medio**, abarca amplias extensiones deltaicas generadas por los depósitos transportados por el río Atrato que tienen interés turístico ([Diaz-Merlano, 2014](#)); y La zona **Bahía Colombia** que incluye la parte más al sur que 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 y turístico del municipio de Turbo.

Las salidas de campo fueron realizadas por el personal de CORPOURABÁ en el segundo semestre de 2018, los días 17, 18, 22, 23 y 25 de octubre; y el primer semestre de 2019, los días 23, 24, 29, 30 y 31 de enero. Durante las salidas se midieron variables *in situ* y se colectaron muestras para el análisis de variables fisicoquímicas, microbiológicas, metales disueltos (Cadmio, Plomo, Cobre, Zinc, Hierro y Mercurio) y plaguicidas organoclorados. En el muestreo del primer semestre de 2019, se colectaron muestras de sedimento en 15 estaciones para análisis de metales totales (Cadmio, Cobre, Plomo, Zinc y Mercurio) (Figura 11.2).

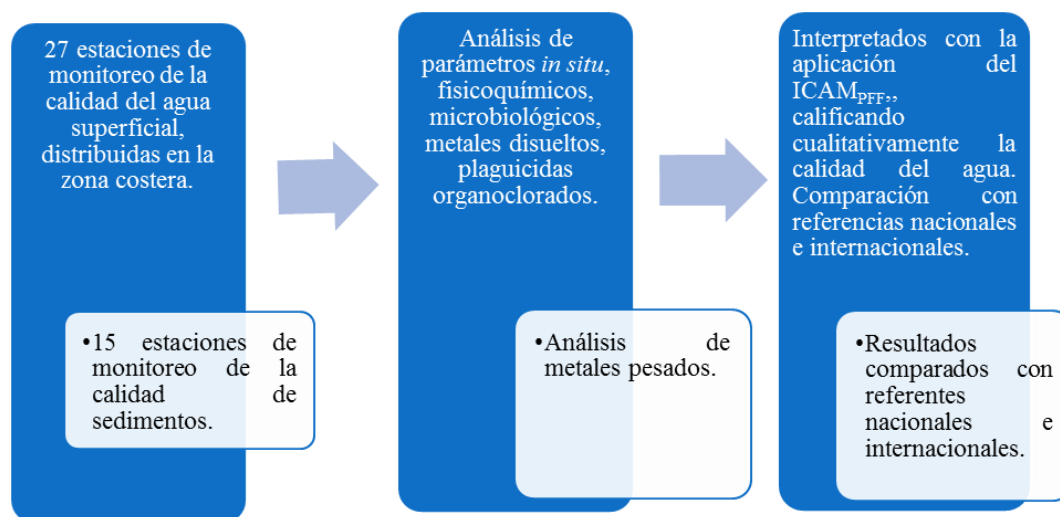


Figura 11.2. Resumen del monitoreo REDCAM en el departamento de Antioquia, realizado en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019.

1.4. FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En la zona costera de Antioquia se han identificado diferentes fuentes de contaminación, como la inadecuada disposición de residuos sólidos de los municipios de Arboletes, San Juan de Urabá, Necoclí y Turbo; vertimientos de aguas residuales domésticas y de las actividades socioeconómicas como cultivo de banano, ganadería, comercio, turismo y marítimas portuarias (Vivas-Aguas et al., 2010a), las cuales se encuentran descritas en la Tabla 7.1. Es de destacar que en el golfo de Urabá y en el mar Caribe desembocan una gran variedad de ríos, entre los cuales se destacan el Atrato, el Guadualito, el Mulatos, el Necoclí, el Currulao, el León y el Turbo (Figura 11.3).

Tabla 11.1. Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en el departamento de Antioquia

Actividad/Fuente contaminante		Sustancias contaminantes	Cuerpos de agua receptores
Residuos de la población	Disposición de residuos sólidos en cuerpos de agua.	Materia orgánica, residuos de hidrocarburos, aceites, metales pesados, microorganismos de origen fecal, basura marina, detergentes, sólidos sedimentables y en suspensión, grasas y aceites.	Ríos del departamento, golfo de Urabá y mar Caribe.
	Vertimientos de aguas residuales de las poblaciones de Arboletes, San Juan de Urabá, Necoclí, Turbo.		
Descargas de tributarios	Ríos Atrato, Guadualito, Mulatos, Necoclí, Currulao, León, Turbo.	Materia orgánica, detergentes, metales pesados, agroquímicos, nutrientes, sólidos, microorganismos fecales, plásticos.	Golfo de Urabá y mar Caribe.
Actividades productivas y socioeconómicas	Cultivo a gran escala de plátano, otros cultivos arroz, yuca, ñame, maíz. Ganadería bovina.	Nutrientes, agroquímicos, materia orgánica, metales pesados, plásticos.	Ríos del departamento, Golfo de Urabá y mar Caribe.
	Turismo costero en Necoclí, San Juan de Urabá y Arboletes.	Materia orgánica, residuos de hidrocarburos, aceites, microorganismos, detergentes, plásticos.	
	Comercio de alimentos, graneros, supermercados, accesorio y venta de combustible, materiales para construcción.	Residuos sólidos, materia orgánica, residuos oleosos, sólidos en suspensión, aguas residuales.	
	Instalaciones portuaria en Turbo para exportación de banano, transporte en lancha de pasajeros.	Residuos oleosos, materia orgánica, residuos sólidos, hidrocarburos.	Golfo de Urabá, mar Caribe.

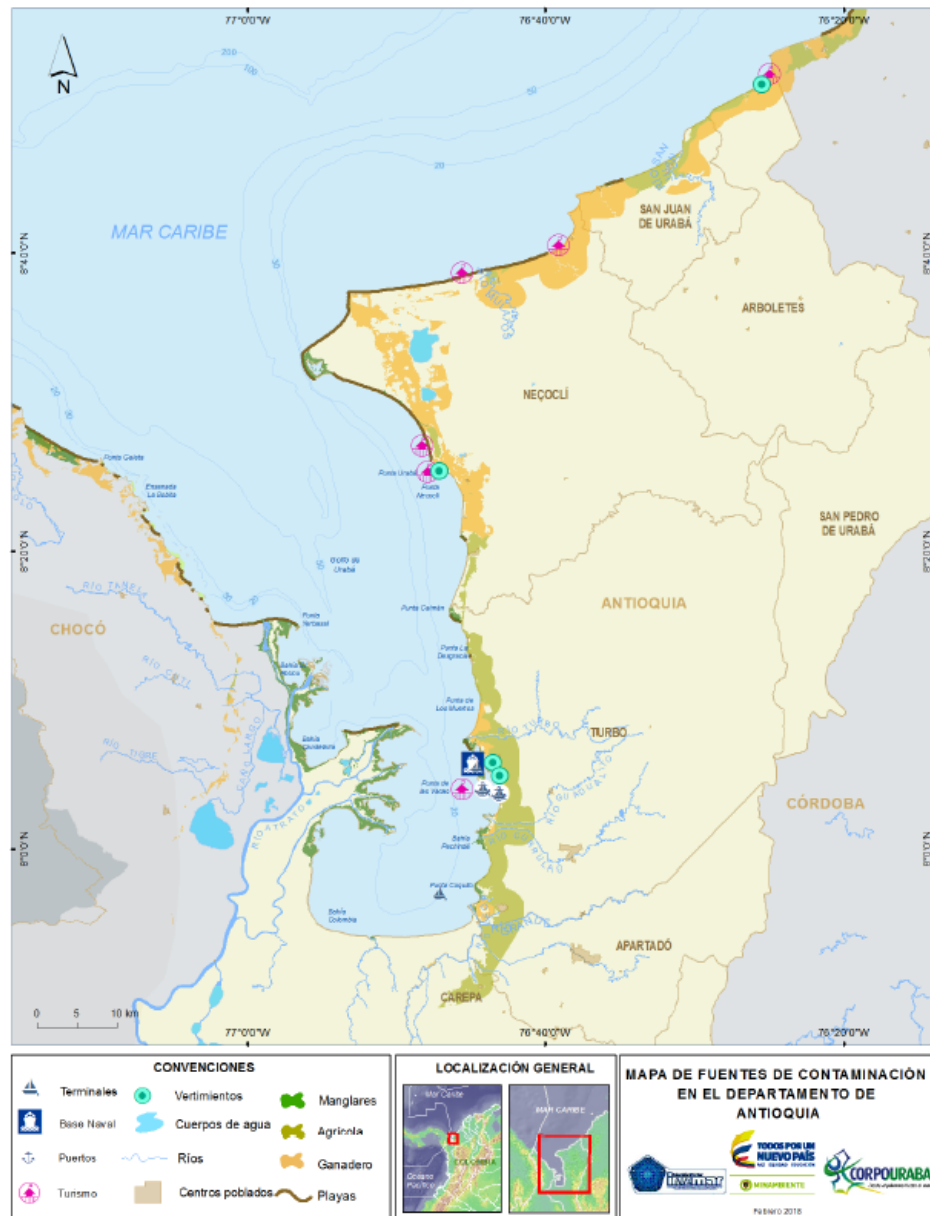


Figura 11.3. Mapa de la distribución de ecosistemas marino-costeros, centros poblados, actividades antropogénicas y fuentes terrestres y marinas de contaminación en el departamento de Antioquia, Caribe colombiano.

1.5. CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS

La calidad de las aguas marino costeras del departamento de Antioquia se evaluó aplicando el Índice de Calidad de Aguas para Preservación de flora y fauna - ICAM_{PFF} (Vivas-Aguas *et al.*, 2014b) a 15 estaciones que cumplieran con el tipo de agua marina-estuarina y con el número de mínimo de variables requeridas para su estimación. Los resultados de las variables usadas para estimar el ICAM_{PFF} se resumen en la Tabla 11.2.

Tabla 11.2. Resultados de las variables de calidad de agua usadas en el ICAM_{PFF} en las zonas y estaciones de monitoreo del departamento de Antioquia, en los muestreos realizados el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019; excepto las estaciones indicadas con (**). Oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes Termotolerantes (CTE), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de Criseno (HPDD). No medido (NM).

ZONA	ESTACIÓN	Segundo semestre 2018 (octubre)								Primer semestre 2019 (enero)							
		Sal	pH	OD	SST	DBO ₅	Nitratos	Fosfatos	HPDD	Sal	pH	OD	SST	DBO ₅	Nitratos	Fosfatos	CTE (NMP/100 mL)
				mg/L			µg/L					mg/L			µg/L		
Bahía Colombia	B. Currulao**	0,2	7,17	4,35	110	1,69	117,42	<32,63	0,1	3,43	5,11	6,809	26	<1,5	38,39	<32,63	17.000
	B. Guadualito	10,98	8,06	4,77	66	3,06	334,19	<32,63	0,094	4,26	4,2	6,54	49	2,54	31,61	<32,63	460
	B. León**	0,1	6,32	2,58	134	2	261,94	<32,63	1,05	3,86	5,42	76,2	81	<1,5	76,77	<32,63	4.900
	F. León	22,12	8,27	4,77	36	<1,5	88,06	<32,63	0,1	4,97	5,71	6,41	12	<1,5	22,58	<32,63	78
	F. Leoncito-Colombia	10,94	7,55	4,91	40	2,48	51,94	<32,63	<0,075	4,44	5,5	7,6	13	<1,5	27,10	<32,63	40
	Golfo 20-F. Atrato	26,91	8,1	4,9	32	<1,5	<22,58	<32,63	0,11	10,36	5,81	7,46	17	<1,5	27,10	<32,63	170
	Muelle Armada	24,68	7,9	6,15	88	3,02	42,90	<32,63	0,32	5,73	4,57	4,99	32	<1,5	36,13	<32,63	18
	P. Turbo	28,2	8,07	5,26	NM	2,72	97,10	<32,63	<0,075	4,81	5,18	5,65	66,5	2,03	<22,58	<32,63	9.300
	R. Currulao**	0,21	7,91	5,55	1670	3,89	112,90	<32,63	0,34	0,37	6,79	6,98	52	<1,5	261,94	<32,63	8.300
R. León**	0,17	6,94	4,47	122	2,05	200,97	<32,63	NM	3,83	5,49	6,9	97	<1,5	67,74	<32,63	160.000	
Golfo Alto	B. Necoclí	18,69	7,04	1,02	140	<1,5	103,87	<32,63	NM	10,3	6,13	6	11	1,5	22,58	163,16	120
	E.R. Negro	22,11	7,31	4,8	210	<1,5	<22,58	<32,63	0,11	19,34	5,65	8,55	25	1,62	<22,58	<32,63	78
	P. Lechugal	34,14	7,94	0,97	348	<1,5	<22,58	<32,63	0,089	23,87	5,79	6,95	25	<1,5	22,58	<32,63	20
Golfo Medio	B. Atrato Matuntugo**	0,03	7,37	4,66	32	2,03	38,39	<32,63	0,13	0,17	5,93	67,8	188	1,58	65,48	<32,63	790
	B. Caimán nuevo**	1,68	7,13	5,45	116	1,5	31,61	<32,63	0,16	4,78	4,91	9,98	13	2	58,71	<32,63	20
	B. Turbo**	0,16	7,14	4,24	5010	3,91	162,58	<32,63	<0,075	2,13	6,12	6,18	18	1,72	38,39	<32,63	7.800
	P. Martina	30,11	8,13	5,47	424	3,52	85,81	<32,63	NM	6,45	6,04	8,47	160	1,14	<22,58	<32,63	110
	P. Necoclí	23,33	8,07	7,12	132	1,54	101,61	<32,63	<0,075	9,7	6,46	7,58	68	<1,5	<22,58	<32,63	82
	P. Totumo	26,96	8,09	5,55	460	<1,5	45,16	<32,63	NM	7,92	5,53	84,6	368	1,72	31,61	<32,63	3.200
	R. Turbo-bocatoma**	0,15	6,71	4,14	791	2,86	36,13	<32,63	<0,075	0,46	5,6	6,62	29	<1,5	58,71	<32,63	9.300
San Juan de Urabá	B. Damaquiel**	0,85	7,89	6,86	250	<1,5	151,29	<32,63	0,38	9,53	5,86	4,57	16	1,88	<22,58	<32,63	18
	B. Mulatos**	1,02	8,25	7,53	42	1,81	83,55	<32,63	0,084	1,11	5,96	6,38	31	1,91	<22,58	<32,63	78
	B. San Juan**	3,22	8,06	NM	134	<1,5	67,74	<32,63	0,14	4,78	4,53	5,21	<9	3,06	<22,58	<32,63	200
	B. Volcán	22,77	7,86	1,27	276	4,04	616,45	<32,63	0,88	9,66	3,98	4,39	141	<1,5	54,19	881,05	20.000
	P. Arboletes	32,49	8,32	6,83	416	<1,5	72,26	<32,63	0,2	26,14	4,91	4,72	131	<1,5	40,65	<32,63	45
	P. Uveros	32,38	8,32	5,48	298	<1,5	49,68	<32,63	NM	25,44	6,03	4,32	142	<1,5	<22,58	<32,63	60
	B. Río Hobo**	3,56	8,59	7,17	108	<1,5	65,48	<32,63	NM	16,51	4,38	7,53	28	2,18	<22,58	<32,63	2.000

**Estaciones con características de aguas fluviales y en las que no se aplicó el ICAM_{PFF}

Durante el segundo semestre de 2018, se presentaron condiciones adecuadas en 7 estaciones distribuidas en todas las zonas, excepto en San Juan de Urabá (Figura 11.4). En 5 estaciones (desembocadura del río Necoclí, playa Lechugal, playa La Martina y playa Totumo); y en San Juan de Urabá en la desembocadura del río Volcán, se presentaron condiciones inadecuadas (Figura 11.4). La condición inadecuada en las estaciones, se debe a los resultados de los subíndices que evidencian altas concentraciones de sólidos suspendidos totales y nitratos, y bajas concentraciones de oxígeno disuelto (Tabla 11.3), lo que refleja la influencia de las descargas continentales y las escorrentías que recibe el golfo de Urabá por las condiciones naturales, y las actividades agrícolas y ganaderas, en donde la producción de banano representa el principal producto agroindustrial. Cabe destacar, que se encontraron subíndices de oxígeno disuelto en condición pésima (Tabla 11.3), debido a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en playa Lechugal (0,97 mg O₂/L), desembocadura río Necoclí (1,02 mg O₂/L) y desembocadura río Volcán, (1,27 mg O₂/L), niveles que están por debajo del valor permisible para preservación de fauna y flora (4 mg O₂/L) dispuesto en el Decreto 1076 de 2015 (MinAmbiente, 2015), condición que representa un riesgo para el desarrollo de la biota acuática aerobia.

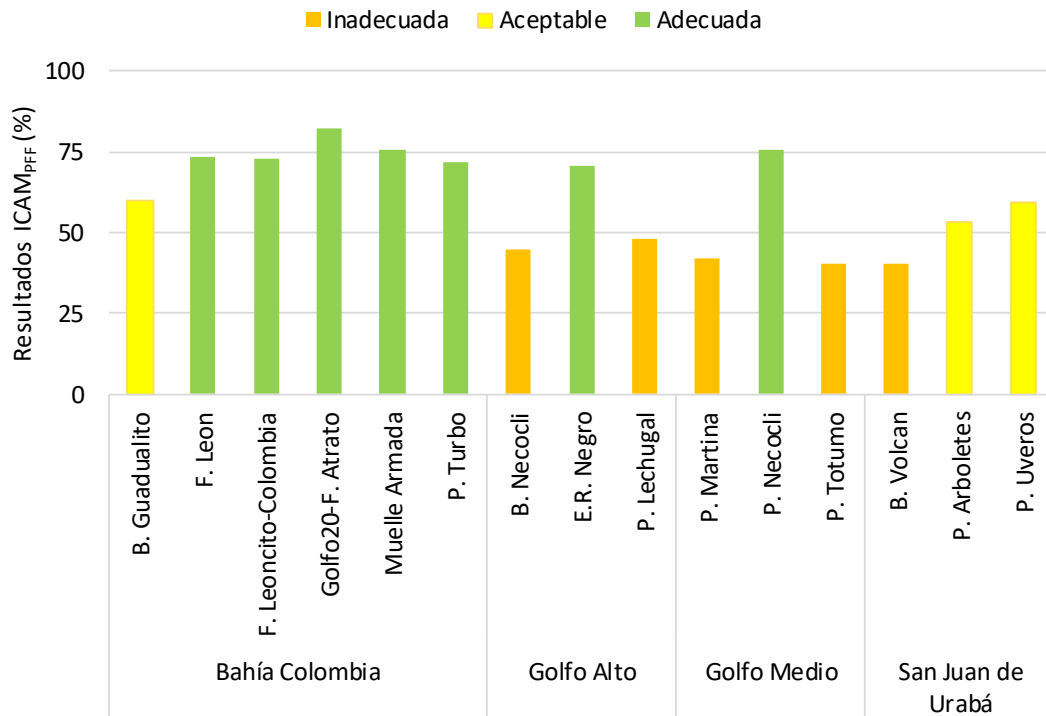


Figura 11.4. Calidad de agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costeras en el departamento de Antioquia, en el muestreo del segundo semestre de 2018.

Tabla 11.3. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PF} calculado en las estaciones REDCAM en Antioquia, en el muestreo realizado en el segundo semestre de 2018 (octubre). Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), pH, Nitratos, Fosfatos, Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅), y los hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de Criseno (HPDD) No medido (NM).

Zona	Estación de muestreo	Valores de los subíndices						
		pH	P-PO ₄	SST	N-NO ₃	OD	HPDD	DBO ₅
Bahía Colombia	B. Guadualito	Óptima	Adecuada	Adecuada	Pésima	Aceptable	Óptima	Adecuada
	F. León	Óptima	Adecuada	Adecuada	Inadecuada	Aceptable	Óptima	Óptima
	F. Leoncito-Colombia	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Inadecuada	Aceptable	Óptima	Adecuada
	Golfo 20-F. Atrato	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Aceptable	Óptima	Óptima
	Muelle Armada	Óptima	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Adecuada	Óptima	Adecuada
	P. Turbo	Óptima	Adecuada	NM	Inadecuada	Aceptable	Óptima	Adecuada
Golfo Alto	B. Necoclí	Aceptable	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Pésima	NM	Óptima
	E.R. Negro	Adecuada	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Aceptable	Óptima	Óptima
	P. Lechugal	Óptima	Adecuada	Pésima	Adecuada	Pésima	Óptima	Óptima
Golfo Medio	P. Martina	Óptima	Adecuada	Pésima	Inadecuada	Aceptable	NM	Adecuada
	P. Necoclí	Óptima	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Óptima	Óptima	Óptima
	P. Totumo	Óptima	Adecuada	Pésima	Inadecuada	Aceptable	NM	Óptima
San Juan de Urabá	B. Volcán	Óptima	Adecuada	Inadecuada	Pésima	Pésima	Óptima	Adecuada
	P. Arboletes	Óptima	Adecuada	Pésima	Inadecuada	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Uveros	Óptima	Adecuada	Pésima	Inadecuada	Aceptable	NM	Óptima

En el muestreo del primer semestre de 2019, solo se presentó calidad adecuada en playa Necoclí, y fue recurrente la condición inadecuada en las estaciones playa Totumo y desembocadura río Volcán; al igual que las estaciones Muelle Armada, playa Arboletes y playa Turbo (Figura 11.4), condiciones que se deben a los niveles de nutrientes y Coliformes Termotolerantes. En particular, en playa Totumo, los subíndices de Sólidos Suspendidos Totales, y Oxígeno Disuelto estuvieron en condición pésima (Tabla 11.4), y los nitratos y Coliformes Termotolerantes en condición inadecuada (Tabla 11.4); lo que refleja la alta incidencia en descargas de aguas residuales que se pueden relacionar a las actividades antrópicas como el turismo, y de la población.

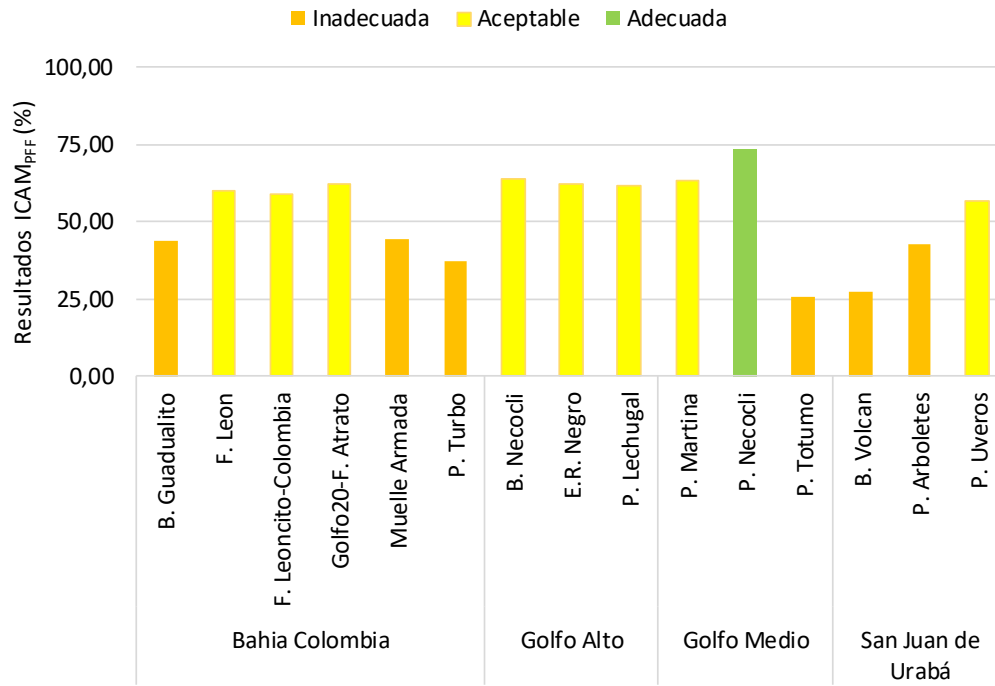


Figura 11.5. Calidad de agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costeras en el departamento de Antioquia, en el muestreo del primer semestre de 2019.

Tabla 11.4. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PFF} calculado en las estaciones REDCAM en Antioquia, en el muestreo realizado en el primer semestre de 2019 (enero). Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), pH, Nitratos, Fosfatos, Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅), y Coliformes Termotolerantes (CTE).

Zona	Estación de muestreo	Valores de los subíndices						
		pH	P-PO ₄	SST	N-NO ₃	OD	DBO ₅	CTE
Bahía Colombia	B. Guadualito	Pésima	Adecuada	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada
	F. León	Pésima	Adecuada	Óptima	Aceptable	Adecuada	Óptima	Óptima
	F. Leoncito-Colombia	Pésima	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima	Óptima	Óptima
	Golfo 20-F. Atrato	Pésima	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima	Óptima	Óptima
	Muelle Armada	Pésima	Adecuada	Adecuada	Inadecuada	Aceptable	Óptima	Óptima
	P. Turbo	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Aceptable	Adecuada	Pésima
Golfo Alto	B. Necocli	Pésima	Adecuada	Óptima	Aceptable	Adecuada	Óptima	Óptima
	E.R. Negro	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima
	P. Lechugal	Pésima	Adecuada	Adecuada	Aceptable	Adecuada	Óptima	Óptima
Golfo Medio	P. Martina	Pésima	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima
	P. Necocli	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima
	P. Totumo	Pésima	Adecuada	Pésima	Inadecuada	Pésima	Óptima	Inadecuada
San Juan de Urabá	B. Volcán	Pésima	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Aceptable	Óptima	Pésima
	P. Arboletes	Pésima	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Aceptable	Óptima	Óptima
	P. Uveros	Pésima	Adecuada	Aceptable	Adecuada	Inadecuada	Óptima	Óptima

Por otra parte, se analizó la calidad microbiológica de las aguas en las 27 estaciones de muestreo teniendo en cuenta las concentraciones de Coliformes Totales (CTT) y Coliformes Termotolerantes (CTE). Durante el segundo muestreo de 2018, las concentraciones de CTT estuvieron entre 98 y 1'600.000 NMP/100 mL, presentándose las concentraciones más altas en las desembocaduras de los ríos Turbo y Volcán (Tabla 11.5), concentraciones que superan los límites permisibles para contacto primario (1.000 NMP/100 mL) y secundario (5.000 NMP/100 mL), dispuestos en el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)).

Durante el primer semestre de 2019, las concentraciones de CTT estuvieron entre 20 y 160.000 NMP/100 mL (Tabla 11.5), en 17 estaciones superaron los límites de contacto primario y secundario. Mientras que, 11 estaciones sobrepasaron el límite de contacto primario de CTE (200 NMP/100 mL), con valores entre 460 y 160.000 NMP/100 mL).

Tabla 11.5. Concentraciones de Coliformes Totales (CTT) y Termotolerantes (CTE) medidos en el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento de Antioquia, en los muestreos del segundo semestre de 2018 (2018-2) y primer semestre de 2019 (2019-1). Sin referencia (-). No medido (NM). Los límites permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario y secundario se tomaron del Decreto 1076 de 2015([MinAmbiente 2015](#)).

Zona	Estación	CTT (NMP/100 mL)		CTE (NMP/100 mL)
		2018-2	2019-1	2019-1
Bahía Colombia	B. Currulao	240.000	84.000	17.000
	B. Guadualito	240.000	3.500	460
	B. León	240.000	160.000	4900
	F. León	15.000	330	78
	F. Leoncito-Colombia	5.400	170	40
	Golfo 20-F. Atrato	840	1700	170
	Muelle Armada	28.000	210	18
	P. Turbo	330	24.000	9.300
	R. Currulao	350.000	15.000	8.300
R. León	170.000	17.000	160.000	
Golfo Alto	B. Necoclí	2.800	1.700	120
	E.R. Negro	4.300	700	78
	P. Lechugal	4.300	20	20
Golfo Medio	B. Atrato Matuntugo	24.000	3.500	790
	B. Caimán nuevo	NM	5.400	20
	B. Turbo	1.600.000	35.000	7.800
	P. Martina	1.300	14.000	110
	P. Necoclí	790	9.200	82
	P. Totumo	1.100	15.000	3.200
	R. Turbo-bocatoma	540.000	140.000	9.300
San Juan de Urabá	B. Damaquiel	160.000	1.100	18
	B. Mulatos	98	790	78
	B. San Juan	3.300	13.000	200
	B. Volcán	>1.600.000	68.000	20.000
	P. Arboletes	460	230	45
	P. Úveros	200	430	60
	B. Río Hobo	2.000	4.000	2.000
LP C. primario		1.000 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	-

Otras variables medidas en aguas superficiales de las estaciones REDCAM en el departamento de Antioquia y que no hacen parte del ICAM_{PPF}, son los metales pesados disueltos Plomo (Pb), cadmio (Cd), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Cromo (Cr) y Mercurio (Hg); y plaguicidas organoclorados y organofosforados.

Durante el segundo semestre de 2018, en la estación río Turbo-Bocatoma, se encontraron concentraciones de 9,07 µg/L de Pb y 0,58 µg/L de Cd, superando el valor de referencia para efectos crónicos en agua dulce propuesto por la NOAA (Buchman, 2008). En cuanto al Cu, se detectaron concentraciones que sobrepasan el valor de referencia para efectos agudos, en las estaciones desembocadura río Currulao, río Currulao, río León, desembocadura río Atrato – Matuntugo, río Turbo Bocatoma y desembocadura río Turbo; registrándose en esta estación la concentración más alta de Cu (170,43 µg Cu/L). Se encontraron concentraciones de Hg en playa Lechugal (0,89 µg/L), desembocadura río Mulatos (0,77 µg/L) y desembocadura río Volcán (2,73 µg/L); en estas dos últimas estaciones, las concentraciones de Hg superaron el valor de referencia para efectos agudos en aguas dulces. Las concentraciones de Zn en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019 estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el laboratorio ambiental de CORPOURABÁ (<200 µg Zn/L).

Tabla 11.6. Concentración de metales pesados disueltos en las aguas superficiales del departamento de Antioquia, durante los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre 2019. Los valores de referencia para efectos crónicos en los organismos acuáticos marinos fueron tomados de Buchman, 2008. Valores con el símbolo (<) indica el límite de cuantificación del método analítico utilizado en el Laboratorio de aguas de CORPOURABÁ. No detectado (ND). No medido (NM).

Zona	Estación	Pb (µg/L)		Cd (µg/L)		Cu (µg/L)		Zn (µg/L)		Fe (µg/L)		Hg (µg/L)	
		2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1
Bahía Colombia	B. Currulao	<5	<5	<0,5	<0,5	17,39	4,35	<200	<200	1180	700	ND	<0,5
	B. Guadualito	<5	<5	<0,5	<0,5	7,61	15,54	<200	<200	1000	720	ND	0,5
	B. León	<5	<5	<0,5	<0,5	48,19	5,19	<200	<200	1610	1400	ND	<0,5
	F. León	<5	<5	<0,5	<0,5	8,17	3,27	<200	<200	<80	<80	ND	<0,5
	F. Leoncito-Colombia	<5	<5	<0,5	<0,5	16,3	3,6	<200	<200	930	<80	ND	<0,5
	Golfo 20-F. Atrato	<5	<5	<0,5	<0,5	<2	2,51	<200	<200	<80	<80	<0,5	<0,5
	Muelle Armada	<5	<5	0,88	<0,5	<2	4,31	<200	<200	1030	250	ND	<0,5
	P. Turbo	6,6	<5	0,94	<0,5	2,29	4,09	<200	<200	200	670	ND	<0,5
	R. Currulao	<5	<5	0,19	<0,5	54,5	3,2	300	<200	910	510	ND	<0,5
R. León	<5	<5	<0,5	<0,5	33,61	3,93	<200	<200	<80	1360	ND	<0,5	
Golfo Alto	B. Necoclí	<5	<5	<0,5	<0,5	<2	3,48	<200	<200	440	160	ND	<0,5
	E.R. Negro	<5	<5	<0,5	<0,5	<2	<2	<200	<200	<80	<80	<0,5	<0,5
	P. Lechugal	<5	<5	0,77	<0,5	<2	<2	<200	<200	<80	<80	0,89	<0,5
Golfo Medio	B. Atrato Matuntugo	<5	<5	<0,5	<0,5	40,2	2,11	<200	<200	<80	2150	ND	<0,5
	B. Caimán nuevo	<5	<5	<0,5	<0,5	8,21	<2	<200	<200	1250	<80	ND	<0,5
	B. Turbo	<5	<5	1,05	<0,5	170,43	5,84	<200	<200	1020	1090	ND	<0,5
	P. Martina	<5	<5	0,54	<0,5	4,5	4,64	<200	<200	1580	230	ND	<0,5
	P. Necoclí	<5	<5	0,63	<0,5	3,56	2,81	<200	<200	960	1130	ND	<0,5
	P. Totumo	<5	<5	<0,5	<0,5	NM	2,23	<200	<200	NM	1250	NM	<0,5
	R. Turbo-bocatoma	9,07	<5	0,58	<0,5	108,89	5,85	<200	<200	1330	720	NM	<0,5
San Juan de Urabá	B. Damaquiel	<5	<5	<0,5	<0,5	8,76	<2	<200	<200	790	<80	ND	<0,5
	B. Mulatos	<5	<5	<0,5	<0,5	6,44	3,52	<200	<200	1060	670	0,77	<0,5
	B. San Juan	<5	<5	<0,5	<0,5	<2	5,58	<200	<200	1090	<80	ND	<0,5
	B. Volcán	<5	<5	<0,5	<0,5	<2	2,12	<200	<200	ND	280	2,73	<0,5

Zona	Estación	Pb (µg/L)		Cd (µg/L)		Cu (µg/L)		Zn (µg/L)		Fe (µg/L)		Hg (µg/L)	
		2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1
	P. Arboletes	<5	<5	<0,5	<0,5	3,7	<2	<200	<200	1760	930	ND	<0,5
	P. Uveros	<5	<5	0,57	<0,5	<2	<2	<200	<200	160	1020	ND	<0,5
	B. Río Hobo	<5	<5	<0,5	<0,5	7,33	<2	<200	<200	280	170	ND	<0,5
	Ref. efectos crónicos agua marina	8,1		8,8		1,3		81		50		0,94	
	Ref. efectos agudo agua marina	210		40		4,8		90		350		1,8	
	Ref. efectos crónicos agua dulce	2,5		0,25		9		120		1.000		0,77	
	Ref. efectos agudo agua dulce	65		2		13		120		-		1,4	

Durante los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre 2019, 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, α – HCH, Imazalil.

1.6. CALIDAD DE SEDIMENTOS

La calidad de los sedimentos fue evaluada en 15 estaciones, donde se midieron los metales pesados totales Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), y Zinc (Zn). Las concentraciones de Cd no sobrepasaron los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y valores de referencia para efectos probables (PEL). Las concentraciones de Cu y Hg en algunas estaciones superaron el valor de referencia TEL; las mayores concentraciones de estos dos metales, se detectaron en la estación Golfo 20 – frente río Atrato (58,73 µg Cu /g y 145,5 ng Hg /g respectivamente). Durante el segundo semestre de 2018, las concentraciones de Zn, en la mayor parte de las estaciones superaron los valores de referencia TEL y PEL en aguas marinas y dulces; las concentraciones más altas se encontraron en Golfo 20 – frente río Atrato, desembocadura río Currulao y desembocadura río Volcán (Tabla 11.7).

Tabla 11.7. Metales pesados totales en los sedimentos de cinco estaciones REDCAM en Antioquia, colectados durante los muestreos del segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de Buchman, 2008). Sin referencia (-). No medido (NM). Valores con el símbolo (<) indica el límite de cuantificación del método analítico utilizado en el Laboratorio de aguas de CORPOURABÁ.

Zona	Estación	Cd (µg/g)		Cu (µg/g)		Hg (ng/g)		Pb (µg/g)		Zn (µg/g)	
		2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1
Bahía Colombia	B. Currulao	0,10	0,15	26,7	38,1	98,1	67,0	1,34	7,27	670	206
	B. Guadualito	0,08	0,11	22,7	23,8	85,9	60,3	1,31	9,40	450	105
	B. León	0,06	0,16	35,9	41,8	73,4	43,5	1,38	4,23	410	246
	Golfo 20-F. Atrato	0,23	NM	58,7	NM	145	NM	1,69	NM	730	NM
	R. León	0,11	0,14	17,1	41,0	65,4	59,1	1,04	6,30	250	108
Golfo Alto	B. Necoclí	0,08	0,05	39,3	4,07	39,9	54,6	0,86	1,87	450	160
	E.R. Negro	0,06	0,08	44,7	19,0	96,7	39,7	1,90	1,51	300	60,1
Golfo Medio	B. Atrato Matuntugo	0,16	0,14	50,6	53,0	118	43,6	1,21	4,19	320	106
	B. Caimán nuevo	0,03	0,09	9,33	21,5	82,2	45,4	0,46	3,25	330	210

Zona	Estación	Cd (µg/g)		Cu (µg/g)		Hg (ng/g)		Pb (µg/g)		Zn (µg/g)	
		2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1	2018-2	2019-1
	B. Turbo	0,09	0,14	23,0	57,4	142	67,7	1,28	5,42	280	158
	R. Turbo-bocatoma	0,07	0,11	45,1	27,5	386	40,0	1,60	5,62	240	224
San Juan de Urabá	B. Damaquiel	0,07	0,06	31,0	13,9	59,6	48,1	1,58	3,31	340	457
	B. Mulatos	0,11	0,08	30,0	16,3	70,8	93,1	1,58	3,42	400	61,1
	B. San Juan	0,07	0,10	22,8	21,2	45,0	50,6	1,29	4,52	440	78,9
	B. Volcán	0,07	0,06	26,1	11,1	86,0	47,1	1,41	3,18	560	121
	B. Río Hobo	0,05	0,09	22,0	36,9	80,5	35,4	1,45	4,95	130	135
Referencia TEL marino		0,68		18,7		130		30,2		124	
Referencia PEL marino		4,21		108		700		112		271	
Referencia TEL dulce		0,6		35,7		-		35		123	
Referencia PEL dulce		3,53		197		-		91,3		315	

11.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El cálculo del ICAM_{PPF} mostró deterioro de la calidad del agua marina costera para la preservación de flora y fauna en la zona de bahía Colombia, entre el muestreo del segundo semestre 2018 y el del primer semestre 2019, ya que las estaciones con calidad adecuada pasaron a calidad aceptable e inadecuada. Cabe destacar que este resultado se debe a las pésimas condiciones del subíndice pH, producto del incremento en los aportes de los ríos, principalmente el río Atrato. En las otras tres zonas la calidad del agua fue similar en los dos muestreos; en estas zonas la condición inadecuada está determinada por la pésima e inadecuada condición de los subíndices Oxígeno Disuelto, sólidos suspendidos totales y nitratos, lo que refleja aportes de contaminantes a través de los ríos que desembocan, las escorrentías agrícolas y ganaderas, y las aguas residuales vertidas sin tratamiento.
- ❖ La calidad microbiológica de las aguas marino costeras en la mayoría de estaciones de muestreo del departamento de Antioquia, no son aptas para actividades de contacto primario y secundario, debido a que los Coliformes Totales (CTT) y Termotolerantes (CTE), superan los límites permisibles establecidos por la legislación nacional.
- ❖ En algunas estaciones de muestreo, los metales Pb, Cd y Cu en aguas; y Cu, Hg y Zn en sedimentos, superaron los valores de referencia propuestos por la NOAA. Por lo cual se recomienda realizar una investigación que permita determinar la fuente directa de los contenidos de metales en sedimentos, y si proviene de una fuente de contaminación hacer seguimiento y establecer medidas control de las condiciones del medio marino-costero del golfo de Urabá.

CHOCÓ - PACÍFICO

Por: Paola Sofía Obando Madera



Bahía Solano (ESSO), Chocó. Foto: Camila Padilla

EQUIPO TÉCNICO CODECHOCÓ

Harry Escobar Mosquera – Subdirector de Calidad y Control Ambiental
Alexis Castro Arriaga – Coordinador Laboratorio de aguas CODECHOCÓ
Danny Palomeque Largacha – Ingeniera Ambiental, analista laboratorio

12. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DE CHOCÓ

El diagnóstico de la calidad de las aguas marino-costeras del departamento de Chocó se realizó con base en la información colectada en el segundo semestre de 2018, en 16 estaciones de muestreo, distribuidas en dos zonas: bahía Solano y golfo Tribugá (Figura 12.1).

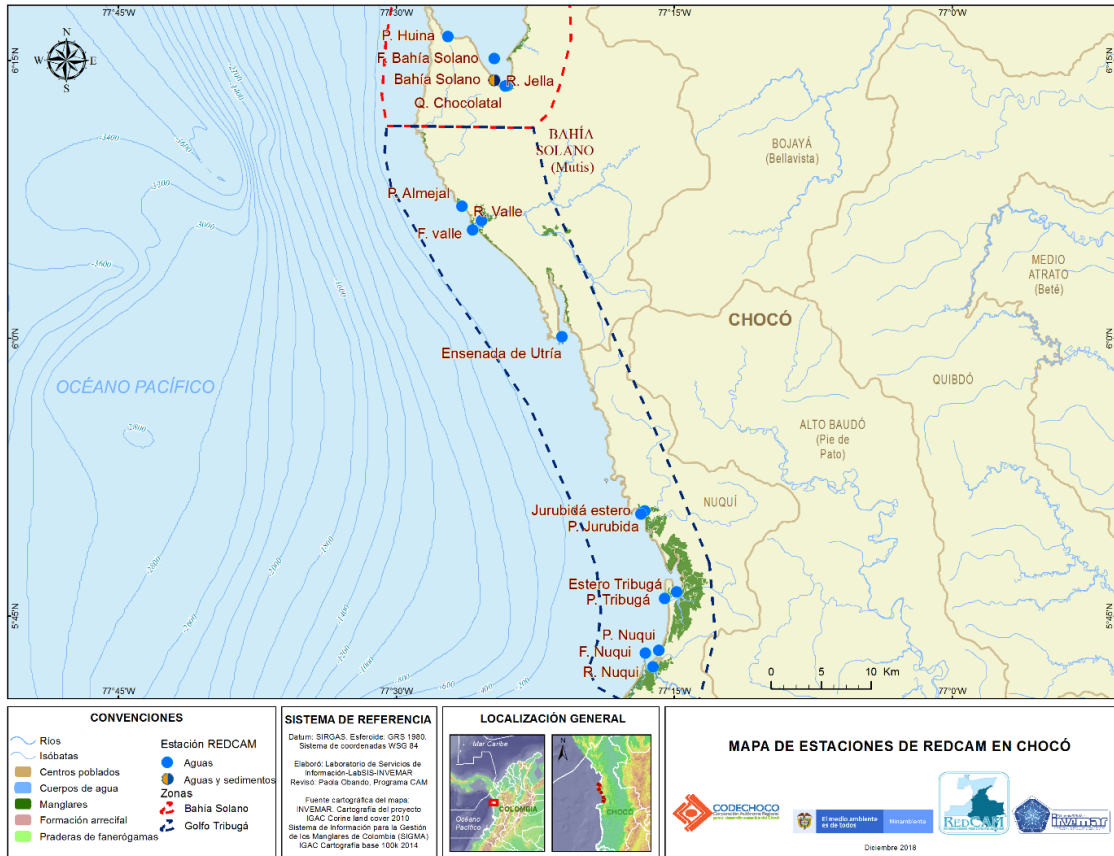


Figura 12.1. Mapa con las estaciones de muestreo REDCAM en el departamento del Chocó. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y el punto bicolor (azul y marrón) corresponde a la estación donde se tomaron muestras de agua y sedimentos. Los polígonos punteados presentan las dos zonas de muestreo.

La zona de **Bahía Solano** está caracterizada por la presencia de la serranía del Baudó, planicies marinas, formas aluviales, serranías; siendo en términos geográficos la entrada del puerto hacia el mar (Pierini y Rodríguez, 2014), las actividades que se realizan son pesca y turismo como el avistamiento de ballenas. La zona de **golfo Tribugá**, comprende desde playa Almejal hasta Nuquí, en esta zona se encuentra el Parque Nacional Natural Utría y la Ensenada de Tribugá, sitios estratégicos para la conservación de la fauna y flora marina y costera (Figura 12.1).

El muestreo del segundo semestre de 2018 fue realizado por el INVEMAR con el apoyo operativo de personal de CODECHOCÓ, y se llevó a cabo el 3 de septiembre de 2018. En las 16 estaciones se midieron variables fisicoquímicas, microbiológicas, contaminantes orgánicos (hidrocarburos, plaguicidas organoclorados y organofosforados) e inorgánicos (metales

disueltos: cadmio, zinc, cobre, níquel, plomo, hierro y cromo VI). Además, se colectaron muestras de sedimentos en la estación bahía Solano, ubicada en la zona **Bahía Solano** (Figura 11.2).

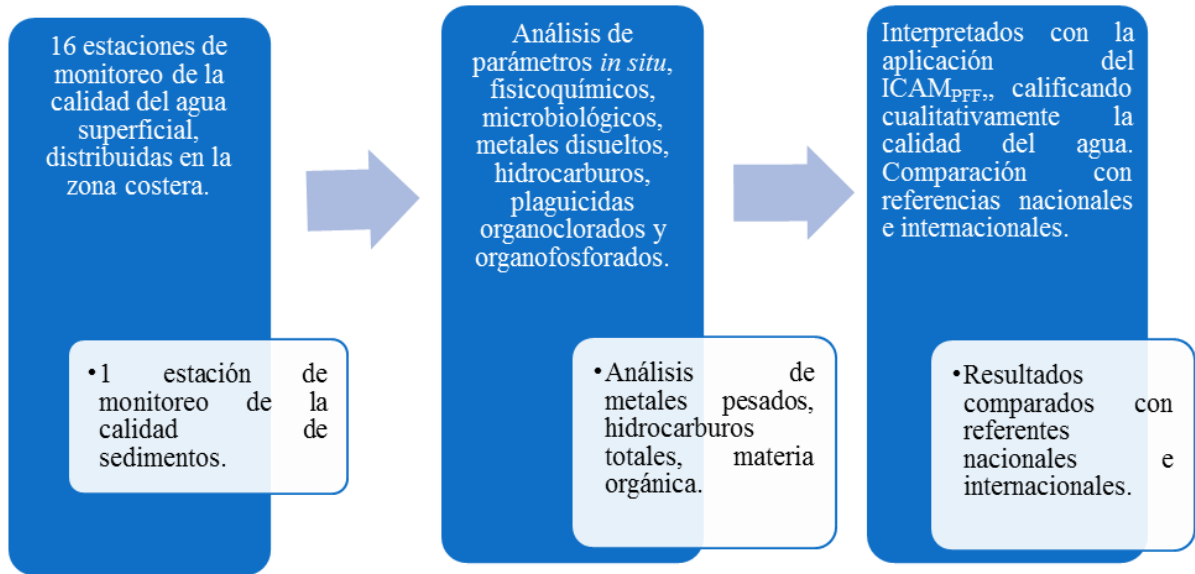


Figura 12.2. Resumen del monitoreo REDCAM en el departamento del Chocó, realizado en el segundo semestre de 2018.

12.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Una de las principales fuentes de contaminación en Chocó costa pacífica, es la carencia de servicios básicos domiciliarios, con un saneamiento básico deficiente o inexistente, por lo cual, los residuos líquidos y sólidos que genera la población llegan a las fuentes de agua dulce, como los ríos Jella, Valle y Nuquí (INVEMAR, 2018). En la Tabla 12.1 se describen las principales fuentes de contaminación que han sido identificadas en la zona costera del departamento de Chocó.

Tabla 12.1. Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en el departamento del Chocó.

Actividad/Fuente contaminante		Contaminantes	Receptor
Residuos de la población de municipios costeros	Aguas residuales sin tratamiento previo	Materia orgánica, microorganismos de origen fecal, sólidos suspendidos y sedimentables, nutrientes	Ríos Nuquí, Valle, Jella, Baudó, Cúpica, Pinololo, Acandí, Negro y Atrato; los esteros Coquí, Panguí, Jurubidá, Tribugá, océano Pacífico y mar Caribe.
	Residuos sólidos en botaderos a cielo abierto y relleno sanitario	inorgánicos, metales pesados, hidrocarburos, grasas y aceites, plásticos y otros residuos sólidos.	
Descargas de tributarios	Ríos Nuquí, Valle, Jella, Juradó, Partadó, Borojó, Boroboro, Chorí, Panguí, Pavasa, Catripe, Purricha, Piliza, Usagará, Capiro, Orpua, Baudó, Tocatoromá, San Juan, Cupica, Pinololo, Acandí, Negro y Atrato; los esteros Coquí, Panguí, Jurubidá, Tribugá.	Sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes, microorganismos, hidrocarburos, metales pesados, plaguicidas, residuos sólidos.	Océano Pacífico y mar Caribe.
Actividades productivas y socioeconómicas	Minería de oro, cobre y agregados pétreos	Aguas residuales de la minería, sólidos suspendidos, metales pesados y minerales, cianuro, otros contaminantes orgánicos usados en la minería.	Ríos Atrato y San Juan, océano Pacífico.
	Agricultura: cultivo de papa, haba, maíz, coco, plátano, cacao, caña de azúcar.	Nutrientes, plaguicidas, sólidos suspendidos, materia orgánica.	Océano Pacífico.
	Ganadería de bovinos, cría de cerdos.	Materia orgánica, sólidos suspendidos, microorganismos fecales, nutrientes.	Ríos Valle y San Juan, océano Pacífico.
	Turismo de naturaleza en áreas marinas.	Residuos sólidos, aguas residuales, microorganismos de origen fecal, plaguicidas, hidrocarburos.	Océano Pacífico.
	Comercio local, aserraderos.	Residuos plásticos, orgánicos y otros residuos sólidos, agua residual, plaguicidas e hidrocarburos.	Ríos del departamento y océano Pacífico.
	Marítimo: tráfico de embarcaciones comerciales, de carga y transporte de pasajeros	Hidrocarburos, residuos oleosos y sólidos.	Ríos del departamento y océano Pacífico.

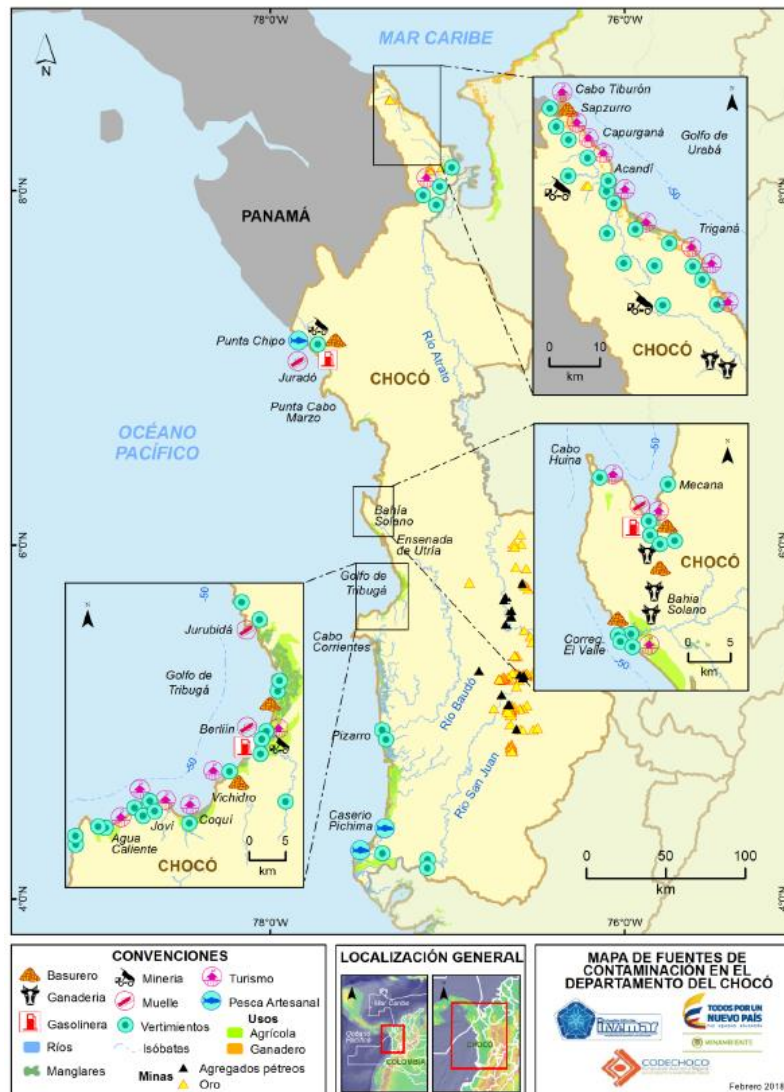


Figura 12.3. Mapa de la distribución de ecosistemas marino-costeros, centros poblados, actividades antropogénicas y fuentes terrestres y marinas de contaminación en el departamento del Chocó, Pacífico colombiano.

12.2 CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS

La calidad de las aguas marino costeras del departamento de Chocó se evaluó aplicando el Índice de Calidad de Aguas para Preservación de flora y fauna -ICAM_{PFF} (Vivas-Aguas et al., 2014a) a 12 estaciones que cumplieran con el tipo de agua marina-estuarina, y con el número mínimo de variables requerida. Los resultados de las variables usadas para estimar el ICAM_{PFF} se resumen en la Tabla 12.2.

Tabla 12.2. Variables de calidad de agua usadas para el cálculo del ICAM_{PFF} en las zonas y estaciones de monitoreo en el departamento de Chocó en el muestreo realizado en el segundo semestre de 2018 (septiembre); excepto las estaciones indicadas con (). Salinidad (SAL), Oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes Termotolerantes (CTE), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de Criseno (HPDD).**

ZONA	ESTACIÓN	Segundo semestre 2018 (septiembre)							
		SAL	pH	OD	SST	Nitratos	Fosfatos	HPDD	CTE (NMP/100 mL)
Bahía Solano	Bahía Solano	25	8,1	6,88	10,6	2,21	<2	<0,075	45
	F. Bahía Solano	25,3	8,14	7,45	8,68	3,72	<2	<0,075	78
	P. Huina	25,5	8,11	7,81	9,01	4,24	2,03	<0,075	78
	Q. Chocolatal**	0	8,05	8,45	1,86	86,7	13,6	0,077	61.000
	R. Jella**	1,1	7,79	8,42	12,3	55,4	30,1	0,16	130.000
Golfo Tribugá	Ensenada de Utría	24,2	8,05	6,81	8,07	<2,1	<2	1,31	20
	Estero Tribugá	24,1	7,94	6,0	9,33	3,06	<2	<0,075	45
	F. Nuquí	25,3	8,11	7,09	11	3,48	<2	0,25	200
	F. valle	24,1	8,1	6,87	7,65	6,09	2,23	0,33	NM
	Jurubidá estero	16,4	7,91	6,78	12,4	<2,1	4,27	0,085	NM
	P. Almejal	22,9	6,83	6,92	8,66	7,31	2,7	<0,075	45
	P. Jurubidá	25	8,04	6,56	18,1	<2,1	3,08	NM	40
	P. Nuquí	24,9	8,04	6,55	19,6	<2,1	8,86	NM	140
	P. Tribugá	24,9	8,09	6,76	11,2	<2,1	2,05	0,076	20
	R. Nuquí**	0	7,46	8,0	580	105	23,9	0,34	78.000
R. Valle**	0	7,14	7,6	6,95	58,2	6,8	0,18	68.000	

**Estaciones con características de aguas fluviales y en las que no se aplicó el ICAM_{PFF}

El ICAM_{PFF} mostró que para el segundo semestre de 2018 la mayoría de estaciones muestreadas tenía calidad adecuadas para la preservación de la fauna y flora y dos estaciones, Bahía Solano y P. Tribugá, tenían condiciones de calidad óptimas (Figura 12.4).

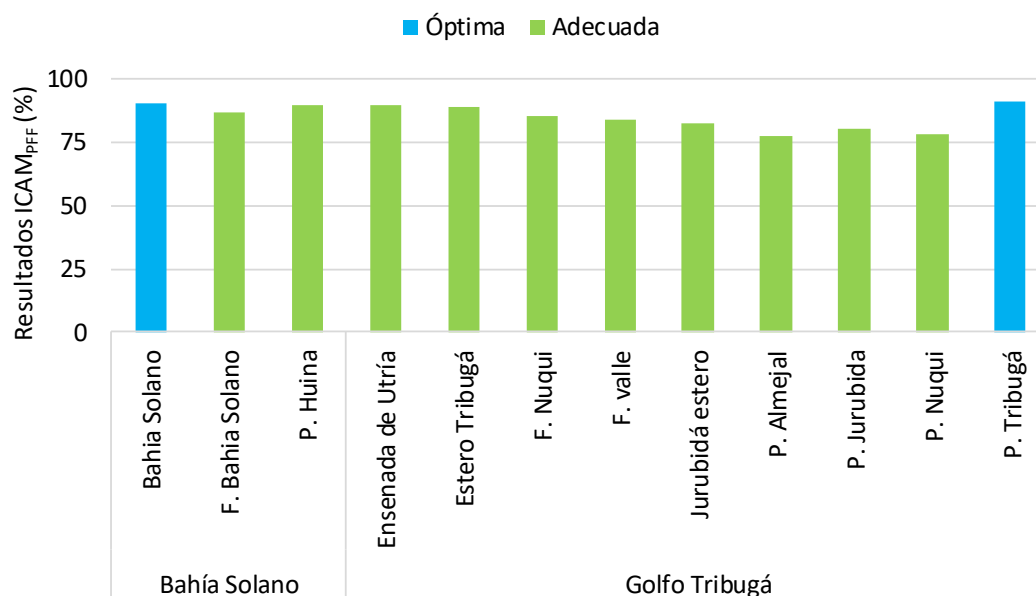


Figura 12.4. Calidad de agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costeras en el departamento del Chocó, en el muestreo del segundo semestre de 2018.

Sin embargo, la estimación de los subíndices mostró condiciones aceptables de fosfatos y Coliformes Termotolerantes, en las estaciones frente Nuquí, frente río Valle, Jurubidá estero, playa Jurubidá, playa Nuquí, y en playa Almejal, en donde además se encontraron condiciones inadecuadas para el pH que estuvo en 6,83 unidades, estando cercano al límite permisible para aguas marinas establecido en el Decreto 1076 de 2015 (MinAmbiente, 2015), lo cual, está asociado a los aportes de aguas dulces que en general son más ácidas (Tabla 12.3).

Tabla 12.3. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PFF} calculado en las estaciones REDCAM en Chocó, en el muestreo realizado el segundo semestre de 2018. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de Criseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación de muestreo	Valores de los subíndices						
		pH	P-PO ₄	SST	N-NO ₃	OD	HPDD	CTE
Bahía Solano	Bahía Solano	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Adecuada
	F. Bahía Solano	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima	Adecuada
	P. Huina	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima	Adecuada
Golfo Tribugá	Ensenada de Utría	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima
	Estero Tribugá	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Adecuada
	F. Nuquí	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima	Aceptable
	F. valle	Óptima	Aceptable	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	NM
	Jurubidá estero	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	NM
	P. Almejal	Inadecuada	Aceptable	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima
	P. Jurubidá	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	Óptima
	P. Nuquí	Óptima	Aceptable	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	Aceptable
P. Tribugá	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	

Por otra parte, se analizó la calidad microbiológica del agua en 8 estaciones distribuidas en las playas y sitios turísticos de Chocó, teniendo en cuenta las concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Coliformes Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE).

Las concentraciones de CTE variaron entre 20 y 140 NMP/100 mL (Tabla 12.4), valores que estuvieron por debajo del valor permisible para contacto primario <200 NMP/100 mL establecido en el Decreto 1076 de 2015 (MinAmbiente, 2015). En las estaciones bahía Solano, frente bahía Solano, playa Almejal y playa Nuquí, las concentraciones de CTT oscilaron entre 140 y 9.200 NMP/100 mL (Tabla 12.4), superando los valores permisibles para contacto primario y secundario, lo que evidencia que existe un riesgo asociado a la presencia de este grupo de microorganismos. Las concentraciones de EFE (Tabla 12.4), estuvieron entre 2 y 140 UFC/100 mL, registrándose el mayor valor en playa Nuquí (140 UFC/100 mL) lo que representa que existe un riesgo entre el 1% y <5% de contraer enfermedades gastrointestinales y, entre el 0,3% y <1,9% de contraer enfermedad respiratoria febril aguda; además, en ésta estación se presentaron las máximas concentraciones de CTT y CTE; este resultado corrobora que la playa Nuquí se encuentra expuesta a contaminación microbiológica asociada a descargas de aguas residuales.

Tabla 12.4 Concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Totales (CTT), y Enterococos Fecales (EFE) medidos en el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento del Chocó, en el muestreo de septiembre de 2018. Límite permisible para el uso recreativo por contacto primario (LP CP) y contacto secundario (LP CS) según MinAmbiente (2015). Los valores de referencia para el riesgo de contraer enfermedades Gastrointestinales (EGI) y Respiratoria Febril Aguda (ERFA) de la OMS (2003). Sin referencia (-).

Zona	Estación	Segundo semestre 2018 (septiembre)		
		CTT (NMP/100 mL)	CTE (NMP/100 mL)	*EFE (UFC/100 mL)
Bahía Solano	Bahía Solano	2.200	45	3
	F. Bahía Solano	9.200	78	9
	P. Huina	470	78	8
Golfo Tribugá	Ensenada de Utría	140	20	3
	P. Almejal	9.200	45	14
	P. Jurubidá	140	40	2
	P. Nuquí	9.200	140	140
	P. Tribugá	330	20	2
LP C. primario		1.000	200	*OMS (2003)
LP C. secundario		5.000	-	
*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.		

Otras variables medidas en aguas superficiales de las estaciones REDCAM en Chocó y que no hacen parte del ICAM_{PPF}, son los 45 compuestos de plaguicidas organoclorados y organofosforados, y metales disueltos plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), zinc (Zn) y níquel (Ni) y cromo VI (Cr⁺⁶).

Los 39 compuestos de plaguicidas organoclorados y organofosforados analizados en 10 estaciones de monitoreo (bahía Solano, frente bahía Solano, quebrada Chocotal, río Jella, Ensenada de Utría, Estero Tribugá, frente Nuquí, Jurubidá estero, río Nuquí y río Valle) estuvieron por debajo del límite de detección del método usado en el LABCAM del INVEMAR.

En cuanto los metales disueltos (Tabla 14.5), las concentraciones de Cd en las estaciones Estero Tribugá (0,72 µg Cd/L) y Jurubidá estero (0,64 µg Cd/L) estuvieron por encima de los valores de referencia para efectos crónicos en organismos dulceacuícolas; y las concentraciones de Fe en Bahía Solano (144 µg Fe/L), frente bahía Solano (54,9 µg Fe/L) y playa Tribugá (58,9 µg Fe/L), estuvieron por encima de los valores de referencia para efectos crónicos en organismos marinos, valores propuestos por la NOAA ([Buchman, 2008](#)). Las concentraciones de Cu, Cr⁺⁶, Ni, Pb y Zn (Tabla 7.6), estuvieron en la mayoría de estaciones por debajo del límite de cuantificación del método analítico utilizado por el LABCAM del INVEMAR.

Tabla 12.5. Concentración de metales pesados disueltos en las aguas superficiales tomados durante el segundo semestre de 2018 en las estaciones REDCAM en Chocó. Valores con el símbolo (<) indica el límite de detección del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR. Los valores de referencia para efectos crónicos (color amarillo) y agudos (color naranja) fueron tomados de [Buchman \(2008\)](#). No medido (NM). Sin referencia (-).

Zona	Estación	Segundo semestre 2018 (septiembre)						
		Cd (µg/L)	Cu (µg/L)	Cr+6 (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)	Fe (µg/L)
Bahía Solano	Bahía Solano	<0,2	1,05	<5	<2,5	<2	<10	144
	F. Bahía Solano	<0,2	<1	<5	<2,5	<2	<10	54,9
	P. Huina	0,23	<1	<5	<2,5	<2	<10	48,6
	R. Jella	NM	NM	<5	NM	NM	NM	NM
Golfo Tribugá	Ensenada de Utría	0,67	<1	<5	<2,5	<2	<10	17,4
	Estero Tribugá	0,72	1,44	<5	<2,5	<2	<10	30,5
	F. Nuquí	0,49	<1	<5	<2,5	<2	<10	42,3
	F. valle	0,39	<1	<5	<2,5	<2	<10	19,1
	Jurubidá estero	0,64	1,07	<5	<2,5	<2	<10	20,6
	P. Tribugá	0,66	<1	<5	<2,5	<2	<10	58,9
	R. Nuquí	<0,2	2,37	<5	<2,5	<2	94,5	168
R. Valle	<0,2	<1	<5	<2,5	<2	<10	79,8	
Ref. efectos crónicos agua marina		8,8	1,3	50	8,2	8,1	81	50
Ref. efectos agudo agua marina		40	4,8	1.100	74	210	90	350
Ref. efectos crónicos agua dulce		0,25	9	11	52	2,5	120	1.000
Ref. efectos agudo agua dulce		2	13	16	470	65	120	-

12.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

Para evaluar la calidad del sedimento en la estación bahía Solano, se analizaron los contenidos de materia orgánica, 16 compuestos de hidrocarburos aromáticos policíclicos, 8 metales totales plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), zinc (Zn) y níquel (Ni), hierro (Fe) y Mercurio (Hg); y 40 compuestos de plaguicidas organoclorados y fosforados.

Las concentraciones de materia orgánica en bahía Solano tienen valores intermedios (16,5 mg/g; Tabla 12.6) comparadas con otras estaciones Costeras del Pacífico colombiano donde hay descargas directas de los ríos.

Tabla 12.6. Metales pesados totales (en peso seco) y contenido de materia orgánica en los sedimentos de la estación bahía Solano del monitoreo REDCAM en Chocó, colectados en el segundo semestre de 2018. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de Buchman (2008). Sin referencia (-)

Zona	Estación	Segundo semestre 2018 (septiembre)								
		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.)	MO mg/g
Bahía Solano	Bahía Solano	<15	<12,5	230	129	95,4	102	53,4	31,4	16,5
Referencia TEL marino		30,2	0,68	52,3	18,7	124	15,9	-	130	-
Referencia PEL marino		112	4,21	160	108	271	42,8	-	700	-

Las concentraciones de metales totales Cr, Cu y Ni, superaron el valor de referencia para efectos probables (PEL) (Tabla 12.6), establecido por la NOAA ([Buchman, 2008](#)).

Los 16 compuestos de hidrocarburos aromáticos policíclicos analizados en el sedimento, y los 40 compuestos de plaguicidas organoclorados y fosforados, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM del INVEMAR.

12.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El cálculo del ICAM_{PPF} mostró que la calidad del agua marina costera para la preservación de flora y fauna estuvo entre óptima y adecuada; sin embargo, se destaca que los subíndices fosfatos y Coliformes Termotolerantes tienen calidad aceptable, lo que indica bajos niveles de contaminación por las descargas de residuos líquidos.
- ❖ La calidad microbiológica de la playa Nuquí no es adecuada para actividades de contacto primario, ya que las concentraciones de CTT y CTE, están por encima de los límites establecidos por la Legislación nacional; además las concentraciones de EFE, superan los valores establecidos por la OMS, corroborando que en esta playa hay contaminación microbiológica asociada a descargas de aguas residuales.
- ❖ No se evidenció contaminación por plaguicidas organoclorados y organofosforados en aguas y sedimentos; y tampoco por HPDD en sedimentos, si bien en el agua se detectaron bajas concentraciones de hidrocarburos que se pueden asociar a las actividades de cargue de combustible y tránsito de embarcaciones de menor y mayor calado.
- ❖ La presencia de metales disueltos Cd y Fe en agua, y de metales totales Cr, Cu y Ni en el sedimento en concentraciones que sobrepasan los valores de referencia internacional propuestos por la NOAA, hace necesario realizar estudios para detectar si su fuente es natural o antrópica, y proponer medidas de seguimiento y control.

VALLE DEL CAUCA

Por: Paola Sofía Obando Madera y Luisa Fernanda Espinosa



La Bocana, Buenaventura. Foto: Max Martínez

EQUIPO TÉCNICO CVC

Luisa Marina Baena Álvarez – Profesional Especializada, Coordinadora Laboratorio Ambiental
Erwin Jair Millan Sandoval – Ingeniero Químico, Profesional Especializado
Luz Ley Camargo Gomez – Microbióloga, Contratista
Lina Alejandra Veitia Guzman – Ingeniera Química, Profesional Universitario
Sheyla Mairelis Orozco Rodriguez – Ingeniera Química, Profesional Universitario
Carolina López Charry – Analista Química, Técnico Administrativo
Bryan Alexander Villa Sanchez - Analista Químico, Técnico Operativo
Wilson Neiber Grajales Gomez – Analista Químico, Técnico Operativo
Nancy Sanchez Trujillo - Analista Química, Técnico Operativo
Líber Ernesto Carabalí Peña – Técnico Operativo (campo)
James Larrahondo Posú – Técnico Operativo (campo)
Jorge Leonardo Bolaños Herrera- Técnico Operativo (campo)
Leonardo Vergara Patiño – Técnico Operativo (campo)
Richard Armando Michileno Orobio – Técnico Operativo (campo)

13. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

El diagnóstico de la calidad de las aguas marino-costeras del departamento de Valle del Cauca se realizó con base en la información colectada en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019, en 56 estaciones de muestreo de calidad de aguas, distribuidas en cuatro zonas: bahía Málaga, Buenaventura Urbana, Buenaventura Afuera y costa Sur (Figura 13.1).

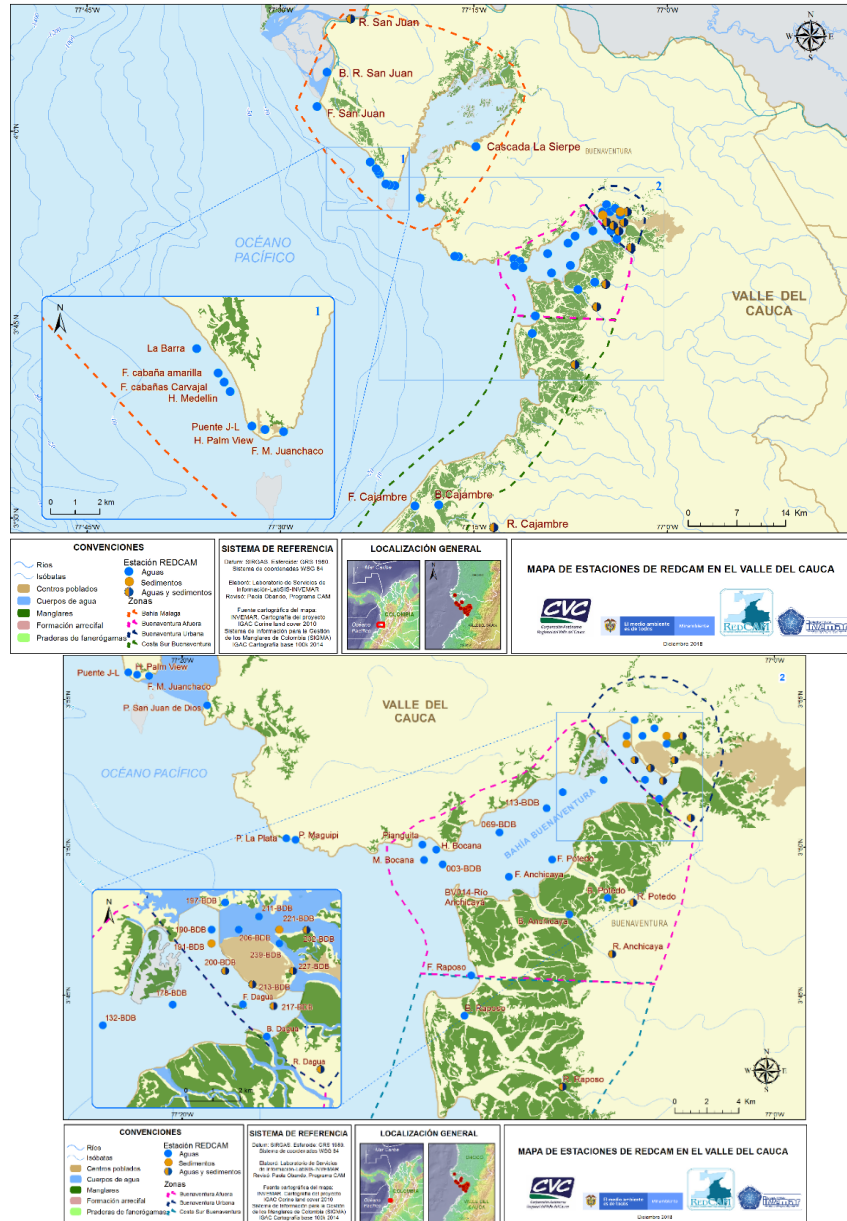


Figura 13.1. Mapa de estaciones de muestreo REDCAM en el departamento del Valle del Cauca. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolores (azul y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimentos superficiales. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

La zona **bahía Málaga** es la de mayor interés turístico, debido a las playas de arena y por hacer parte de la ruta de migración estacional de ballenas Yubartas, además se encuentra el Parque Nacional Natural Uramba bahía Málaga, que está articulado con el Distrito de Manejo Integrado y el Parque Regional Natural la Sierpe (Figura 13.1). La zona **Buenaventura Urbana**, constituye el interior de la bahía de Buenaventura, siendo el lugar en donde se desarrollan la mayor parte de las actividades comerciales y portuarias. La zona **Buenaventura Afuera**, corresponde a la entrada de la región de la Bocana, encontrando al norte las playas de Pianguita y la Bocana y al sur Isla Soldado, los esteros brazo largo y Machetagedó, en donde desembocan los ríos Potodó y Anchicayá. Finalmente, en la zona **Costa Sur**, se ubican estaciones sobre el río Raposo (Figura 13.1).

Los muestreos de calidad del agua superficial marina y costeras fueron realizados por personal técnico de la CVC, en 56 estaciones REDCAM. En el segundo semestre de 2018, durante los días 4, 6, 9, 11 y 13 de septiembre; y en el primer semestre de 2019 el 24 de febrero, 5, 6, 12 y 13 de marzo. En cada estación se midieron variables fisicoquímicas y microbiológicas y en 17 de estas estaciones se midieron metales pesados en sedimentos (Figura 13.2).

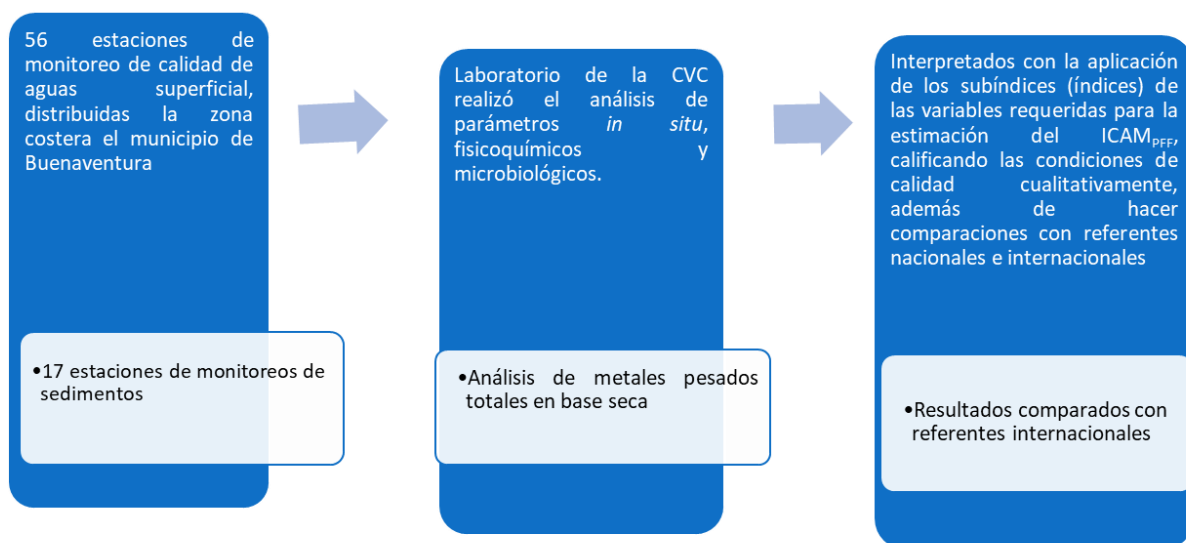


Figura 13.2. Resumen del monitoreo REDCAM en el departamento de Valle del Cauca, realizados en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019

13.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En Buenaventura (único municipio costero de Valle del Cauca), se han identificado diferentes fuentes de contaminación, las cuales se describen en la Tabla 13.1. En ésta Bahía, las aguas marinas y costeras están influenciadas por las descargas de los ríos San Juan, Dagua, Anchicayá, Potodó y Raposo; además están afectadas por los residuos de actividades de minería, escorrentías agrícolas, residuos de pesqueras, actividades de cargue y descargue portuario, y las descargas que genera la población con residuos sólidos y líquidos producto de actividades domésticas (INVEMAR, 2018b).

Tabla 13.1. Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en el departamento del Valle del Cauca. Tomado y ajustado de INVEMAR, 2018b.

Actividad / Fuente contaminante		Contaminantes	Receptores
Residuos de la población	Vertimientos de aguas residuales.	Materia orgánica, sólidos suspendidos, hidrocarburos, microorganismos de origen fecal, residuos sólidos ordinarios y peligrosos, plásticos y microplásticos, lixiviados.	Bahía de Buenaventura y océano Pacífico.
	Botaderos a cielo abierto, vertimientos de residuos sólidos a cuerpos de aguas.		
Descargas de tributarios	Ríos Dagua, Potedó, Anchicayá y Raposo.	Sólidos suspendidos, materia orgánica, microorganismos de origen fecal, nutrientes inorgánicos, hidrocarburos, plaguicidas, metales pesados, residuos sólidos, microplásticos.	Bahía de Buenaventura, océano Pacífico.
Minería	Extracción de oro, platino, carbón mineral, cobre manganeso, diatomita y tierras refractarias.	Sólidos en suspensión, metales pesados.	Ríos Dagua, Anchicayá, Raposo y bahía de Buenaventura.
Actividades productivas y socioeconómicas	Cultivos de coco, palma africana, arroz, chontaduro, banano, naidí, yuca, cacao, plátano, maíz, borojón, caña de azúcar y árboles frutales. Ganadería de bovinos.	Plaguicidas, nutrientes, sólidos en suspensión, materia orgánica, residuos sólidos.	Bahía de Buenaventura.
	Turismo en playas de Chuchero, Pianguita, Bocana, Juanchaco y Ladrilleros.	Aguas residuales, basura marina, materia orgánica, microorganismos de origen fecal, sólidos en suspensión.	Bahías de Buenaventura y Málaga, océano Pacífico.
	Industria pesquera de camarón, langostino, sardina y atún.	Materia orgánica, aguas residuales, sólidos suspendidos, nutrientes.	Bahía de Buenaventura.
	Puerto de Buenaventura, muelle petrolero, muelle turístico, transporte marítimo.	Hidrocarburos, grasas y aceites, residuos sólidos, sólidos suspendidos, vertimientos de aguas residuales.	Bahía de Buenaventura, océano Pacífico.

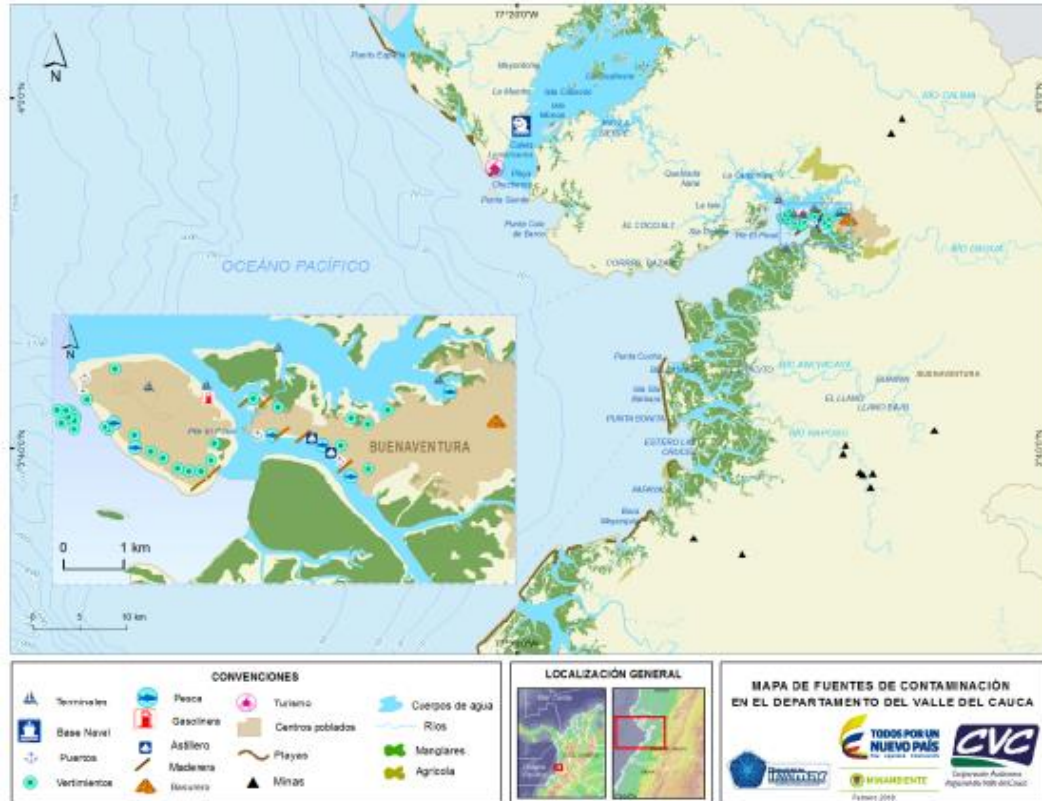


Figura 13.3. Mapa de la distribución de ecosistemas marino-costeros, centros poblados, actividades antropogénicas y fuentes terrestres y marinas de contaminación en el departamento del Valle del Cauca, Pacífico colombiano.

13.2 CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS

La calidad de las aguas marino costeras del departamento de Valle del Cauca se evaluó en 42 estaciones con la estimación de los subíndices (índices) de las variables requeridas para la estimación del Índice de Calidad de Aguas para Preservación de flora y fauna -ICAM_{PFF} (Vivas-Aguas et al., 2014a), debido que no se contó con el número mínimo de variables para la estimación del ICAM_{PFF} que cumplieran con el tipo de agua marina-estuarina, ya que en la mayoría de estaciones los fosfatos y nitratos se encontraron por debajo del límite de cuantificación del laboratorio de la CVC, <134 $\mu\text{g P-PO}_4/\text{L}$ y <51,90 $\mu\text{g N-NO}_3/\text{L}$ respectivamente (Tabla 13.2).

Tabla 13.2. Resultados de las variables de calidad de agua usadas para la estimación de los subíndices (índices) para la estimación del ICAM_{PFF} en las zonas y estaciones de monitoreo en el departamento de Valle del Cauca en los muestreos realizados en el segundo semestre de 2018 (septiembre) y primer semestre de 2019 (febrero y marzo); excepto las estaciones indicadas con (). Salinidad (SAL), pH, Oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), coliformes termotolerantes (CTE). No medido (NM).**

ZONA	ESTACIÓN	Segundo semestre 2018 (septiembre)								Primer semestre 2019 (febrero y marzo)							
		Sal	pH	OD	SST	DBO ₅	Nitratos	Fosfatos	CTE	Sal	pH	OD	SST	DBO ₅	Nitratos	Fosfatos	CTE
				mg/L			µg/L		(NMP/100 mL)			mg/L			µg/L		(NMP/100 mL)
Bahía Málaga	B. R. San Juan	NM	7,17	6,17	19	1,23	31.400	<134	36	NM	7,41	6,94	12,3	0,786	<51,90	<134	90
	F. cabaña amarilla	NM	8,03	5,63	16	1,43	80.000	<134	90	NM	8,26	6,41	<11,6	2,88	<51,90	<134	<30
	F. cabañas Carvajal	NM	8,08	6,43	20	1,5	85.000	<134	430	NM	8,34	6,19	23,5	2,62	<51,90	<134	<30
	F. M. Juanchaco	NM	8,08	6,2	14	1,33	33.500	<134	90	NM	8,38	6,15	15,5	3,26	<51,90	<134	40
	F. San Juan	NM	6,9	6,41	51	1,44	19.800	<134	90	NM	8,24	7,16	15,2	0,766	<51,90	<134	90
	H. Palm View	NM	8,07	6,19	<11,6	1,54	48.200	<134	36	NM	8,29	5,87	22,4	3,14	<51,90	<134	40
	Hotel Medellín	NM	8,07	5,37	23	1,75	67.700	<134	90	NM	8,3	6,35	32	2,74	<51,90	<134	<30
	La Barra	NM	7,85	5,51	31	1,49	108.000	<134	90	NM	7,22	6,28	36	2,7	<51,90	<134	<30
	P. Magüipi	NM	8,05	4,82	46	2,27	20.200	<134	90	NM	8,26	8,26	20,8	2,64	<51,90	<134	430
	Puente J-L	NM	8,09	5,57	<11,6	1,39	24.700	<134	90	NM	8,36	6,29	<11,6	3,42	<51,90	<134	<30
	R. San Juan**	NM	6,45	5,71	77	2,22	273	<134	230	NM	8,15	6,36	30	1,29	242	<134	930
	P. Cascada La Sierpe	NM	7,6	5,49	<11,6	1,42	22.300	<134	930	NM	8,11	5,37	<11,6	2,41	<51,90	<134	90
	P. Juan de Dios	NM	8,14	5,47	12	1,46	29.700	<134	36	NM	8,17	6,72	14,8	2,01	<51,90	<134	<30
P. La Plata	NM	7,85	5,74	<11,6	1,43	24.400	<134	90	NM	8,03	5	13,6	2,76	<51,90	<134	40	
Buenaventura Afuera	003-BDB	NM	7,56	6,11	14	2,21	62.300	<134	90	NM	7,66	5,77	<11,6	1,3	NM	NM	430
	069-BDB	NM	7,94	6,2	15	1,64	32.800	<134	90	NM	7,93	5,6	<11,6	1,95	NM	NM	1.500
	113-BDB	NM	7,91	5,87	15	2,15	36.600	<134	230	NM	7,95	5,47	18,7	1,79	NM	NM	430
	132-BDB	NM	7,71	6,33	<11,6	2,32	86.800	<134	430	NM	7,88	5,66	13,6	1,61	NM	NM	930
	178-BDB	NM	7,78	6,05	<11,6	1,58	48.600	<134	930	NM	7,83	5,47	<11,6	1,47	NM	NM	2.400
	B. Anchicayá	NM	7,83	6,56	<11,6	1,35	20.700	<134	430	NM	7,65	6,77	13,5	1,23	<51,90	<134	430
	B. Potedó	NM	7,17	5,67	<11,6	1,85	30.000	<134	150	NM	7,03	6,76	<11,6	1,25	<51,90	<134	430
	F. Anchicayá	NM	7,88	6,48	<11,6	1,47	28.900	<134	90	NM	7,61	6,41	<11,6	1,23	<51,90	<134	40
	F. Potedó	NM	7,97	6,32	<11,6	1,25	32.300	<134	210	NM	8	6,76	<11,6	1,45	<51,90	<134	<30
	F. Raposo	NM	8,02	6,03	21	1	24.600	<134	430	NM	8,04	5,77	<11,6	1,33	<51,90	<134	<30
	Hotel Bocana	NM	7,99	4,82	68	1,8	36.400	<134	36	NM	7,89	4,28	79,2	3,53	<51,90	<134	140
	M. Bocana	NM	7,96	4,78	39	2,19	141.000	<134	230	NM	7,89	4,53	63,3	3,27	<51,90	<134	930
	Piangüita	NM	7,99	5,15	34	1,58	33.500	<134	230	NM	8	5,37	19,5	3,33	<51,90	<134	930
R. Anchicayá**	NM	7,25	6,88	14	1,15	572	<134	150	NM	7,76	7,04	13,7	0,952	210	<134	1.500	
R. Potedó**	NM	5,09	4,18	<11,6	1,33	290	<134	90	NM	6,9	6,97	<11,6	1,31	132	<134	40	
Buenaventura Urbana	190-BDB	NM	7,75	5,77	<11,6	1,49	47.200	<134	2.100	NM	7,76	4,97	<11,6	1,45	NM	NM	4.300
	197-BDB	NM	7,7	5,97	<11,6	2,09	39.700	<134	900	NM	7,77	4,92	<11,6	1,72	NM	NM	40
	200-BDB	NM	7,94	6,16	12	1,73	31.200	<134	2.300	NM	7,75	5,04	15,6	2	NM	NM	2.300
	206-BDB	NM	7,82	6,57	<11,6	2,82	48.000	<134	2.100	NM	7,67	4,37	12,3	1,98	NM	NM	430
	211-BDB	NM	7,73	6,36	<11,6	1,73	71.200	<134	NM	NM	7,64	5,07	<11,6	1,83	NM	NM	230

Diagnóstico y Evaluación de Calidad de las Aguas Marinas y Costeras del Caribe y Pacífico colombianos

ZONA	ESTACIÓN	Segundo semestre 2018 (septiembre)								Primer semestre 2019 (febrero y marzo)							
		Sal	pH	OD	SST	DBO ₅	Nitratos	Fosfatos	CTE (NMP/100 mL)	Sal	pH	OD	SST	DBO ₅	Nitratos	Fosfatos	CTE (NMP/100 mL)
				mg/L			µg/L					mg/L			µg/L		
	213-BDB	NM	7,7	5,02	<11,6	2,17	30.900	<134	4.300	NM	7,84	5,46	12	1,53	NM	NM	930
	217-BDB	NM	6,67	5,55	<11,6	2,23	35.600	<134	24.000	NM	7,8	4,97	15	NM	NM	NM	46.000
	227-BDB	NM	7,5	6,1	<11,6	2,42	24.600	<134	15.000	NM	7,73	4,67	<11,6	1,6	NM	NM	24.000
	232-BDB	NM	7,71	5,22	<11,6	2,5	19.900	<134	430	NM	7,51	4,26	15	1,65	NM	NM	21.000
	239-BDB	NM	7,64	5,68	<11,6	2,59	32.800	<134	2.400	NM	7,38	4,25	23,8	2,28	NM	NM	750
	B. Dagua	NM	7,29	6,18	35	1,39	38.400	<134	930	NM	7,17	6,87	54	1,07	1000	902	3.900
	F. Dagua	NM	7,83	6,68	<11,6	1,63	29.200	<134	430	NM	7,64	6,16	40	1,07	<51,90	<134	2.400
	R. Dagua**	NM	7,18	6,8	32	1,17	463	<134	930	NM	7,82	6,81	122	1,45	58,2	<134	4.600
Costa Sur	B. Raposo	NM	7,54	6,16	15	1,29	26.400	<134	900	NM	7,68	5,33	<11,6	1,53	<51,90	<134	230
	R. Raposo**	NM	6,81	7,04	102	1,23	294	<134	1.500	NM	7,27	6,78	93	1,8	279	<134	750
	R. Cajambre**	NM	7,51	6,17	66	1,51	200	<134	210	NM	7,11	6,76	<11,6	0,652	291	<134	400
	R. Cajambre-Desembocadura**	NM	7,16	5,33	NM	1,85	185	<134	90	NM	7,29	5,47	<11,6	1,24	<51,90	<134	930
	R. Cajambre-Frente	NM	7,23	5,2	NM	1,86	148	<134	36	NM	7,11	6,76	<11,6	0,652	291	<134	400
	R. Mayorquín**	NM	7,38	6,50	16,0	1,44	561	<134	430	NM	7,18	6,99	<11,6	0,662	270,00	<134	430,00
	B. R. Mayorquín**	NM	7,26	5,70	20,0	1,82	394	<134	230	NM	7,76	5,22	<11,6	1,34	<51,90	<134	390,00
	F. R. Mayorquín	NM	7,32	5,77	13,0	1,60	199	<134	73	NM	8,14	6,02	13,3	0,910	<51,90	<134	90,00
	R. Naya**	NM	7,52	7,07	26,0	0,734	115	<134	90	NM	8,11	6,77	153	1,29	248,00	<134	4300,00
	B. R. Naya**	NM	7,01	5,82	22,0	0,912	71	<134	230	NM	7,38	5,65	15,0	1,37	<51,90	<134	900,00
	F. R. Naya	NM	6,76	5,91	19,0	0,785	52	<134	430	NM	7,69	5,75	18,5	1,39	<51,90	<134	40,00
	R. Yurumanguí**	NM	6,77	5,23	87,0	1,39	96	<134	110	NM	7,32	6,81	152	1,42	<51,90	<134	900,00
	B. R. Yurumanguí**	NM	7,37	4,45	41,0	1,41	<51,9	<134	36	NM	7,32	6,06	<11,6	0,869	<51,90	<134	430,00
F. R. Yurumanguí	NM	7,67	5,23	61,0	0,924	<51,9	<134	23	NM	7,88	5,93	15,0	1,21	<51,90	<134	40,00	

**Estaciones que presentaron características de aguas fluviales y en las que no se aplicó el ICAM_{PF}

En la Tabla 12.3 se muestran los resultados de las variables (subíndices) del ICAM_{PFF} calculados en las 42 estaciones REDCAM del departamento Valle del Cauca, en el muestreo del segundo semestre de 2018. Teniendo en cuenta la existencia de variaciones mareales en la zona costera de Buenaventura, con dos mareas altas y dos bajas por día, lo que genera corrientes de mareas, principalmente al interior de las bahías y estuarios (INVEMAR y Bathymetric, 2015). Se encontraron subíndices de pH con condiciones inadecuadas durante el segundo semestre de 2018 en la zona Buenaventura urbana en la estación 217-BDB (pH 6,67) (Tabla 14.3); y en la zona bahía Málaga en frente río San Juan (pH 6,9), valores un poco por debajo del mínimo permisible para preservación de fauna y flora en aguas marinas y estuarinas, dispuesto en el Decreto 1076 de 2015 (MinAmbiente 2015), condiciones que están asociadas a la marea alta, cuando se intensifican las descargas de agua dulce que es más ácida; mientras que en el primer semestre de 2019 (Tabla 13.4) predominaron las condiciones entre una óptima y adecuada calidad.

Tabla 13.3. Calificación individual de las variables (subíndices) del ICAM_{PFF} calculado en las estaciones REDCAM en Valle del Cauca, en el muestreo realizado en el segundo semestre de 2018. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅), y Coliformes Termotolerantes (CTE). No calculado (NC).

Zona	Estación	Segundo semestre 2018						
		Valores de los subíndices						
		pH	P-PO ₄	SST	N-NO ₃	OD	DBO ₅	CTE
Bahía Málaga	B. R. San Juan	Aceptable	NC	Óptima	Pésima	Adecuada	Óptima	Óptima
	F. cabaña amarilla	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada
	F. cabañas Carvajal	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Inadecuada
	F. M. Juanchaco	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada
	F. San Juan	Inadecuada	NC	Adecuada	Pésima	Adecuada	Óptima	Óptima
	H. Palm View	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada
	Hotel Medellín	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Aceptable	Aceptable	Adecuada
	La Barra	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada
	P. Magüipi	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Aceptable	Inadecuada	Adecuada
	Puente J-L	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada
	P. Cascada La Sierpe	Óptima	NC	Óptima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Pésima
	P. Juan de Dios	Adecuada	NC	Adecuada	Pésima	Aceptable	Adecuada	Adecuada
P. La Plata	Óptima	NC	Óptima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	
Buenaventura Afuera	003-BDB	Adecuada	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Óptima
	069-BDB	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Óptima	Óptima
	113-BDB	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada
	132-BDB	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada
	178-BDB	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Óptima	Adecuada
	B. Anchicayá	Óptima	NC	NC	Pésima	Adecuada	Óptima	Adecuada
	B. Potodó	Aceptable	NC	NC	Pésima	Aceptable	Óptima	Óptima
	F. Anchicayá	Óptima	NC	NC	Pésima	Adecuada	Óptima	Óptima
	F. Potodó	Óptima	NC	NC	Pésima	Adecuada	Óptima	Adecuada
	F. Raposo	Óptima	NC	Adecuada	Pésima	Adecuada	Óptima	Adecuada
	Hotel Bocana	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Aceptable	Aceptable	Adecuada
	M. Bocana	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Aceptable	Adecuada	Adecuada
Pianguita	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Aceptable	Adecuada	Aceptable	
Buenaventura Urbana	190-BDB	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Aceptable	Óptima	Aceptable
	197-BDB	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Adecuada
	200-BDB	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Óptima	Aceptable
	206-BDB	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Aceptable
	211-BDB	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Óptima	NC
	213-BDB	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Aceptable	Adecuada	Inadecuada
	217-BDB	32,52	NC	Pésima	Pésima	Aceptable	Adecuada	Pésima

Zona	Estación	Segundo semestre 2018						
		Valores de los subíndices						
		pH	P-PO ₄	SST	N-NO ₃	OD	DBO ₅	CTE
	227-BDB	Adecuada	NC	Pésima	Pésima	Adecuada	Adecuada	Pésima
	232-BDB	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Aceptable	Adecuada	Adecuada
	239-BDB	Óptima	NC	Pésima	Pésima	Aceptable	Adecuada	Inadecuada
	B. Dagua	Adecuada	NC	Adecuada	Pésima	Adecuada	Óptima	Adecuada
	F. Dagua	Óptima	NC	NC	Pésima	Adecuada	Óptima	Adecuada
Costa Sur	B. Raposo	Adecuada	NC	Óptima	Pésima	Adecuada	Óptima	Adecuada
	F. R. Mayorquín	Adecuada	NC	Adecuada	Pésima	Adecuada	Aceptable	Adecuada
	F. R. Naya	Aceptable	NC	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Óptima	Inadecuada
	F. R. Yurumanguí	Óptima	NC	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Adecuada	Óptima

Tabla 13.4. Calificación individual de las variables (subíndices) del ICAM_{PF} calculado en las estaciones REDCAM en Valle del Cauca, en el muestreo realizado en el primer semestre de 2019. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD, Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅), y Coliformes Termotolerantes (CTE). No calculado (NC).

Zona	Estación	Primer semestre 2019						
		Valores de los subíndices						
		pH	P-PO ₄	SST	N-NO ₃	OD	DBO ₅	CTE
Bahía Málaga	B. R. San Juan	Adecuada	NC	Óptima	NC	Adecuada	Óptima	Óptima
	F. cabaña amarilla	Adecuada	NC	NC	NC	Adecuada	Inadecuada	NC
	F. cabañas Carvajal	Adecuada	NC	Adecuada	NC	Adecuada	Inadecuada	NC
	F. M. Juanchaco	Adecuada	NC	Adecuada	NC	Adecuada	Pésima	Adecuada
	F. San Juan	Óptima	NC	Óptima	NC	Óptima	Óptima	Óptima
	H. Palm View	Adecuada	NC	Adecuada	NC	Adecuada	Pésima	Adecuada
	Hotel Medellín	Adecuada	NC	Aceptable	NC	Adecuada	Inadecuada	NC
	La Barra	Adecuada	NC	Aceptable	NC	Adecuada	Inadecuada	NC
	P. Magüipi	Adecuada	NC	Adecuada	NC	Óptima	Inadecuada	Inadecuada
	Puente J-L	Adecuada	NC	NC	NC	Adecuada	Pésima	NC
	P. Cascada La Sierpe	Óptima	NC	Óptima	NC	Aceptable	Inadecuada	Adecuada
	P. Juan de Dios	Adecuada	NC	Adecuada	NC	Adecuada	Aceptable	Óptima
	P. La Plata	Óptima	NC	Adecuada	NC	Aceptable	Inadecuada	Adecuada
Buenaventura Afuera	003-BDB	Óptima	NC	NC	NC	Aceptable	Óptima	Adecuada
	069-BDB	Óptima	NC	NC	NC	Aceptable	Adecuada	Aceptable
	113-BDB	Óptima	NC	Óptima	NC	Aceptable	Óptima	Adecuada
	132-BDB	Óptima	NC	Óptima	NC	Aceptable	Óptima	Adecuada
	178-BDB	Óptima	NC	NC	NC	Aceptable	Óptima	Inadecuada
	B. Anchicayá	Óptima	NC	Óptima	NC	Adecuada	Óptima	Adecuada
	B. Potedó	Aceptable	NC	NC	NC	Adecuada	Óptima	Adecuada
	F. Anchicayá	Adecuada	NC	NC	NC	Adecuada	Óptima	Óptima
	F. Potedó	Óptima	NC	NC	NC	Adecuada	Óptima	NC
	F. Raposo	Óptima	NC	NC	NC	Aceptable	Óptima	NC
	Hotel Bocana	Óptima	NC	Inadecuada	NC	Aceptable	Pésima	Aceptable
	M. Bocana	Óptima	NC	Adecuada	NC	Aceptable	Adecuada	Adecuada
	Piangüita	Óptima	NC	Adecuada	NC	Aceptable	Pésima	Pésima
Buenaventura Urbana	190-BDB	Óptima	NC	NC	NC	Aceptable	Óptima	Inadecuada
	197-BDB	Óptima	NC	NC	NC	Aceptable	Óptima	Óptima
	200-BDB	Óptima	NC	Óptima	NC	Aceptable	Adecuada	Aceptable
	206-BDB	Óptima	NC	Óptima	NC	Aceptable	Adecuada	Adecuada
	211-BDB	Óptima	NC	NC	NC	Aceptable	Óptima	Adecuada
	213-BDB	Óptima	NC	Óptima	NC	Aceptable	Óptima	Adecuada
	217-BDB	Óptima	NC	Óptima	NC	Aceptable	NC	Pésima
	227-BDB	Óptima	NC	NC	NC	Aceptable	Óptima	Pésima
	232-BDB	Adecuada	NC	Óptima	NC	Inadecuada	Óptima	Pésima
	239-BDB	Adecuada	NC	Adecuada	NC	Inadecuada	Adecuada	Adecuada
	B. Dagua	Aceptable	Pésima	Adecuada	Pésima	Adecuada	Óptima	Inadecuada
F. Dagua	Óptima	NC	Adecuada	NC	Adecuada	Óptima	Inadecuada	

Zona	Estación	Primer semestre 2019						
		Valores de los subíndices						
		pH	P-PO ₄	SST	N-NO ₃	OD	DBO ₅	CTE
Costa Sur	B. Raposo	Óptima	NC	NC	NC	Aceptable	Óptima	Adecuada
	F. R. Mayorquín	Adecuada	NC	Adecuada	NC	Adecuada	Adecuada	Adecuada
	F. R. Naya	Óptima	NC	Adecuada	NC	Adecuada	Adecuada	Adecuada
	F. R. Yurumanguí	Óptima	NC	Adecuada	NC	Adecuada	Adecuada	Adecuada

Durante el segundo semestre de 2018, predominaron las condiciones de pésima calidad en los subíndices de SST y nitratos (Tabla 13.3), lo que se asocia a la remoción de los sedimentos favorecido por las condiciones de marea alta (durante el muestreo), y al aumento de las escorrentías, que incrementan el aporte de nutrientes, y el transporte de residuos líquidos y sólidos a través de los ríos que desembocan en la zona costera. Durante el primer semestre de 2019, se presentó condición inadecuada de SST en la estación Hotel Bocana (Tabla 13.4), ubicada en un extremo de la bocana principal de la bahía de Buenaventura, que tiene influencia del intercambio de corrientes del océano Pacífico y la bahía de Buenaventura, favoreciendo el transporte de material suspendido.

Los subíndices de OD durante el segundo semestre de 2018 estuvieron entre una calidad aceptable y adecuada (Tabla 13.3), debido a que el muestreo en la zona de Buenaventura Urbana se realizó en marea alta. En el primer semestre de 2019, los subíndices de OD presentaron condiciones inadecuadas en las estaciones 232-BDB y 239-BDB de la zona Buenaventura urbana durante condiciones de marea baja (Tabla 13.4), debido a las bajas concentraciones de OD (4,26 mg O₂/L y 4,25 mg O₂/L), valores cercanos al mínimo permisible de <4,0 mg O₂/L, establecido en el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente 2015](#)), lo que refleja la incidencia en las descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento en esta zona.

En cuanto los subíndices de DBO, se presentaron mejores condiciones calidad en el segundo muestreo de 2018 (Tabla 13.3), que, en el primer semestre de 2019 cuando se presentaron condiciones pésimas en la zona Bahía Málaga, en las estaciones frente muelle Juanchaco, hotel Palm View, puente Juanchaco y Ladrilleros; y en la zona Buenaventura afuera en hotel Bocana y Pianguíta (Tabla 13.4). Adicionalmente, en la estación Pianguíta, y en tres estaciones en la zona Buenaventura Urbana, 217-BDB, 227-BDB y 232-BDB, los subíndices de CTE estuvieron en condición pésima (Tabla 13.4), debido a que en estas estaciones la concentraciones CTE estuvieron por encima del límite permisible para contacto primario <200 NMP/100 mL establecido en el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente 2015](#)), confirmando la presencia de descargas de aguas residuales sin tratamiento.

Por otra parte, se analizó la calidad microbiológica del agua en 13 estaciones distribuidas en las playas y sitios turísticos de Valle del Cauca (Tabla 13.5), teniendo en cuenta las concentraciones de Coliformes Totales (CTT) y Coliformes Termotolerantes (CTE). Las concentraciones de CTE estuvieron entre <30 NMP/100 m L y 930 NMP/100 m L; y CTT entre 9 NMP/100 m L y 4.600 NMP/100 m L; presentándose incumplimiento de la normativa nacional para contacto primario, Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente 2015](#)), en particular, en el segundo semestre 2018 en las estaciones frente cabañas Carvajal, playa cascada la Sierpe y Pianguíta; y en el primer semestre de 2019 en las estaciones playa Magüipi, playa cascada La Sierpe y Pianguíta, lo que refleja, los aportes permanentes de aguas residuales sin tratamiento, ya que a pesar de que los muestreos se realizaron en marea alta y baja, persiste el incumplimiento.

Tabla 13.5. Concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), y Coliformes Totales (CTT), medidos en el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento de Valle del Cauca, en los muestreos realizados en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019. Límite permisible para el uso recreativo por contacto primario (LP CP) y contacto secundario (LP CS) según MinAmbiente (2015), Decreto 1076 de 2015. Sin referencia (-).

Zona	Estación	Segundo semestre 2018		Primer semestre 2019	
		CTT (NMP/100 mL)	CTE (NMP/100 mL)	CTT (NMP/100 mL)	CTE (NMP/100 mL)
Bahía Málaga	F. cabaña amarilla	430	90	23	<30
	F. cabañas Carvajal	2.400	430	23	<30
	F. M. Juanchaco	230	90	40	40
	H. Palm View	230	36	90	40
	Hotel Medellín	430	90	<30	<30
	La Barra	230	90	23	<30
	P. Magüipi	750	90	930	430
	Puente J-L	90	90	<30	<30
	P. Cascada La Sierpe	930	930	4.600	90
	P. Juan de Dios	90	36	9	<30
	P. La Plata	230	90	40	40
Buenaventura Afuera	Hotel Bocana	230	36	390	140
	Piangüita	430	230	2.400	930
LP C. primario		1.000	200	1.000	200
LP C. secundario		5.000	-	5.000	-

13.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

Para evaluar la calidad del sedimento, en el primer semestre 2019, en las 17 estaciones en Valle del Cauca, se analizaron 6 metales totales plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), zinc (Zn) y níquel (Ni) (Tabla 13.6).

Las concentraciones de Pb y Cd, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del laboratorio de la CVC <11 µg Pb/g p.s y <2,00 µg Cd/g p.s respectivamente (Tabla 13.6). Las concentraciones de Cr, Cu, Zn y Ni, estuvieron por encima del valor de referencia para efectos de umbral (TEL) propuesto por la NOAA ([Buchman, 2008](#)). Además, en los ríos San Juan, Anchicayá, Potedó, Dagua y Naya las concentraciones de Cr, superaron el valor de referencia propuesto por la NOAA para efectos agudos en agua dulce <90 µg Cr/g p.s (Tabla 13.6). Y en las estaciones 227-BDB, 239-BDB y río Cajambre, las concentraciones de Zinc superaron la referencia, indicando niveles de contaminación agudos sobre la biota.

Tabla 13.6. Concentración de metales pesados disueltos en sedimentos tomados durante el primer semestre 2019 en el departamento de Valle del Cauca. Los valores de referencia para efectos crónicos en los organismos acuáticos marinos fueron tomados de (Buchman, 2008). Valores con el símbolo (<) indica el límite de cuantificación del método analítico utilizado en el Laboratorio de aguas de la CVC.

Zona	Estación	Primer semestre 2019 (febrero y marzo)					
		Plomo	Cadmio	Cromo	Cobre	Zinc	Níquel
		(µg Pb/g p.s)	(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)
Bahía Málaga	R. San Juan	<11,1	<2,00	111	100	121	52,4
Buenaventura Afuera	R. Anchicayá	<11,1	<2,00	105	108,0	108	42,5
	R. Potedó	<11,1	<2,00	159	143	118	200
Buenaventura Urbana	R. Dagua	<11,1	<2,00	139	143	122	57,3
	191-BDB	<11,1	<2,00	80,0	78,8	127	34,3
	200-BDB	<11,1	<2,00	86,8	87,8	130	41,8
	213-BDB	<11,1	<2,00	74,5	64,5	121	38,8
	217-BDB	<11,1	<2,00	117	134	169	43,9
	221-BDB	<11,1	<2,00	93,9	93,3	148	37,2
	227-BDB	<11,1	<2,00	138	155	313	46,7
	232-BDB	<11,1	<2,00	131	154	188	45,4
Costa Sur	239-BDB	<11,1	<2,00	115	148	394	39,5
	R. Raposo	<11,1	<2,00	74,0	67,6	88,7	74,0
	R. Naya	19,7	<2,00	115	106	192	54,5
	R. Yurumanguí	<11,1	<2,00	90,6	76,4	158	39,3
	R. Mayorquín	<11,1	<2,00	33,6	32,1	232	9,32
	R. Cajambre	<11,1	<2,00	49,0	70,9	1042	23,6
Referencia TEL dulce		35	0,6	37,3	35,7	123	18
Referencia PEL dulce		91,3	3,53	90	197	315	36
Referencia TEL marino		30,2	0,68	52,3	18,7	124	15,9
Referencia PEL marino		112	4,21	160	108	271	42,8

13.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ Las condiciones de calidad de las aguas marinas y costeras en Valle del Cauca, evidenciaron que la calidad del agua marino costera tiene condiciones pésimas e inadecuadas, en términos de los subíndices de oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, nitratos, Demanda bioquímica de oxígeno y Coliformes Termotolerantes, lo cual fue más marcado durante el segundo semestre de 2018, cuando las precipitaciones contribuyeron al arrastre de las escorrentías hacia la zona costera, y las condiciones de marea favorecieron la remoción de sedimentos.
- ❖ Durante los muestreos del segundo semestre 2018 y primer semestre 2019, las playas cascada La Sierpe y Magüipi, no eran aptas para realizar actividades recreativas de contacto primario, debido a las concentraciones altas de Coliformes Termotolerantes, que superaron los límites máximos permisibles establecidos en la legislación nacional.
- ❖ Las concentraciones de metales Cr, Cu, Zn y Ni en los sedimentos de las estaciones REDCAM en Valle del Cauca, superaron los valores de referencia de efectos umbral TEL y probable PEL, situación que es recurrente, por lo que se sugiere hacer un estudio más detallado que permitan establecer la fuente y su nivel de biodisponibilidad.

CAUCA

Por: Ostin Garcés Ordóñez



Río Bubuey. Foto: Edinson Orozco.

EQUIPO TÉCNICO CRC

Luis Alfredo Molano – Subdirector de Gestión Ambiental

Diego Zuluaga Vera – Profesional especializado. Funcionario subdirección defensa del patrimonio ambiental

Jaime Mauricio Vidal Llantén – Operario calificado. Funcionario subdirección defensa del patrimonio ambiental

14. DIAGNÓSTICO DEPARTAMENTO DEL CAUCA

El diagnóstico de la calidad de las aguas marino costeras del departamento de Cauca se realizó con base en la información colectada en el segundo semestre de 2018 y segundo semestre de 2019, en 27 estaciones de muestreo, distribuidas geográficamente en tres zonas, López-Timbiquí, Guapi y Gorgona (Figura 14.1).

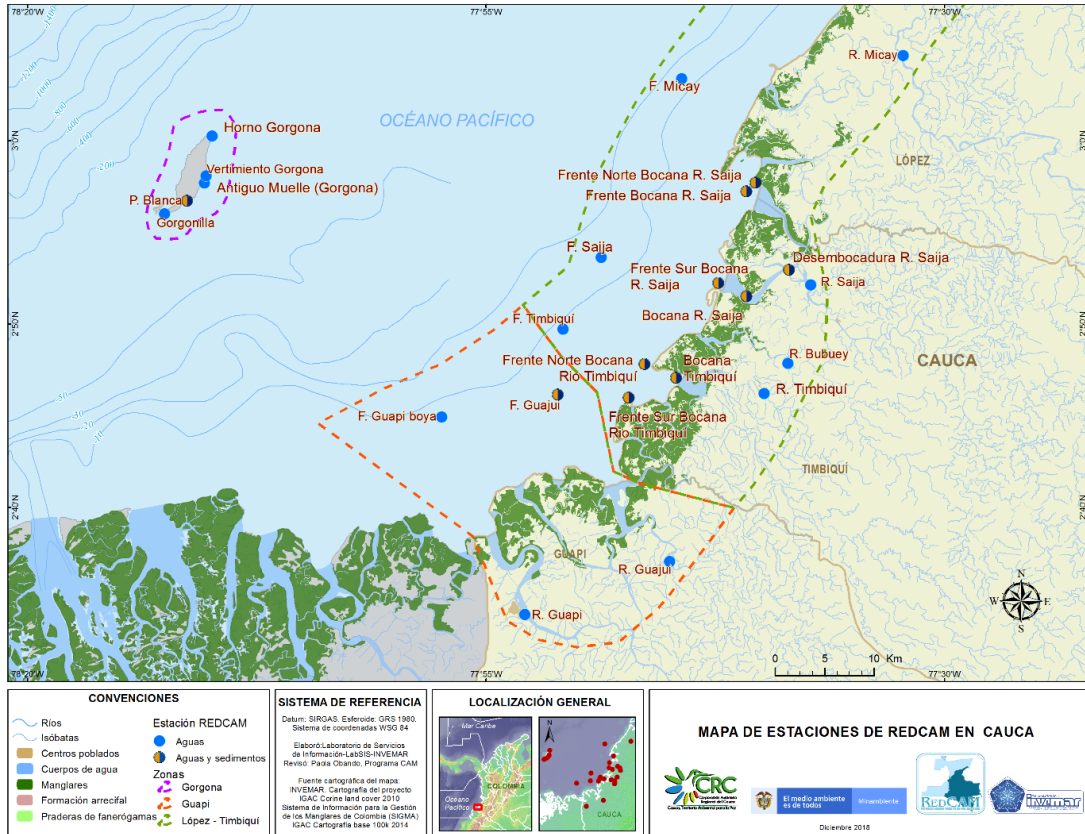


Figura 14.1. Mapa con las estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Cauca. Los puntos azules indican las estaciones de muestreo de agua superficial, y los puntos bicolores (naranja y marrón) corresponden a estaciones donde se muestrea agua y sedimento. Los polígonos punteados enmarcan las zonas de muestreo.

En la **Zona de López-Timbiquí** hay 17 estaciones de monitoreo de aguas y una estación de 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 pianguás) y minería de oro y platino, principalmente en la cuenca alta del río Timbiquí (INVEMAR et al., 2006). La **Zona de Guapi** comprende el municipio de Guapi, donde se ubica el mayor número poblacional (DANE, 2017) y en ella se tiene cinco estaciones de calidad de agua. La **Zona de Gorgona** es un área destinada para la conservación de flora y fauna y en ella se desarrollan solamente actividades turísticas, se cuenta con cinco estaciones de calidad de las aguas marinas.

Los muestreos de calidad del agua superficial marina y costera en las estaciones del departamento fueron realizados por INVEMAR. El segundo semestre de 2018, entre los días 4

y 6 de diciembre; el segundo semestre de 2019 el día 22 de agosto. En las estaciones REDCAM se midieron variables fisicoquímicas, microbiológicas, contaminantes orgánicos (hidrocarburos, plaguicidas organoclorados y organofosforados) e inorgánicos (metales disueltos: cadmio, zinc, cobre, níquel, plomo y cromo VI) (Figura 14.2). En las estaciones bocana del río Saija, frente del río Guajú, bocana del río Timbiquí y frente del río Guapi se colectaron muestras de sedimentos superficiales.

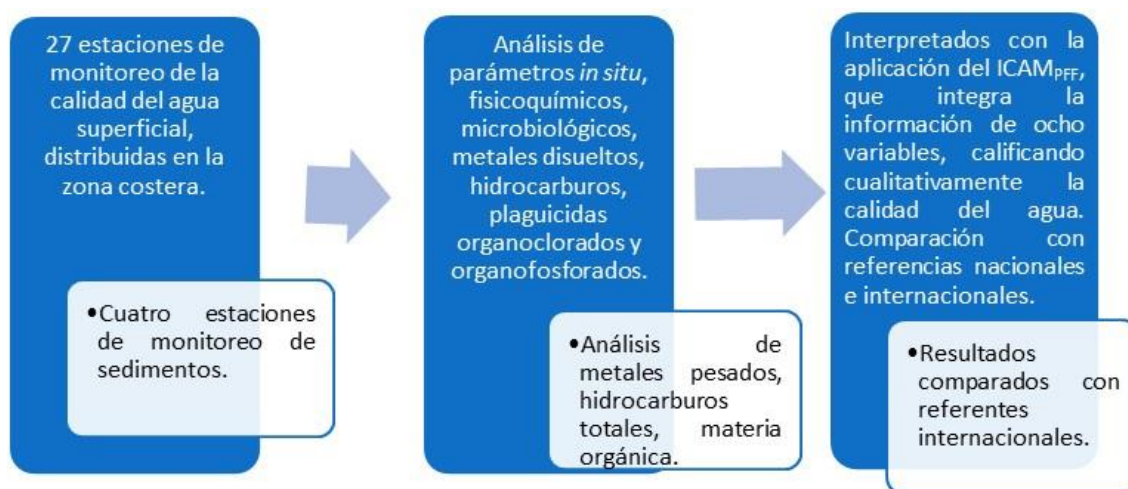


Figura 14.2. Resumen del monitoreo REDCAM en el departamento del Cauca, realizado en el segundo semestre de 2018 y segundo semestre de 2019.

14.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Entre las principales fuentes de contaminación marina en la zona costera del departamento de Cauca, están los vertimientos de aguas residuales, la inadecuada disposición de residuos sólidos municipales, los residuos de la minería de oro en la cuenca alta de los ríos Micay, Saija, Bubuey y Timbiquí, las escorrentías agrícolas, el aprovechamiento forestal, el turismo y las actividades marítimas como el transporte de embarcaciones con motor, entre otros (Tabla 14.1; Figura 14.3).

Tabla 14.1. Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en el departamento de Cauca.

Actividad / Fuente Contaminante	Contaminantes	Receptor
Residuos de la población	Vertimientos directos de aguas residuales a cuerpos de agua en los municipios de Guapi, Timbiquí y López de Micay Botaderos a cielo abierto, relleno sanitario Temuey	Materia orgánica, nutrientes, microorganismos de origen fecal, grasas y aceites, hidrocarburos, plaguicidas, metales pesados, residuos sólidos persistentes (plásticos), sólidos en suspensión, lixiviados.
Minería	Extracción de oro	Ríos Naya, Micay, Saija, Bubuey, Timbiquí, Guajú y Guapi y océano Pacífico
Descargas de tributarios	Ríos Naya, Micay, Saija, Bubuey, Timbiquí, Guajú y Guapi	Sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, metales pesados, cianuro
		Materia orgánica oxidable, sólidos en suspensión, metales pesados, plaguicidas, microorganismos de origen fecal, hidrocarburos, plásticos.
		Ríos Micay, Saija, Bubuey y Timbiquí, océano Pacífico
		Océano Pacífico

Actividad / Fuente Contaminante	Contaminantes	Receptor
Industria de producción harina de pescado y procesamiento pesquero	Aguas residuales, sólidos suspendidos, materia orgánica, grasas y aceites.	Estero Chanzará, río Guapi, océano Pacífico
Extracción y Transformación de Madera (Aserríos)	Sólidos suspendidos y sedimentables, residuos forestales, materia orgánica.	Ríos Guapi, Guajui, Timbiquí, Bubuey, Saija y Micay
Cocoteras y trapiches	Nutrientes, material vegetal, sólidos en suspensión.	
Turismo en la isla Gorgona	Aguas residuales, residuos sólidos, materia orgánica, nutrientes, hidrocarburos, plásticos.	Océano Pacífico
Muelles de embarcaciones con motor, almacenamiento, expendio de combustibles	Residuos oleosos, hidrocarburos, dioxinas y furanos, residuos sólidos peligrosos	Ríos Guapi, Guajui, Timbiquí, Saija y Micay

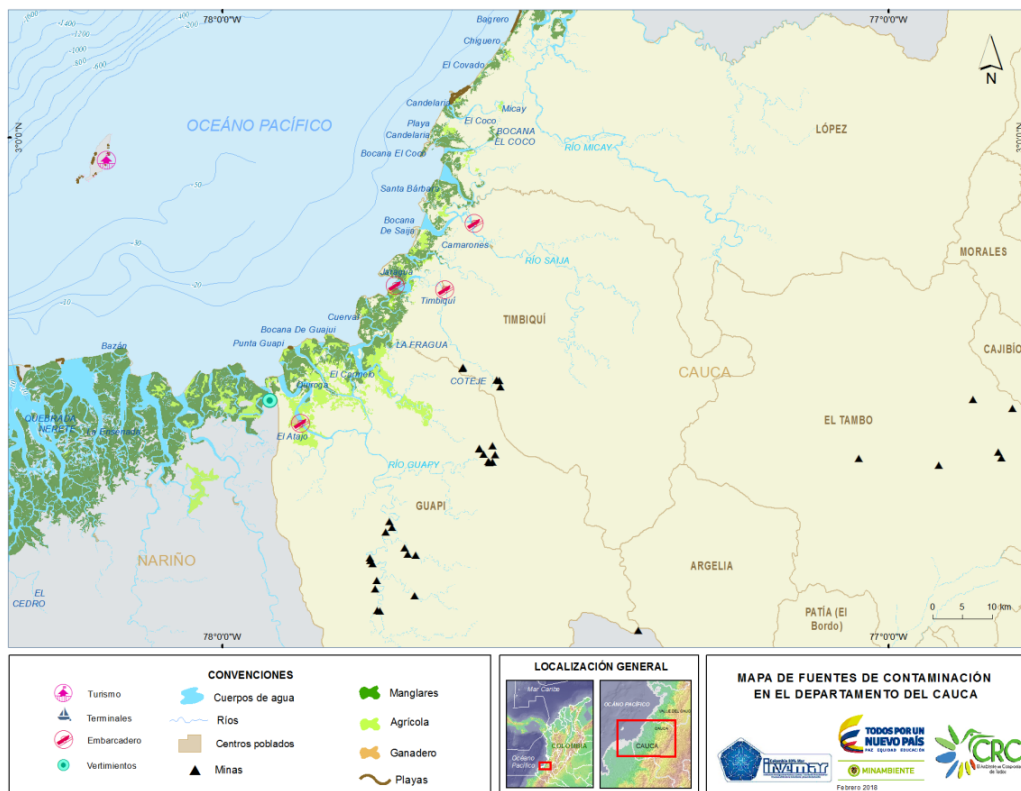


Figura 14.3. Mapa de la distribución de ecosistemas marino-costeros, centros poblados, actividades antropogénicas y fuentes terrestres y marinas de contaminación en el departamento del Cauca, Pacífico colombiano.

14.2 CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS

La calidad de las aguas marino costeras del departamento de Cauca se evaluó aplicando el Índice de Calidad de Aguas para Preservación de flora y fauna -ICAM_{PFF} (Vivas-Aguas *et al.*, 2014a). Los resultados de las variables usadas para estimar el ICAM_{PFF} se resumen en la Tabla 14.2.

Diagnóstico y Evaluación de Calidad de las Aguas Marinas y Costeras del Caribe y Pacífico colombianos

Tabla 14.2. Resultados de las variables de calidad de agua usadas en el ICAM_{PFF} en las zonas y estaciones de monitoreo en el departamento de Cauca en los muestreos realizados en el segundo semestre de 2018 y segundo semestre de 2019; excepto las estaciones indicadas con (**) y (*). Oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes Termotolerantes (CTE), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD). No medido (NM).

ZONA	ESTACIÓN	Segundo semestre de 2018								Primer semestre de 2019									
		Sal	pH	OD	SST	Nitratos	Fosfatos	HPDD	CTE (NMP/100 mL)	Sal	pH	OD	DBO ₅	SST	Nitratos	Fosfatos	HPDD	CTE (NMP/100 mL)	
				mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L				mg/L	mg/L	mg/L					
López - Timbiquí	R. Micay**	0	7	8,2	407	90,9	7,66	<0,075	>160.000	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	
	F. Micay	23,4	8	6,3	16	4,81	8,7	NM	9.200	30	8,1	6,7	<4,23	2,4	2,6	2,58	<0,075	>16.000	
	R. Saija**	0	6,7	7,4	319	69,7	6,38	0,2	>160.000	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	
	B. Saija**	0	6,7	7,4	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	Bocana Saija**	0,5	6,9	6,7	108	65,7	4,52	NM	NM	18	7,8	6,2	<4,23	19	3,77	6,41	0,11	470	
	F. Bocana Saija*	20,4	8,1	7,1	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	F. Norte Saija*	21,5	8	6,9	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	F. Saija	20,5	7,7	5,4	16	29,3	11	NM	>16.000	29	8,1	6,6	<4,23	3,7	<2,10	4,98	0,12	>16.000	
	F. Sur Saija**	4,3	7,7	6,8	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	R. Timbiquí**	0	6,5	7,9	66	54	3	0,53	22.000	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	B. Timbiquí**	0	6,5	7,8	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	Bocana Timbiquí	10,5	8,3	9,5	43	<2,10	7,63	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	F. Bocana Timbiquí*	14	8,1	6,5	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	F. Norte Timbiquí*	18,9	7,7	4,8	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	F. Timbiquí	20	8	6,7	31	3,68	7,91	NM	1700	29	8,1	6,6	<4,23	3,7	<2,10	4,14	0,11	3.500	
F. Sur Timbiquí*	13,4	7,7	6,6	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	
R. Bubuey**	0,1	6,3	5,8	15	60,6	<2,00	0,11	35.000	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	
Guapi	R. Guajuí**	0,4	6,5	6,3	41	71,9	4,02	0,64	>160.000	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	
	F. Guajuí	16,9	7,9	6,5	19	13,4	5,58	NM	170	30	8,1	6,5	<4,23	10	<2,10	5,35	<0,075	480	
	R. Guapi**	0	6,5	6,8	31	40	<2,00	0,16	16.000.000	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	
	F. Guapi Boya	24,4	8	6	11	13,5	8,39	NM	92.000	26	8,1	6,9	<4,23	4,1	<2,10	<2,00	<0,075	220	
Gorgona	Antiguo Muelle	28	8,2	7,4	1,7	10,8	5,95	NM	16.000	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	
	Gorgonilla	27,6	8,1	6,8	1,6	12	3,36	NM	NM	32	8,2	6,7	<4,23	12	4,05	4,01	<0,075	>1.600	
	Horno Gorgona	29,1	8,2	6,7	<0,50	2,33	4,43	NM	110	32	8,2	6,7	<4,23	8,4	<2,10	<2,00	<0,075	>1.600	
	P. Blanca	17,8	7,9	7,1	2,6	16,3	5,8	<0,075	1.600	32	8,2	6,7	<4,23	1,1	<2,10	4,04	<0,075	>1.600	
	Vertimiento Gorgona	27,2	8,2	6,8	1,1	5,93	4,32	<0,075	16.000	32	8,2	6,7	<4,23	1,4	<2,10	3,39	<0,075	140	

**Estaciones con características de aguas fluviales y en las que no se aplicó el ICAM_{PFF} y *Estaciones con información insuficiente para estimar el ICAM_{PFF}

El ICAM_{PFF} se aplicó a 11 estaciones que cumplían con el tipo de agua marina-estuarina y con el número de mínimo de variables requeridas. Como resultado de la aplicación del ICAM_{PFF}, se encontró que en el muestreo del segundo semestre de 2018, la calidad del agua en el 46% de las estaciones fue inadecuada; en el 27% adecuada, en el 18% aceptable, en el 9% óptima (Figura 14.4).

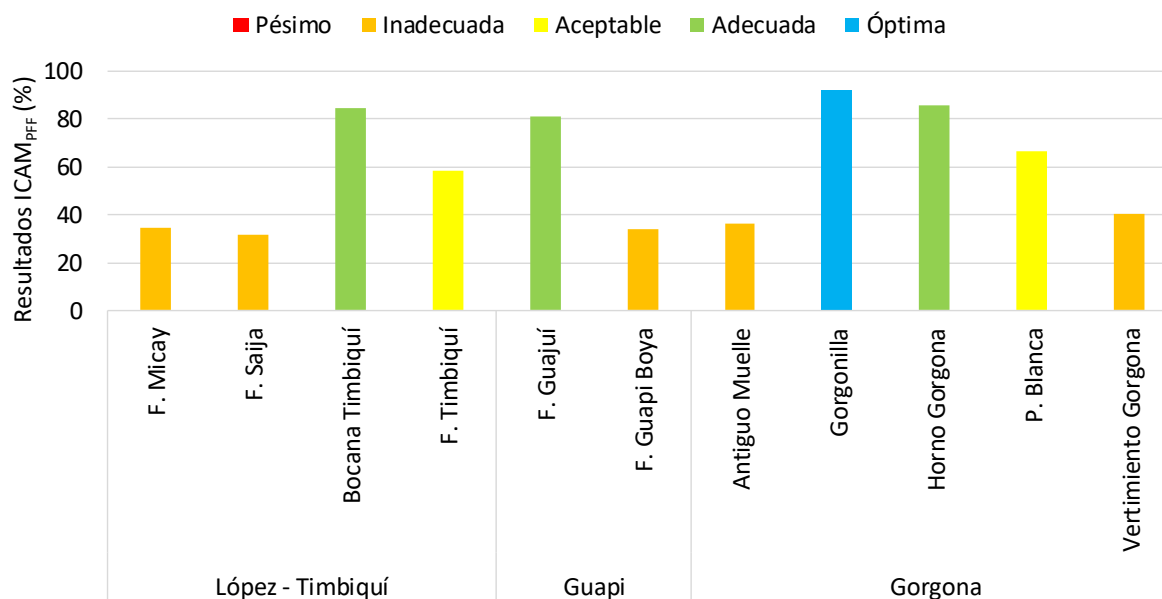


Figura 14.4. Calidad del agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costera en el departamento de Cauca, en el muestreo del segundo semestre de 2018.

La calidad inadecuada del agua en las estaciones frente de los ríos Micay, Saija y Guapi, se debe a las elevadas concentraciones de Coliformes Termotolerantes que fue mayor al criterio de calidad (<200 NMP/100 mL; [MinAmbiente, 2015](#)), indicando contaminación por aguas residuales de las poblaciones asentadas en las riberas de los ríos (Tabla 14.3). Asimismo, la calidad inadecuada en la estación Vertimiento Gorgona se asoció a la alta concentración de Coliformes Termotolerantes.

Tabla 14.3. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PFF} calculado en las estaciones REDCAM en el Cauca, en el muestreo realizado el segundo semestre de 2018. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación	Calificación de los subíndices						
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	HPDD	CTE
López - Timbiquí	F. Micay	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	NM	Pésima
	F. Saija	Óptima	Adecuada	Adecuada	Aceptable	Aceptable	NM	Pésima
	Bocana Timbiquí	Adecuada	Óptima	Aceptable	Adecuada	Óptima	NM	NM
	F. Timbiquí	Óptima	Óptima	Aceptable	Óptima	Adecuada	NM	Pésima
Guapi	F. Guajú	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	Aceptable
	F. Guapi Boya	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	NM	Pésima
Gorgona	Antiguo Muelle	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima	Óptima	NM	Pésima
	Gorgonilla	Adecuada	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	NM	NM

Zona	Estación	Calificación de los subíndices						
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	HPDD	CTE
	Horno Gorgona	Adecuada	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	NM	Aceptable
	P. Blanca	Óptima	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Óptima	Pésima
	Vertimiento Gorgona	Adecuada	Óptima	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Pésima

En el muestreo del segundo semestre de 2019, se observó un mejoramiento de la calidad de las aguas, con un aumento de las estaciones con calidad adecuada (40%) y aceptable (30%), y una reducción del número de estaciones con calidad inadecuada (30%) (Figura 14.5). La calidad inadecuada en las estaciones de los frentes de los ríos Micay, Timbiquí y Saija se debió a las altas concentraciones de Coliformes Termotolerantes (Tabla 14.4).

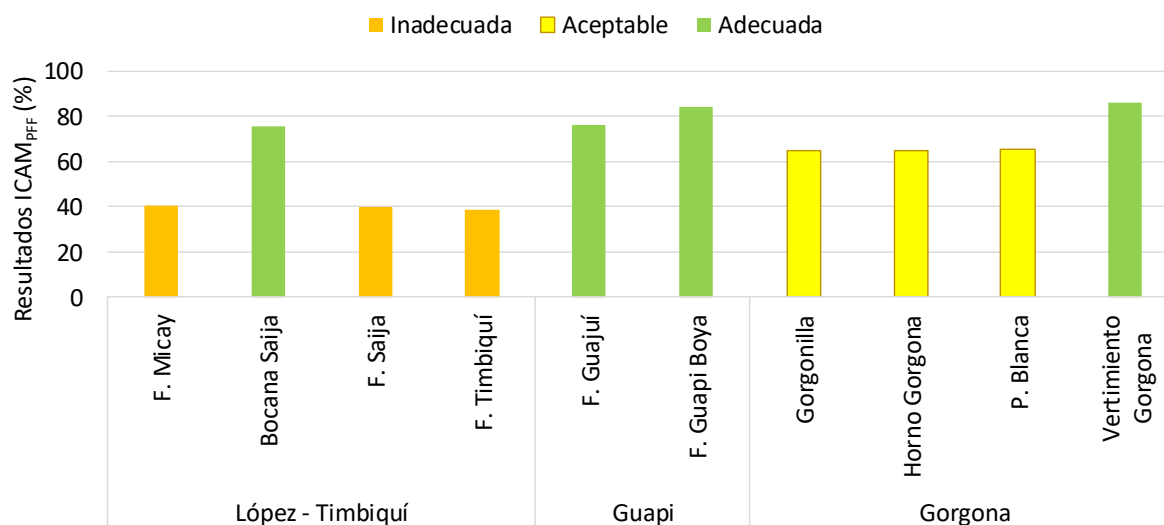


Figura 14.5. Calidad del agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costera en el departamento de Cauca, en el muestreo del segundo semestre de 2019.

Tabla 14.4. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PFF} calculado en las estaciones REDCAM en Cauca, en el muestreo realizado el segundo semestre de 2019. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de criseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación	Calificación de los subíndices						
		pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	HPDD	CTE
López - Timbiquí	F. Micay	Adecuada	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Pésima
	Bocana Saija	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Inadecuada
	F. Saija	Óptima	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Pésima
	F. Timbiquí	Óptima	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Pésima
Guapi	F. Guajú	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Inadecuada
	F. Guapi Boya	Óptima	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable
Gorgona	Gorgonilla	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Pésima
	Horno Gorgona	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Pésima
	P. Blanca	Adecuada	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Pésima
	Vertimiento Gorgona	Adecuada	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable

Por otra parte, se analizó la calidad microbiológica del agua en la playa Blanca, ubicada en la isla Gorgona, la cual es de alta importancia turística en el departamento, teniendo en cuenta las concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Coliformes Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE). En el segundo muestreo de 2018 se registraron concentraciones de CTT de 16.000 NMP/100 mL y de CTE de 1.600 NMP/100 mL, valores que superan los límites máximos permisibles para el uso recreativo del agua por contacto primario, según el Decreto 1076 de 2015 (1000 NMP CTT/100 mL y 200 NMP CTE/100 mL; [MinAmbiente, 2015](#)). Además se registró una concentración de EFE de 14 UFC/100 mL, el cual representa un riesgo bajo para los bañistas de contraer enfermedades gastrointestinales (1%) y de respiratoria febril aguda (0,3%) al estar por ≤ 40 UFC/100 mL, según guía de la Organización Mundial de la Salud ([OMS, 2003](#)).

En el muestreo del segundo semestre de 2019 se registró una concentración de CTE > 1.600 NMP/100 mL, que supera el límite permisible para el uso del agua por contacto primario e indica contaminación por aguas residuales ([MinAmbiente, 2015](#)).

Otras variables medidas en aguas superficiales de las estaciones REDCAM en Cauca y que no hacen parte del ICAM_{PFF}, son los plaguicidas y los metales pesados disueltos: plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), zinc (Zn) y níquel (Ni) y cromo VI (Cr^{+6}).

En las estaciones de los ríos Micay, Saija, Timbiquí, Bubuey, Guajuí y Guapi en el segundo semestre de 2018, se analizaron 45 plaguicidas entre organoclorados y organofosforados, los cuales estuvieron por debajo del límite de detección del método usado en el LABCAM del INVEMAR.

Los metales pesados disueltos se midieron en el segundo semestre de 2018. Las concentraciones de Cd en todas las estaciones, estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método empleado en el LABCAM ($< 0,20$ $\mu\text{g Cd/L}$) y por debajo de los valores de referencia para efectos crónicos en organismos marinos y de dulceacuícolas propuesto por la NOAA (Tabla 14.5).

Las concentraciones de Cu oscilaron entre < 1 y $4,46$ $\mu\text{g Cu/L}$, valores por debajo de la referencia para efectos crónicos y agudos en organismos marinos y de agua dulce (Tabla 14.5).

Las concentraciones de Cr^{+6} y Ni en el agua de la mayoría de las estaciones estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método utilizado en el LABCAM (< 5 $\mu\text{g Cr/L}$; $< 2,5$ $\mu\text{g Ni/L}$); solamente en las estaciones de los ríos Saija y Guapi se cuantificaron estos metales con valores de $6,39$ $\mu\text{g Cr}^{+6}/\text{L}$ y $3,55$ $\mu\text{g Ni/L}$ respectivamente. En ninguna de las estaciones el Cr^{+6} y Ni superaron las referencias de efectos crónicos y agudos en agua dulce y marina (Tabla 14.5).

Las concentraciones de Pb estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM ($< 2,0$ $\mu\text{g Pb/L}$) valor que está por debajo de la referencia para efectos crónicos y agudos en organismos de agua marina y dulce (Tabla 14.5).

Las concentraciones de Zn oscilaron entre menor al límite de cuantificación del método (< 10 $\mu\text{g Zn/L}$) y $42,3$ $\mu\text{g Zn/L}$, los cuales estuvieron por debajo de las referencias para efectos crónicos y agudos en organismos de agua dulce y marinos (Tabla 14.5).

Las concentraciones de Fe oscilaron entre < 10 y 161 $\mu\text{g Fe/L}$, en ninguna de las estaciones los valores de Fe superaron las referencias para efectos crónicos y agudos en organismos de agua marina y dulce (Tabla 14.5).

Tabla 14.5. Concentraciones de metales pesados disueltos en el agua superficial de las estaciones REDCAM en el departamento de Cauca, en el muestreo del segundo semestre de 2018. Valores con el símbolo (<) indica el límite de detección del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR. Los valores de referencia para efectos crónicos (color amarillo) y agudos (color naranja) fueron tomados de Buchman (2008). Sin referencia (-).

Zona	Estación	Cd (µg/L)	Cu (µg/L)	Cr+6 (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)	Fe (µg/L)
		2018-2	2018-2	2018-2	2018-2	2018-2	2018-2	2018-2
López - Timbiquí	R. Micay	<0,20	2,89	<5,00	5,39	<2,00	29,9	128
	R. Saija	<0,20	4,46	6,39	<2,50	<2,00	42,3	161
	R. Timbiquí	<0,20	1,74	<5,00	<2,50	<2,00	<10,0	69
	R. Bubuey	<0,20	1,7	<5,00	<2,50	<2,00	18,7	89,3
Guapi	R. Guajuí	<0,20	1,61	<5,00	<2,50	<2,00	17	55,9
	R. Guapi	<0,20	1,35	<5,00	3,55	<2,00	16,7	109
Gorgona	P. Blanca	<0,20	<1,00	<5,00	<2,50	<2,00	<10,0	<10,0
	Vertimiento Gorgona	<0,20	<1,00	<5,00	<2,50	<2,00	<10,0	<10,0
Ref. efectos crónicos agua marina		8,8	1,3	50	8,2	8,1	81	50
Ref. efectos agudo agua marina		40	4,8	1100	74	210	90	350
Ref. efectos crónicos agua dulce		0,25	9	11	52	2,5	120	1000
Ref. efectos agudo agua dulce		2	13	16	470	65	120	-

14.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

La calidad del sedimento se evaluó en las estaciones Bocana del río Saija, Bocana del río Timbiquí, frente del río Guajuí y frente del río Guapi en el segundo semestre de 2018. El contenido de materia orgánica fue de 42,53 mg/g en la Bocana del río Saija, 67,6 mg/g en la Bocana del río Timbiquí, 8,97 mg/g en frente del río Guajuí y de 39,5 mg/g en frente del río Guapi.

En los sedimentos se analizaron 46 plaguicidas organoclorados y organofosforados, los cuales no fueron detectados en ninguna de las muestras de sedimento. Asimismo, no se detectaron ninguno de los 16 hidrocarburos aromáticos policíclicos en las estaciones evaluadas.

Las concentraciones de Cd y Pb en todas las estaciones evaluadas estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método usado en el LABCAM; Las concentraciones de Zn y Hg, en todas las estaciones estuvieron por debajo de los valores de referencia de efectos umbral (TEL), por encima del cual se pueden presentar efectos adversos en los organismos acuáticos de ambientes marino y de efectos probables (PEL) propuestos por la NOAA (Buchman, 2008); las concentraciones de Cu, Cr y Ni en todas las estaciones estuvieron por encima del valor de referencia TEL; el Cu en la estación bocana del río Timbiquí y el Ni en todas las estaciones superaron el valor de referencia PEL para sedimentos de marinos (Tabla 14.6).

Tabla 14.6. Metales pesados totales (en peso seco) en los sedimentos de dos estaciones REDCAM en Cauca, colectados en el segundo semestre de 2018. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de Buchman (2008). Sin referencia (-). No medido (NM).

Estación	Cd (µg/g)	Cu (µg/g)	Cr (µg/g)	Ni (µg/g)	Pb (µg/g)	Zn (µg/g)	Hg (ng/g)
	2018-2	2018-2	2018-2	2018-2	2018-2	2018-2	2018-2
Bocana Saija	<12,5	41	103	93,3	<15,0	68,4	91,4
Bocana Timbiquí	<12,5	151	78,6	97,7	<15,0	78,1	107
F. Guajuí	<12,5	29,8	132	170	<15,0	61,8	21,4
F. Guapi	<12,5	59,6	113	102	<15,0	69,2	96,9
Referencia TEL marino	0,68	18,7	52,3	15,9	30,2	124	130
Referencia PEL marino	4,21	108	160	42,8	112	271	700

14.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El cálculo del ICAM_{PFF} mostró que la calidad del agua marina costera para la preservación de flora y fauna en las estaciones REDCAM del departamento de Cauca en las cuales la condición es inadecuada, están afectadas principalmente por las altas concentraciones de Coliformes Termotolerantes que indican contaminación por aguas residuales.
- ❖ En la playa Blanca, isla Gorgona, la calidad del agua para el uso recreativo por contacto primario fue inadecuada, al presentar concentraciones de CTT y CTE por encima de la normatividad colombiana.
- ❖ En el muestreo del segundo semestre de 2018, no se evidenció contaminación de las aguas y sedimentos marino costeros por residuos de plaguicidas, ni de hidrocarburos en las estaciones evaluadas.
- ❖ Las concentraciones de metales totales Cd, Cu, Cr⁺⁶, Ni, Pb, Zn y Fe en el agua superficial no superaron los valores de referencia internacionales para efectos crónicos en la biota acuática. En los sedimentos de las estaciones bocana del río Saija, bocana del río Timbiquí, frente del río Guajuí y frente del río Guapi, las concentraciones de Cu, Cr y Ni superaron los valores de referencia para efecto umbral. La presencia de metales en sedimentos indica que se debe continuar con el seguimiento de estos contaminantes incluyendo otras estaciones y evaluar su biodisponibilidad.

NARIÑO

Por: Paola Sofía Obando-Madera y Lizbeth Janet Vivas-Aguas



Arco el Morro, Tumaco, Nariño. Foto: Paola Obando.

EQUIPO TÉCNICO CORPONARIÑO

William Preciado Angulo – Coordinador Centro Ambiental Costa Pacífico
Marcela Caviedes C. – Profesional Universitario
Maria Fernanda Folleco – Profesional Universitario
Javier Lopez – Profesional Universitario
Claudia Parra Perez – Técnico Operativo
Francisco Leusson Garcia Solis – Operario CORPONARIÑO

Los muestreos de calidad del agua superficial marina y costera en las estaciones del departamento de Nariño fueron realizados por INVEMAR y CORPONARIÑO. En el segundo semestre de 2018, el muestreo se realizó el 3 y 6 de diciembre; y el primer semestre de 2019 el día 2 de mayo. En 2019, se midieron variables fisicoquímicas, microbiológicas, contaminantes orgánicos (hidrocarburos, plaguicidas organoclorados y organofosforados) e inorgánicos (metales disueltos: cadmio, zinc, cobre, níquel, plomo y cromo VI) (Figura 15.2). En las estaciones playa el Morro y Arco el Morro se colectó muestra de sedimento sumergido.

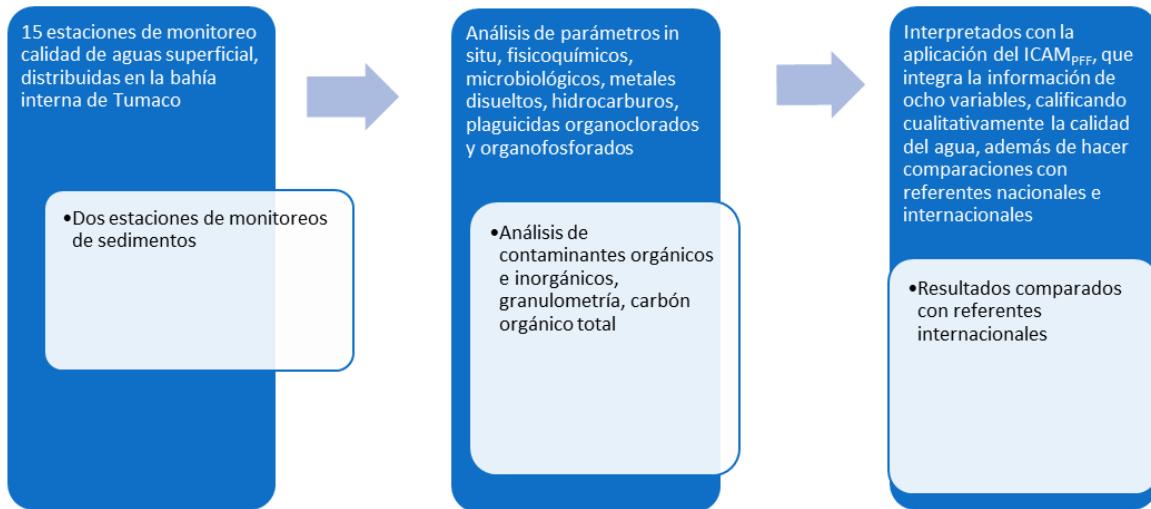


Figura 15.2. Resumen del monitoreo REDCAM en el departamento de Nariño, realizado en el segundo semestre de 2018 y primer semestre de 2019.

15.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Entre las principales fuentes de contaminación marina en la zona costera del departamento de Nariño, están las descargas y vertimientos de residuos líquidos provenientes de cultivos agrícolas con lixiviados, procesamiento de pesquerías comerciales, minería y aserríos que en su mayoría son transportados a través de los ríos Mira y Patía, y por afluentes menores a lo largo del territorio de las cabeceras municipales costeras, los cuales tienen como disposición final el mar (Tabla 15.1 y Figura 15.3).

Debido a los aportes de materiales procedentes de escorrentías, ríos y pigmentos liberados de la vegetación circundante asociada a bosques de manglar, la bahía de Tumaco se caracteriza por presentar aguas de menor transparencia en comparación con la parte externa de la bahía que tiene una influencia más oceánica (Casanova *et al.*, 2015).

Tabla 15.1. Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en el departamento de Nariño.

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).	Nutrientes, microorganismos de origen fecal, plásticos y otros residuos sólidos, materia orgánica, sólidos suspendidos totales, hidrocarburos, grasas y aceites, lixiviados.	Ríos y esteros del departamento, bahía de Tumaco, océano Pacífico.
	Botaderos a cielo abierto, relleno sanitario Buchelly, vertimiento de residuos a ríos y esteros		
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, residuos de plaguicidas, hidrocarburos y residuos sólidos.	Océano Pacífico
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

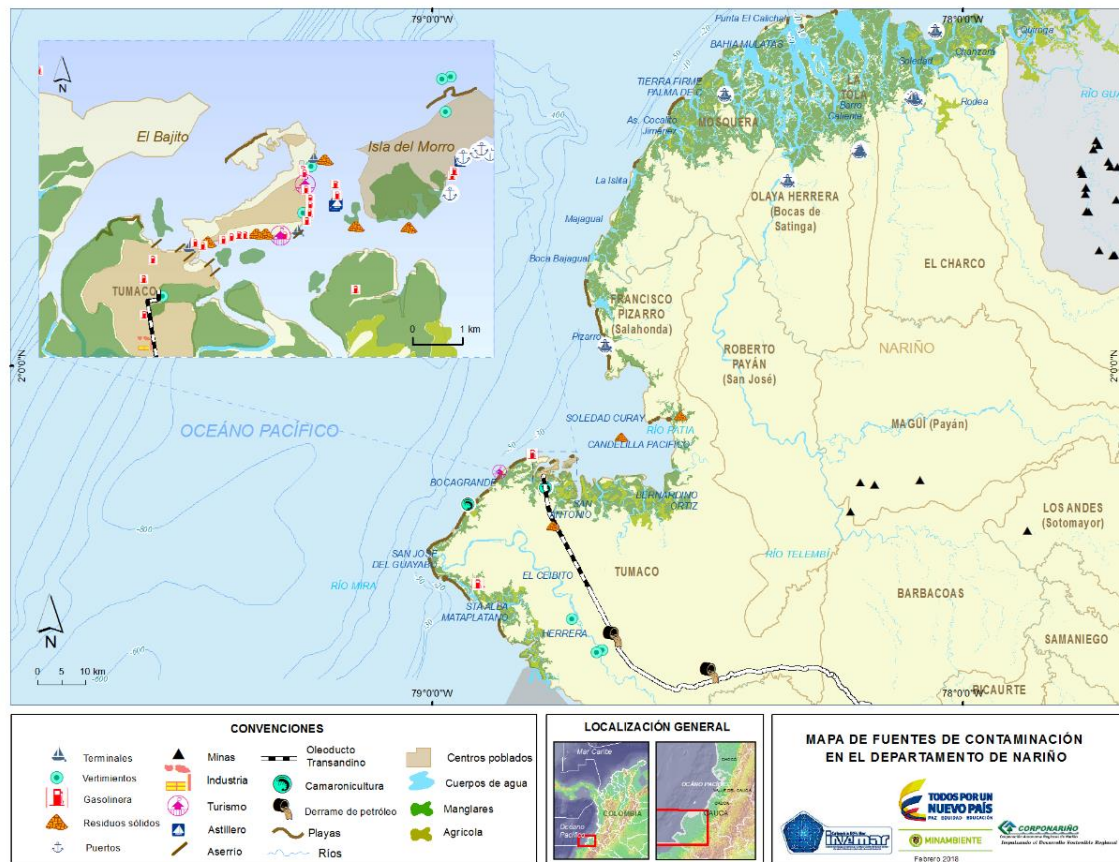


Figura 15.3. Mapa de la distribución de ecosistemas marino-costeros, centros poblados, actividades antropogénicas y fuentes terrestres y marinas de contaminación en el departamento de Nariño, Pacífico colombiano.

15.2 CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS

En el segundo semestre de 2018, la calidad de las aguas marino costeras del departamento de Nariño se evaluó con la estimación de los subíndices definidos en el ICAM_{PFF} para las variables pH, fosfatos y Oxígeno Disuelto, utilizando la información de las estaciones en la zona Ensenada de Tumaco (Tabla 10.6).

Tabla 15.2. Variables de calidad de agua medidas en el segundo semestre de 2018 en las estaciones de monitoreo en el departamento de Nariño, excepto en las estaciones con (**). Oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de crisenos (HPDD); Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

ZONA	ESTACIÓN	Sal	pH	OD	SST	Nitratos	Fosfatos	HPDD	CTE (NMP/100 mL)
				mg/L		µg/L			
Costa Norte	Harinera –Chanzara**	2,9	7,62	6,48	43,9	38,4	5,32	<0,075	160.000
	R. Iscuandé**	1,4	6,97	6,77	38,5	68,5	7,02	NM	1'6000.000
Ensenada Tumaco	Arco el Morro	28,2	8,484	6,65	NM	NM	2,67	NM	NM
	E. Mobil Litoral	26,2	8,211	6,32	NM	NM	2,79	NM	NM
	E. Servicio Bavaria	26,3	8,208	6,51	NM	NM	4,22	NM	NM
	Estero el Pajal	26	8,382	6,66	NM	NM	2,55	NM	NM
	P. Bajito 2	27	8,209	6,89	NM	NM	2,03	NM	NM
	P. El Morro	28,8	8,303	6,81	NM	NM	<2	NM	NM
	P. Morro 2	28,8	8,286	6,81	NM	NM	<2	NM	NM
	P. Morro 3	28	8,267	6,95	NM	NM	<2	NM	NM
	P. Morro 4	28,7	8,246	6,85	NM	NM	<2	NM	NM
	P. Morro 5	28,7	8,214	6,85	NM	NM	<2	NM	NM
	P. Morro 6	28,5	8,169	6,72	NM	NM	<2	NM	NM
	Playa el Bajito	26,1	8,235	6,82	NM	NM	2,64	NM	NM
	Pte El Morro	28,3	8,308	6,92	NM	NM	2,17	NM	NM
	Pte El Pindo	26	8,197	6,52	NM	NM	2,43	0,35	NM
Sociedad Portuaria	27,8	8,24	6,66	NM	NM	<2	0,35	NM	

**Estaciones con características de aguas fluviales y en las que no se aplicó el ICAM_{PFF}

En el primer semestre de 2019, se aplicó el Índice de Calidad de Aguas para Preservación de flora y fauna -ICAM_{PFF} (Vivas-Aguas *et al.*, 2014a). Los resultados de las variables para estimar los subíndices que integran el ICAM_{PFF} se resumen en la Tabla 15.3

Tabla 15.3. Resultados de las variables de calidad de agua usadas en el ICAM_{PFF} en la zona y estaciones de monitoreo en el departamento de Nariño en el muestreo del primer semestre de 2019 durante las condiciones de marea alta y marea baja; excepto las estaciones indicadas con (*). Oxígeno disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes Termotolerantes (CTE), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de Criseno (HPDD). No medido (NM).

ZONA	ESTACIÓN	Primer semestre 2019 (mayo) en marea alta									Primer semestre 2019 (mayo) en marea baja								
		Sal	pH	OD	SST	DBO	Nitros	Fosfa	HPDD	CTE (NMP/100 mL)	Sal	pH	OD	SST	DBO	Nitros	Fosfa	HPDD	CTE (NMP/100 mL)
				mg/L			µg/L						mg/L			µg/L			
Ensenada Tumaco	Arco el Morro	30,1	8,07	6,66	28,3	<4,23	5,24	3,28	0,1	2600	29,3	7,98	6,25	16,3	<4,23	7,61	2,84	0,1	3.300
	E. Móvil Litoral*	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	26,8	7,7	3,39	19,6	NM	10,1	23,2	0,17	NM
	E. Servicio Bavaria*	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	26,9	7,87	5,54	11,5	NM	6,66	6,08	0,24	NM
	Esteros el Pajal*	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	26,6	7,56	4,63	23,2	NM	17,7	2,12	0,18	2.300
	P. Bajito 2	28,4	8,16	7,38	25,8	<4,23	<2,1	2,68	0,091	230	25,6	8,07	6,65	17,8	<4,23	2,32	<2	0,28	790
	P. El Morro	30,6	8,16	6,83	19	<4,23	2,37	<2	0,44	170	28,5	8,11	6,99	3,28	<4,23	<2,1	<2	0,087	22
	P. Morro 2	30,5	8,16	7,05	12,2	<4,23	<2,1	<2	<0,075	2	28,6	8,09	6,78	10,4	<4,23	<2,1	<2	0,094	110
	P. Morro 3	27,9	8,13	7,28	26,4	<4,23	<2,1	<2	<0,075	270	26,1	8,08	6,8	4,18	<4,23	<2,1	<2	0,085	1.100
	P. Morro 4	29,9	8,14	6,92	14,9	<4,23	<2,1	<2	0,089	350	28	8,08	6,8	7,38	<4,23	<2,1	<2	0,14	540
	P. Morro 5	29	8,16	7,41	27,7	<4,23	<2,1	<2	0,087	17	30,1	8,11	6,55	6,86	<4,23	<2,1	<2	<0,075	13
	P. Morro 6	31	8,16	6,99	16,4	<4,23	<2,1	3,26	<0,075	17	28,6	8,09	6,75	6,26	<4,23	<2,1	<2	<0,075	17
	Playa el Bajito	27,4	8,16	7,86	27,6	<4,23	<2,1	<2	0,33	230	27,9	8,06	6,49	15,7	<4,23	<2,1	<2	0,2	1.100
	Pte El Morro*	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	27,4	8,05	6,46	15,5	NM	<2,1	<2	<0,075	130
	Pte El Pindo*	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	25,2	7,64	4	26,3	<4,23	19,8	33,4	0,28	49.000
Sociedad Portuaria*	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	28,8	8,03	6,6	9,14	NM	<2,1	<2	<0,075	170	

*Estaciones con información insuficiente para estimar el ICAM_{PFF}

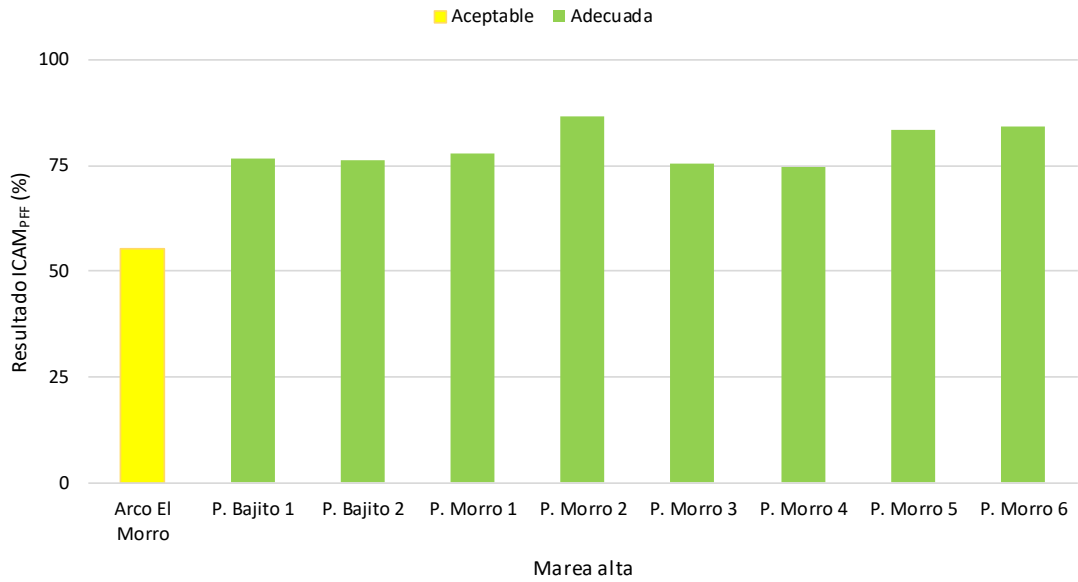
En el muestreo del segundo semestre 2018, se estimaron los subíndices de las variables de pH, fosfatos y oxígeno disuelto, encontrando condiciones de calidad del agua entre adecuada y óptima en las estaciones monitoreadas (Tabla 15.4).

Tabla 15.4. Calificación individual de las variables medidas en las estaciones REDCAM del departamento de Nariño en el segundo semestre 2018. Oxígeno disuelto (OD), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de Criseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

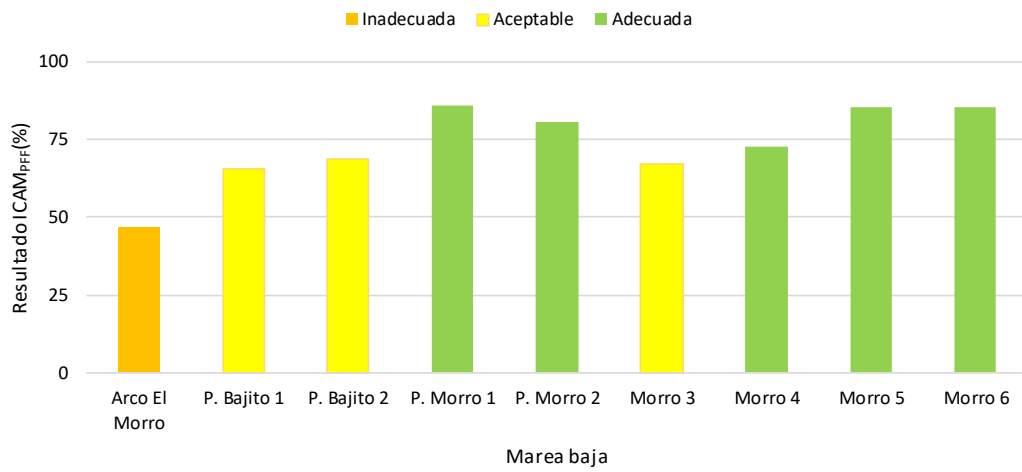
Zona	Estación	Calificación de los subíndices		
		pH	Fosfatos	OD
Ensenada de Tumaco	Arco el Morro	Adecuada	Óptima	Adecuada
	E. Móvil Litoral	Adecuada	Óptima	Adecuada
	E. Servicio Bavaria	Adecuada	Óptima	Adecuada
	Estero El Pajal	Adecuada	Óptima	Adecuada
	P. Bajito 2	Adecuada	Óptima	Adecuada
	P. El Morro	Adecuada	Óptima	Adecuada
	P. Morro 2	Adecuada	Óptima	Adecuada
	P. Morro 3	Adecuada	Óptima	Adecuada
	P. Morro 4	Adecuada	Óptima	Adecuada
	P. Morro 5	Adecuada	Óptima	Adecuada
	P. Morro 6	Adecuada	Óptima	Adecuada
	Playa el Bajito	Adecuada	Óptima	Adecuada
	Pte El Morro	Adecuada	Óptima	Adecuada
	Pte El Pindo	Adecuada	Óptima	Adecuada
Sociedad Portuaria	Adecuada	Óptima	Adecuada	

En el primer semestre 2019, se aplicó el ICAM_{PFF} a 9 estaciones de las playas de El Morro y El bajito, en condiciones de marea baja y alta (Figura 15.4). Durante marea alta, la mayor parte de las estaciones estuvo en el rango de calidad adecuada, solamente la estación Arco el Morro presentó calidad aceptable (Figura 15.4a); en tanto que durante marea baja, disminuyó el número de estaciones con calidad adecuada y aumentó el número de estaciones con calidad aceptable e incluso la estación Arco el Morro tuvo calidad inadecuada (Figura 15.4b). Este resultado muestra que las condiciones de calidad están asociadas a la influencia de las mareas, ya que el recambio de una a otra favorece los procesos de dilución de los contaminantes en el agua superficial.

En la Tabla 15.5, se muestran los resultados de las variables con las cuales se calculó el ICAM_{PFF} en marea baja y alta durante el primer semestre 2019, donde se observa que la mayoría de variables que integran el ICAM_{PFF} presentaron una calidad del agua entre óptima y adecuada, por tanto el resultado final se ve influenciado por la calidad general que se espera de la ponderación de las ocho variables, sin embargo, los Coliformes Termotolerantes registrados en la estación Arco el Morro, evidencian la incidencia de la descarga de las aguas servidas de las viviendas y el sector turístico de la Isla El Morro al estero los Tulicios que desemboca en el Arco del Morro, situación que es recurrente en los resultados de la REDCAM, por tanto, es una estación en donde se presentan condiciones inadecuadas para el desarrollo de actividades de contacto primario como la natación. Situación similar se observa en las estaciones playa el Bajito 1, Bajito 2, playa el Morro 3 y Morro 4, donde se registraron altas concentraciones de Coliformes Termotolerantes, arrojando condiciones entre inadecuada y pésima, teniendo en cuenta los valores propuestos para contacto primario en la Legislación Nacional ([MinAmbiente, 2015](#), Decreto 1076 de 2015).



a



b

Figura 15.4. Calidad del agua superficial según el ICAM_{PFF} en las estaciones marinas y costera en el departamento de Nariño, en condiciones de marea alta (a) y marea baja (b) en el muestreo del primer semestre de 2019.

Tabla 15.5. Calificación individual de las variables que integran el ICAM_{PF} calculado en las estaciones REDCAM en Nariño, en condiciones de marea alta y marea baja durante el muestreo realizado en el primer semestre de 2019. Sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto (OD), hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de Criseno (HPDD) y Coliformes Termotolerantes (CTE). No medido (NM).

Zona	Estación	Marea	Calificación de los subíndices							
			pH	Fosfatos	SST	Nitratos	OD	HPDD	DBO	CTE
Ensenada de Tumaco	Arco El Morro	Alta	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Aceptable	Pésima
	P. Bajito 1	Alta	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Aceptable	Aceptable
	P. Bajito 2	Alta	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Aceptable	Aceptable
	P. Morro 1	Alta	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Aceptable
	P. Morro 2	Alta	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Aceptable	Óptima
	P. Morro 3	Alta	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Aceptable	Inadecuada
	P. Morro 4	Alta	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Inadecuada
	P. Morro 5	Alta	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Óptima	Aceptable	Óptima
	P. Morro 6	Alta	Adecuada	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima
	Arco El Morro	Baja	Óptima	Óptima	Adecuada	Óptima	Adecuada	Óptima	Aceptable	Pésima
	P. Bajito 1	Baja	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Pésima
	P. Bajito 2	Baja	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Inadecuada
	P. Morro 1	Baja	Óptima	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima
	P. Morro 2	Baja	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Aceptable
	P. Morro 3	Baja	Óptima	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Pésima
	P. Morro 4	Baja	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Inadecuada
	P. Morro 5	Baja	Óptima	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima
	P. Morro 6	Baja	Óptima	Óptima	Óptima	Adecuada	Adecuada	Óptima	Aceptable	Óptima

Por otra parte, durante el primer semestre de 2019 se analizó la calidad microbiológica del agua en las estaciones de muestreo, evaluando las concentraciones de Coliformes Totales (CTT) y Coliformes Termotolerantes (CTE). Adicionalmente, en las playas se cuantificaron los Enterococos Fecales (EFE; Tabla 15.6).

Las concentraciones de CTT oscilaron entre 240 y 350.000 NMP/100 mL. Las estaciones con mayor contaminación microbiológica fueron el estero el Pajal y el Puente el Pindo (Tabla 15.6). Este resultado evidencia que en esta zona se realizan vertimientos de aguas residuales, siendo recurrente el incumplimiento para realizar actividades de contacto primario y secundario, al superar los valores de referencia de la legislación colombiana (Tabla 15.6). Las concentraciones de CTE oscilaron entre 2 NMP/100 mL y 2.600 NMP/100 mL en marea alta y entre 13 y 49.000 NMP/100 mL en marea baja (Tabla 15.6).

Tabla 15.6. Concentraciones de Coliformes Totales (CTT), Termotolerantes (CTE) y Enterococos Fecales (EFE) medidos en el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento de Nariño en el primer semestre de 2019 durante las condiciones de marea alta y marea baja. Límite permisible para el uso recreativo por contacto primario (LP CP) y contacto secundario (LP CS) según [MinAmbiente 2015](#). Valores de referencia para el riesgo de contraer enfermedades Gastrointestinales (EGI) y Respiratoria Febril Aguda (ERFA) ([OMS, 2003](#)).

Zona	ESTACIÓN	Primer semestre 2019					
		Marea alta			Marea baja		
		CTE	CTT	EFE	CTE	CTT	EFE
		NMP/100m L	NMP/100m L	UFC/100m L	NMP/100m L	NMP/100m L	UFC/100m L
Ensenada de Tumaco	Arco El Morro	2.600	13.000	130	3.300	35.000	40
	P. Bajito 1	230	490	10	1.100	5.400	12
	P. Bajito 2	230	2.400	13	790	3.500	18
	P. Morro 1	170	920	200	22	540	1
	P. Morro 2	2	240	3	110	1.600	3
	P. Morro 3	270	16.000	9	1.100	3.500	7

Zona	ESTACIÓN	Primer semestre 2019					
		Marea alta			Marea baja		
		CTE	CTT	EFE	CTE	CTT	EFE
		NMP/100m L	NMP/100m L	UFC/100m L	NMP/100m L	NMP/100m L	UFC/100m L
	P. Morro 4	350	540	9	540	920	5
	P. Morro 5	17	350	10	13	240	1
	P. Morro 6	17	240	1	17	1.600	1
	Pte El Morro	130	2.200	NM	130	2.200	NM
	Pte El Pindo	49.000	350.000	NM	49.000	350.000	NM
	Sociedad Portuaria	170	1.700	NM	170	1.700	NM
	Estero El Pajal	2.300	24.000	NM	2.300	24.000	NM
	LP C. primario	200	1.000	*OMS	200	1.000	*OMS
	LP C. secundario	-	5.000	(2003)	-	5.000	(2003)
	*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					

La calidad del agua en la mayoría de las estaciones, principalmente en las playas del Morro y el Bajito presentó mejores condiciones en marea alta, en comparación con marea baja cumpliendo con los criterios de calidad para el uso recreativo por contacto primario (Tabla 15.6), mientras que en marea baja el 56 % de las playas no fueron aptas para baño. Solamente en el Arco del Morro se registraron niveles de contaminación microbiológica en ambas mareas (Tabla 15.6). Estos resultados corroboran que las características del agua en esa playa no son aptas para actividades recreativas de contacto primario y se deben realizar acciones por parte de la autoridad ambiental y de salud para prevenir un posible riesgo sanitario.

Los niveles de Enterococos Fecales (EFE) oscilaron entre menor al límite de cuantificación del método utilizado (1 UFC/100 mL) y 200 UFC/100 mL en marea alta y entre 1 y 40 UFC/100 mL en marea baja (Tabla 15.6). Al igual que para los CTT y CTE, las concentraciones de EFE en la estación Arco El Morro superaron el valor de referencia en ambas mareas, alcanzando valores que representando un riesgo de 1 % a 5 % de contraer enfermedades Gastrointestinales agudas (EGI) y de 0,3 % a 1,9% de contraer enfermedades febriles agudas (ERFA) según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003); lo cual ratifica que en esta estación hay contaminación microbiológica, por lo tanto, esta zona no es apta para el uso recreativo de contacto primario, especialmente en marea baja cuando los aportes del estero Los Tulicios son mayores. En la playa El Morro 1 la concentración de EFE determinada en marea alta representó un riesgo entre 1 y 5% de contraer EGI, y entre 0,3 y 1,9% de contraer ERFA (OMS, 2003).

Adicionalmente, en el agua superficial de la estación Sociedad Portuaria, durante el muestreo del primer semestre de 2019, los metales disueltos cromo VI (Cr^{+6}), cadmio (Cd), cobre (Cu), hierro (Fe), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn), variables que no hacen parte del ICAM_{PF} (Tabla 15.7). Las concentraciones de estos metales estuvieron por debajo de los límites de cuantificación del método usado en el LABCAM, y estuvieron por debajo del valor de referencia propuestos por la NOAA ([Buchman, 2008](#)).

Tabla 15.7. Concentraciones de metales pesados disueltos en el agua superficial de la estación REDCAM en el departamento de Nariño, en el muestreo del primer semestre 2019. Valores con el símbolo (<) indica el límite de

detección del método analítico utilizado en el LABCAM del INVEMAR. Los valores de referencia para efectos crónicos (color amarillo) y agudos (color naranja) fueron tomados de Buchman (2008). Sin referencia (-).

Estación	Primer semestre 2019						
	Cr ⁺⁶ (µg/L)	Cd (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)
Sociedad Portuaria	<5,00	0,61	<1,00	<10,0	<2,50	<2,00	<10,0
Ref. efectos crónicos agua marina	50	8,8	1,3	50	8,2	8,1	81
Ref. efectos agudo agua marina	1100	40	4,8	350	74	210	90
Ref. efectos crónicos agua dulce	11	0,25	9	1000	52	2,5	120
Ref. efectos agudo agua dulce	16	2	13	-	470	65	120

15.3 CALIDAD DE SEDIMENTOS

En el muestreo realizado en el primer semestre 2019, se evaluó la calidad del sedimento en las estaciones playa el Morro 1 y Arco el Morro. El análisis granulométrico mostró que el sedimento es principalmente arenoso, con tamaños de grano entre 0,5 mm y 63 µm. Los contenidos de materia orgánica oscilaron entre 2,36 mg/g y 2,82 mg/g en peso seco respectivamente, condiciones que podrían favorecer la acumulación de contaminantes como hidrocarburos, plaguicidas y metales pesados.

En los sedimentos se analizaron 16 hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y 46 plaguicidas entre organoclorados y organofosforados. La concentración de todas estas moléculas, estuvo por debajo de los límites de cuantificación de los métodos utilizados por el LABCAM del INVEMAR. Cabe destacar que los límites de cuantificación de los HAP y de los plaguicidas están por debajo de los valores de referencia para efectos umbral y para efectos probables en sedimentos marinos y estuarinos propuestos por la NOAA (Buchman, 2008).

Las concentraciones de los metales totales cadmio, cobre, zinc, níquel, hierro y mercurio en los sedimentos, no superaron el valor de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) que pudieran indicar efectos sobre la biota acuática (Tabla 15.8; Buchman, 2008). A diferencia del cromo, cuya concentración superó el valor de referencia para efectos umbral (TEL) en ambas estaciones, lo cual sugiere que se debe realizar un estudio con mayor detalle para determinar el origen de este metal, el cual puede estar asociado con residuos de actividades antrópicas como manufactura metálica, tratamiento de la madera, refinерías, partículas residuales de minerales, entre otras.

Tabla 15.8. Metales pesados totales (en peso seco) en los sedimentos de dos estaciones REDCAM en Nariño, colectados en el primer semestre de 2019. Los valores de referencia para efectos umbral (TEL) y efectos probables (PEL) se tomaron de Buchman (2008). Sin referencia (-).

Estación	Plomo	Cadmio	Cromo	Cobre	Zinc	Níquel	Hierro	Mercurio
	(µg Pb/g p.s.)	(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.)
Arco El Morro	<15,0	<5,00	129	16	86	<75,0	58,4	13,2
Playa El Morro 1	<15,0	<5,00	62,1	18,5	74	<75,0	39,6	8,23
Referencia TEL marino	30,2	0,68	52,3	18,7	124	15,9	-	130
Referencia PEL marino	112	4,21	160	108	271	42,8	-	700

15.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ El cálculo del ICAM_{PFF} para el primer semestre 2019 en condiciones de marea alta y marea baja, mostró que la calidad del agua marina costera para la preservación de flora y fauna en las estaciones REDCAM del departamento de Nariño en las cuales la condición es inadecuada y aceptable, están afectadas principalmente por las altas concentraciones de Coliformes Termotolerantes que indican contaminación por aguas residuales.
- ❖ Las estaciones con mayor contaminación microbiológica fueron el estero el Pajal y el Puente el Pindo, presentando durante las condiciones de marea alta y marea baja concentraciones inadecuadas al presentar concentraciones de CTT y CTE por encima de la normatividad colombiana.
- ❖ Las condiciones de oxígeno disuelto, pH y fosfatos, en las estaciones monitoreadas en el segundo muestreo 2018, arrojaron resultados en buena calidad; sin embargo, no es posible llegar a conclusiones asociadas a la contaminación marina, sin la medición de variables que evidencien las problemáticas asociadas a las fuentes de contaminación como las microbiológicas y los contaminantes orgánicos e inorgánicos.
- ❖ La presencia de metales totales Cr, Cu, Zn, Fe y Hg en el sedimento de las estaciones Arco el Morro y Playa el Morro 1, reflejan la necesidad de hacer una evaluación de la dinámica natural y antropogénica para determinar el origen de estos metales y si se establece que son de origen antropogénico, establecer medidas para disminuir sus descargas a la zona costera. En particular, porque las concentraciones de Cr superaron el valor de referencia para efectos umbral propuestos por la NOAA.

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.
- Alonso, D., H. Barbosa, M. Duque, I. Gil, M. Morales, S. Navarrete, M. Nieto, A. Ramírez, G. Sanclemente y J. Vásquez. 2015. Conceptualización del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas en Colombia. Documento de Trabajo (Versión 1.0). Proyecto COL75241 Diseño e implementación de un Subsistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) en Colombia. INVEMAR, MADS, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR No 80, Santa Marta. 80 p.
- APHA, AWWA y WEF. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. United States of America. 1325 p.
- Buchman, M.F. 2008. Screening Quick Reference Tables (SQiRTs). NOAA OR&R report 08-1 Seattle WA, office of response and restoration division, national oceanic and atmospheric administration. 34 p.
- Casanova-Rosero, R.F, N.P, Suárez-Vargas y M.M. Zambrano-Ortiz. 2015. Valoración de algunas variables fisicoquímicas indicadoras de la calidad del agua en las principales bahías de la costa Pacífica colombiana–2009. *Boletín Científico del CIOH*. 15(33):195-214.
- Castaño, C. 2002. Golfos y Bahías de Colombia, Serie especial de colección ecológica. Bogotá, D. C.: Banco de Occidente.
- Co-L1125 – Programa de apoyo al Desarrollo Sostenible del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2013. Proyecto de Fortalecimiento Fiscal y del gasto en inversión pública Barranquilla y San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Componente agua potable y saneamiento. Anexo técnico. Colombia. <http://www.iadb.org/Document.cfm?id=38185760>.
- CONAMA – Consejo Nacional de Medio Ambiente. 2005. Resolución No. 357 de 2005. Dispone sobre la clasificación de los cuerpos de agua y los parámetros de lanzamiento de efluentes. Brasil. 58-63.
- CORPOGUAJIRA e INVEMAR. 2012. Atlas marino costero de La Guajira. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar No. 27. Santa Marta, Colombia. 188p
- 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).
- 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. 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).
- 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).
- Garay, J., G. Ramirez; 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 fisicoquímicos y contaminantes marinos: aguas, sedimentos y organismos. INVEMAR. Serie Documentos Generales N° 13. Santa Marta. 177 p.
- Gómez-Cubillos, C., L. Licero, L. Perdomo, A. Rodríguez, D. Romero, D. Ballesteros-Contreras, D. Gómez-López, A. Melo, L. Chasqui, M. A. 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
- Griffith, J., Schiff, K., Lyon, G. y J. Fuhrman. 2010. Microbiological water quality at nonhuman influenced reference beaches in southern California during wet weather. *Marine Pollution Bulletin* 60: 500-508.
- IGAC. 1990. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. IGAC. Bogotá. 499 p.
- INVEMAR y Bathymetric Solutions S.A.S. 2015. Informe técnico de levantamiento batimétrico bahía de Buenaventura – Pacífico Colombiano. Cartagena, 31p.
- 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. 2018. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Bayona-Arenas, M. y Garcés-Ordóñez, O. (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 2017. Serie de Publicaciones Periódicas No. 4 del INVEMAR, Santa Marta. 336 p.+ anexos.
- INVEMAR. 2019. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2018. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 200 p.
- INVEMAR. 2019a. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Luisa F. Espinosa y Ostin 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.

- 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.
- Massoud, M., F. Al-Abdali and A. Al-Ghadban. 1998. The status of oil pollution in the Arabian Gulf by the end of 1993. *Environment International*. 24(1/2): 11-22. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(97\)00117-7](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(97)00117-7)
- MinAmbiente. 2015. Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015. Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, 653 p.
- OMS. 2003. Directrices para ambientes de aguas recreativas seguras. Costa y aguas frescas. Organización Mundial de la Salud, Vol. 1. Ginebra. 219 p.
- Pierini, J.O. y A.A Rodríguez Leguizamón. 2014. Caracterización oceanográfica de la bahía de Solano. *Boletín Científico del CIOH*. 32:223-256.
- 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.
- 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., R. Escobar y M. Tasic. 2018. Fluvial fluxes from the Magdalena River into Cartagena Bay, Caribbean Colombia: Trends, future scenarios, and connections with upstream human impacts. *Geomorphology*. 302: 92-105. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.11.007>.
- Ricaurte-Villota, C. y M.L. Bastidas Salamanca (Eds.). 2017. Regionalización oceanográfica: una visión dinámica del Caribe. Serie de Publicaciones Especiales No. 14 de INVEMAR, Santa Marta, Colombia. 180 p.
- Troncoso, W., L. Vivas, J. Sánchez, S. Narváez, L. Echeverry y J. Parra. 2009. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Informe técnico REDCAM 2009. INVEMAR, Santa Marta. 185 p.
- 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.
- Vivas-Aguas, L. J. y S.M. Navarrete-Ramírez. 2014a. Protocolo Indicador Calidad de Agua (ICAM_{PFF}). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). INVEMAR, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Invenmar 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.
- 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.