



invemar

Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico Colombiano 2010

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

REDCAM



Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
José Benito Vives De Andrés
Vinculado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Santa Marta, 2010

Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico Colombiano

2010

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



REDCAM

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
José Benito Vives De Andrés
Vinculado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Santa Marta, 2010

Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico Colombiano

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

INFORME TÉCNICO 2010 REDCAM

DIRECTIVOS INVEMAR

FRANCISCO ARMANDO ARIAS ISAZA
Director General

JESÚS ANTONIO GARAY TINOCO
Subdirector Coordinación de Investigaciones

CARLOS PINILLA GONZALEZ
Subdirector Recursos y Apoyo a la Investigación

DAVID ALONSO CARVAJAL
Coordinador Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

LUISA FERNANDA ESPINOSA DÍAZ
Coordinadora Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

MARIO ENRIQUE RUEDA HERNÁNDEZ
Coordinador Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos (VAR)

PAULA CRISTINA SIERRA CORREA
Coordinadora Programa Investigación para la Gestión Marina y Costera (GEZ)

GEORGINA GUZMÁN OSPITIA
Coordinadora Programa Geociencias Marinas Y Costeras (GEO)

EQUIPO TÉCNICO Y CIENTÍFICO INVEMAR

MARKO TOSIC
Jefe Proyecto y Físicoquímicos

JULIÁN MAURICIO BETANCOURT
Coordinador Laboratorios Hidrocarburos y Plaguicidas

LIZBETH JANET VIVAS AGUAS
Fuentes de Contaminación Sistema de Gestión de Información REDCAM

SILVIA NARVÁEZ, PAOLA BAUTISTA y JOSÉ SÁNCHEZ
Microbiología

BETTY CADAVID y JOSÉ SÁNCHEZ
Físicoquímicos

JUAN PABLO PARRA
Metales pesados

LUIS ADRIAN ECHEVERRY, OSMAN ARAGÓN, HALBIN SERRANO, DEIVIS FLOREZ, ENNEL NAVARRO, ANDERSON HOYOS, JOSÉ VIDES
Laboratorio de Calidad Ambiental Marina

LEONARDO ARIAS ALEMÁN
Laboratorio de Sistemas de Información LABSIS

LUISA F. ESPINOSA y JESÚS A. GARAY TINOCO
Asesores

COMPILACIÓN Y EDICIÓN GENERAL

Lizbeth Janet Vivas-Aguas, Marko Tosic, Silvia Narváez y José G. Sánchez

APOYO EN COMPILACIÓN Y EDICIÓN CARs

Luz Marina Prieto, Luisa M. Baena, Jairo G. Vásquez y Tomás Guerrero,

NODOS, ENTIDADES PARTICIPANTES Y COLABORADORES

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Jorge Augusto Acosta Rivera
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Chocó - CODECHOCO
Bladimir Perea Mena, Luz Mabel Murillo Y Arnold Rincón
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC
Luisa M. Baena y Miguel Angel Quintero
Corporación Autónoma Regional del Cauca - CRC
Luz Marina Prieto y Mauricio Vidal
Corporación Autónoma Regional de Nariño - CORPONARIÑO
Marcela Caviades y Javier H. López
Corporación Autónoma Regional de la Guajira - CORPOGUAJIRA
Jaiker Gómez y Leanis Pitre Ruiz
Corporación Autónoma Regional del Magdalena - CORPAMAG
Ismael Acosta Morales
Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA
Yiniva Camargo
Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique - CARDIQUE
Ildefonso Castro y Alexander Estrada
Corporación Autónoma Regional de Sucre - CARSUCRE
Tulio Rafael Ruiz Álvarez
Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge - CVS
Lina María García
Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá - CORPOURABA
Jairo Guillermo Vázquez, Lucas Pérez y Daniel Flórez Alvarado
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - CORALINA
Patricia Abdul-Azis, Guilleann Taylor y Shelly Palmer
Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico - IIAP
Lady Palacios
Establecimiento Público Ambiental de Cartagena - EPA Cartagena
Andrés Blanco

ESTUDIANTES

Angélica Garrido Galindo, Yarseylis Salas Ramírez, Marynés Quintero De la Hoz, Max Martínez Campo, Diana Patricia Vidal y Nayris Lucía Atencio.



Cítese como:

Vivas-Aguas, L., M. Tosic, J. Sánchez, S. Narváez, B. Cadavid, P. Bautista, J. Betancourt, J. Parra, L. Echeverri y L. Espinosa. 2010. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia-REDCAM. Informe técnico 2010. INVEMAR. Santa Marta, 208 p.



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	1
INTRODUCCIÓN	3
GENERALIDADES	5
1. ÁREA DE ESTUDIO	7
2. METODOLOGÍA	8
2.1 FASE DE CAMPO Y LABORATORIO	6
2.2 ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN: BASE DE DATOS Y CARTOGRAFÍA.....	6
2.3 CURSO DE CAPACITACIÓN	9
3. DIAGNÓSTICO NACIONAL	15
4. DIAGNÓSTICO REGIONAL COSTA CARIBE	29
4.1 FUENTES TERRESTRES DE CONTAMINACIÓN DEL CARIBE	35
4.1.1 CASO ESTUDIO URABÁ ANTIOQUEÑO	35
Diagnostico Departamentos del Caribe	43
4.2 SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA.....	45
4.3 LA GUAJIRA	57
4.4 MAGDALENA.....	65
4.5 ATLÁNTICO	77
4.6 BOLIVAR	89
4.7 SUCRE.....	101
4.8 CÓRDOBA	113
4.9 ANTIOQUIA	123
5. DIAGNÓSTICO REGIONAL COSTA PACÍFICA	137
5.1 FUENTES TERRESTRES DE CONTAMINACIÓN	142
5.1.1 CASO ESTUDIO ZONA COSTERA DE CAUCA	142
Diagnostico Departamentos del Pacífico	155
5.2 CHOCÓ.....	157
5.3 VALLE DEL CAUCA	167
5.4 CAUCA.....	177
5.5 NARIÑO	189
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	199

RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta los resultados del análisis de la calidad de las aguas marino-costeras de Colombia, en la época lluviosa de 2009 y la seca de 2010, en el marco de la REDCAM. La información aquí contenida, sirve como un sistema de alerta para el país en la identificación de riesgos potenciales de contaminación al medio ambiente marino-costero. El diagnóstico muestra que algunos contaminantes superan los límites recomendados para la salud humana y la conservación de ecosistemas marinos, especialmente los parámetros de calidad microbiológica en las playas turísticas, altos niveles de nutrientes en las áreas coralinas y concentraciones de plaguicidas.

En el momento del monitoreo, varias playas turísticas no fueron adecuadas para las actividades de contacto primario según la legislación colombiana. Este deterioro puede causar riesgo a la salud humana y afectar los beneficios económicos, culturales y sociales de las poblaciones circundantes. Teniendo en cuenta la calidad por departamento, se encontró que en el Magdalena el 11% de las playas no fueron aptas para actividades recreativas, en Bolívar el 18%, en Atlántico el 25% y en la Guajira el 33%. En los departamentos de Córdoba (50%), Nariño (50%), Sucre (56%), Antioquía (58%) y Valle de Cauca (89%) se encontraron los mayores porcentajes de playas no aptas para actividades turísticas. La principal causa del deterioro es el aporte de materia orgánica de origen fecal a la zona costera, debido principalmente al bajo nivel de tratamiento de las aguas residuales, y a la escorrentía desde las zonas agrícolas y ganaderas cercanas a la costa.

En su mayoría los asentamientos costeros no alcanzan en promedio el 30% en cobertura de alcantarillado y son muy pocos los municipios que tienen sistemas de tratamiento de aguas residuales, como Santa Marta, Cartagena y San Andrés que cuentan con tratamiento básico (emisarios para la dilución de las aguas servidas); y Barranquilla, Arboletes, Necoclí, Turbo y San Juan de Urabá que utilizan tratamiento secundario para la eliminación de contaminantes microbiológicos. Adicionalmente, las aguas residuales sin tratamiento que son vertidas en la zona costera representan un riesgo para la salud humana y la conservación de los ecosistemas marinos, debido a las altas concentraciones de sólidos y nutrientes aportados y los bajos niveles de oxígeno disuelto, que en las zonas más afectadas están por debajo del límite permisible, producto de los aportes excesivos de materia orgánica.

La penetración de la luz en la columna de agua disminuye por los altos aportes de sedimentos y nutrientes (nitrógeno y fósforo) que llegan al mar. Al aumentar la carga de nutrientes, incrementa la actividad fitoplanctónica aumentando la turbidez y limitando la capacidad de fotosíntesis de las algas asociadas a los corales que forman la base alimentaria de sus ecosistemas costeros. Altas concentraciones de nutrientes pueden perturbar además sus rendimientos fisiológicos y reproductivos también, porque se afecta la relación de simbiosis con las algas asociadas. Los resultados del diagnóstico muestran concentraciones altas de sólidos suspendidos totales (SST) y nutrientes en algunas áreas protegidas del país, como las Islas del Rosario (Bolívar) donde las concentraciones de nitrógeno fueron entre 2-200 veces por encima de los valores de referencia reportados por varios estudios del Caribe en arrecifes impactados por florecimientos de macroalgas bénticas. Igualmente en las áreas coralinas de San Andrés y Providencia, las concentraciones de nutrientes sobrepasaron dichas referencias y los límites permisibles del Gobierno de Barbados para la conservación de corales entre 5-10 veces en nitrógeno y entre 10-100 veces en fosforo. Estas concentraciones parecen altas considerando su ubicación oceánica, lejos de los aportes continentales y han incrementado durante los últimos 10 años según datos históricos. Estos resultados sugieren que dentro de la gestión de estas áreas marinas protegidas, es necesario diseñar medidas de control de los aportes de sedimentos y nutrientes a las áreas coralinas de Colombia.

En general, las concentraciones más altas de sedimentos y nutrientes se registraron en las aguas costeras de los departamentos de Bolívar, Atlántico, y Antioquia, debido a las grandes cargas que aportan desde

sus áreas urbanas el Río Magdalena y su brazo el Canal del Dique y varios ríos del Golfo de Urabá. Otra fuente principal de nutrientes y sedimentos son los aportados por la actividad agrícola que se encuentra en su gran mayoría en el Caribe sur-oeste y que pueden ser llevados al mar por el lavado de suelos. Cabe destacar, que las concentraciones más elevadas de nitrógeno se encontraron en Valle de Cauca, corroborando el resultado microbiológico que implica contaminación por aguas residuales domésticas y las mayores concentraciones de fósforo se encontraron en San Andrés y Providencia.

Además de los aportes de nutrientes, desde las zonas agrícolas pueden escurrir plaguicidas. La presencia de estas sustancias en la zona costera se convierte en otro problema para la conservación del medio ambiente y los recursos de aguas costeras. El proyecto REDCAM ha monitoreado los organoclorados, un tipo de plaguicida que ha sido prohibido en Colombia y otros compuestos de uso actual como los organofosfados. Sin embargo, a pesar de su prohibición, los organoclorados todavía son detectados en niveles perjudiciales en varias estaciones de Chocó en el Pacífico y en los departamentos del Caribe continental, con excepción de Sucre. La presencia de estos compuestos organoclorados, posiblemente se deba a su característica de persistencia en el medio ambiente, o quizás todavía se sigan aplicando de forma ilegal. Entre los compuestos de plaguicidas de uso actual, se detectó unos niveles perjudiciales de Clorpirifos en la Guajira, Bolívar, Antioquia y San Andrés y Providencia, y de Metil Paration en la Guajira y Atlántico. Del fungicida aromático Clorotalonil se detectaron concentraciones relativamente altas en Urabá y Guajira, sin embargo no superaron los valores de referencia para efectos crónicos de la EPA.

En el caso de los hidrocarburos, solo se encontraron concentraciones superiores al valor de referencia en algunas estaciones de los departamentos de Antioquia, Atlántico, Sucre, y Córdoba, y valores cercanos al límite en Nariño. Aunque el monitoreo mostró concentraciones inferiores al valor de referencia y una tendencia decreciente en el tiempo, los resultados corroboran que efectivamente la contaminación por hidrocarburos es antropogénica y proviene tanto de los afluentes de la zona y de asentamientos humanos como también del tráfico marítimo y los actividades petroleras. Estos resultados puntuales evidencian que no es un problema ampliamente distribuido, pero igual es un alerta para buscar estrategias de mitigación de los impactos o riesgos potenciales de las actividades asociadas a estos residuos.

Los metales pesados cromo, cadmio y plomo se encontraron en gran parte de las estaciones por debajo de los límites de detección de la técnica analítica. En aquellas estaciones donde fueron detectables, generalmente las concentraciones estuvieron por debajo de los valores de referencias de las legislaciones de EEUU y Chile. Sin embargo, en algunas estaciones de la Bahía de Cartagena, persisten los problemas de contaminación por los metales estudiados, como consecuencia de la influencia de diversas actividades industriales y económicas que se llevan a cabo en la zona, dando como resultado valores de cromo y plomo hasta tres veces por encima de los valores de referencia utilizados. El análisis histórico muestra que en el Caribe hay una tendencia temporal decreciente; en tanto que en el Pacífico, específicamente en el Cauca y Chocó, se ha observado un leve incremento de la concentración de estos metales. Aunque las concentraciones son relativamente bajas con referencia a las normas internacionales, su persistencia en el medio puede incrementar su biodisponibilidad en los ecosistemas adyacentes y repercutir negativamente en la calidad de las aguas costeras de estos departamentos.

La utilización de indicadores teóricos para integrar todos los parámetros y generalizar el estado de calidad de aguas indica que las áreas que presentan mayores problemas se encuentran a lo largo de la costa Caribe sur-oeste, entre Bolívar y Antioquia. Sin embargo, en este informe se determinó que todas las costas colombianas tienen sus problemas particulares de contaminación, destacando la necesidad de continuar con el monitoreo de la calidad de agua marino costera, las fuentes de contaminación y la implementación del sistema nacional para el manejo del recurso hídrico, que redundará en el manejo sostenible y desarrollo de las zonas costeras.

INTRODUCCIÓN

La gestión integral del recurso hídrico – GIRH - es un concepto basado en la idea de que los diferentes usos del recurso son excluyentes e interdependientes y surgió como respuesta a la “*crisis del agua*” expresada en la presión insostenible sobre el recurso hídrico, debida a la creciente demanda del agua, la contaminación y el crecimiento demográfico (MAVDT, 2010). Por ello la GIRH busca orientar el desarrollo de políticas públicas para Colombia en materia de recursos hídricos, a través de una conciliación entre el desarrollo económico, social y la protección de los ecosistemas.

El presente documento contiene el diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras de los litorales Caribe y Pacífico de Colombia entre el período lluvioso de 2009 y el período seco de 2010, atendiendo a los compromisos internacionales y las metas de país que se canalizan en: i) los lineamientos del Programa Nacional Para la Investigación, Prevención, Reducción y Control de Fuentes Terrestres y Marinas de Contaminación al Mar - PNICM, el cual tiene por objetivo "proporcionar un ambiente marino y costero sano para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población costera"; ii) la Política Nacional para la Gestión Integral de Recurso Hídrico (PNGIRH) que establece los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégicas para el manejo del recurso hídrico en el país, durante los próximos 12 años; y iii) el Sistema de Información del Recurso Hídrico - SIRH, donde la REDCAM como un elemento fundamental del Sistema Nacional de Información – SINA, es soporte del Sistema de Información Ambiental para Colombia – SIAC y parte integral del Sistema de Información del Recurso Hídrico Marino (Decreto 1323/2007).

Todos estos instrumentos de política apuntan a realizar una gestión ambiental que promueva el Desarrollo Sostenible, mediante la prevención y control de la degradación ambiental. En este sentido, la Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras - REDCAM, través del seguimiento permanente de la calidad de los ecosistemas marinos y costeros responde al objetivo de *Evaluar los efectos de actividades humanas sobre los ecosistemas marinos y costeros, con miras a disponer en forma permanente de un diagnóstico actualizado de las condiciones ambientales*. Este sistema inició hace 10 años, bajo el liderazgo del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, y se ha sostenido con recursos provenientes del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), pero para su ejecución ha contado con el apoyo logístico y en algunos casos financiero de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible de los doce departamentos costeros, algunos Departamentos Administrativos del Medio Ambiente y otros Institutos de Investigación que actúan como nodos del sistema REDCAM.

El informe diagnóstico 2010 contiene el análisis de los resultados del monitoreo de las cerca de 350 estaciones de muestreo ubicadas en las zonas marino costeras de los doce departamentos costeros del país. En éste informe se analizan los eventos naturales y la influencia antropogénica que afectan la zona costera, con una descripción espacial y temporal del comportamiento de variables fisicoquímicas, microbiológicas y contaminantes (hidrocarburos del petróleo, plaguicidas organoclorados y metales pesados). El análisis se hace en un contexto nacional, regional y departamental. Se muestra la actualización de las fuentes terrestres de contaminación con los aportes en términos de carga contaminante de los principales tributarios de las cuencas bajas que desembocan en el mar Caribe y océano Pacífico y los casos de estudio en la zona costeras de los departamentos de Antioquia y Cauca. Además, se hace un análisis integral de las variables a partir de la estimación del Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras (ICAM), que si bien es una herramienta que está en evaluación, sirve para cuantificar el estado de conservación o deterioro del agua marino-costera, de acuerdo al uso, bien sea para preservación de flora y fauna ó para actividades recreativas, náuticas y de pesca.

Generalidades



Siembra en Superficie



Cultivos bacterianos en Laboratorio de Microbiología

GENERALIDADES

1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La REDCAM realiza los monitoreos de aguas en las franjas costeras de los litorales colombianos. La región Caribe conformada administrativamente por los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Sucre, Bolívar, Córdoba, Antioquia, Chocó y el archipiélago de San Andrés, Providencia, Santa Catalina, con un área terrestre aproximada de 194513 km² y una longitud de línea de costa de 1642 km en la parte continental y con una línea de costa de 52 km aproximadamente y 62 km² de área insular ([INGEOMINAS, 1998](#)). La región Pacífica continental tiene una longitud de línea de costa de 1300 km y un área terrestre de 131246 km² conformada por los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño; incluye además las islas oceánicas de Malpelo y Gorgona ([INVEMAR, 2010](#)). Para el 2010 el muestreo se realizó en 357 estaciones distribuidas en 236 sitios en el Caribe y 121 en el Pacífico; sitios de interés y representativos en la zona costera de cada departamento, los cuales incluyen estuarios, ciénagas, playas y la cuenca baja de los principales ríos de los 12 departamentos costeros del país (Figura 2.1.1).

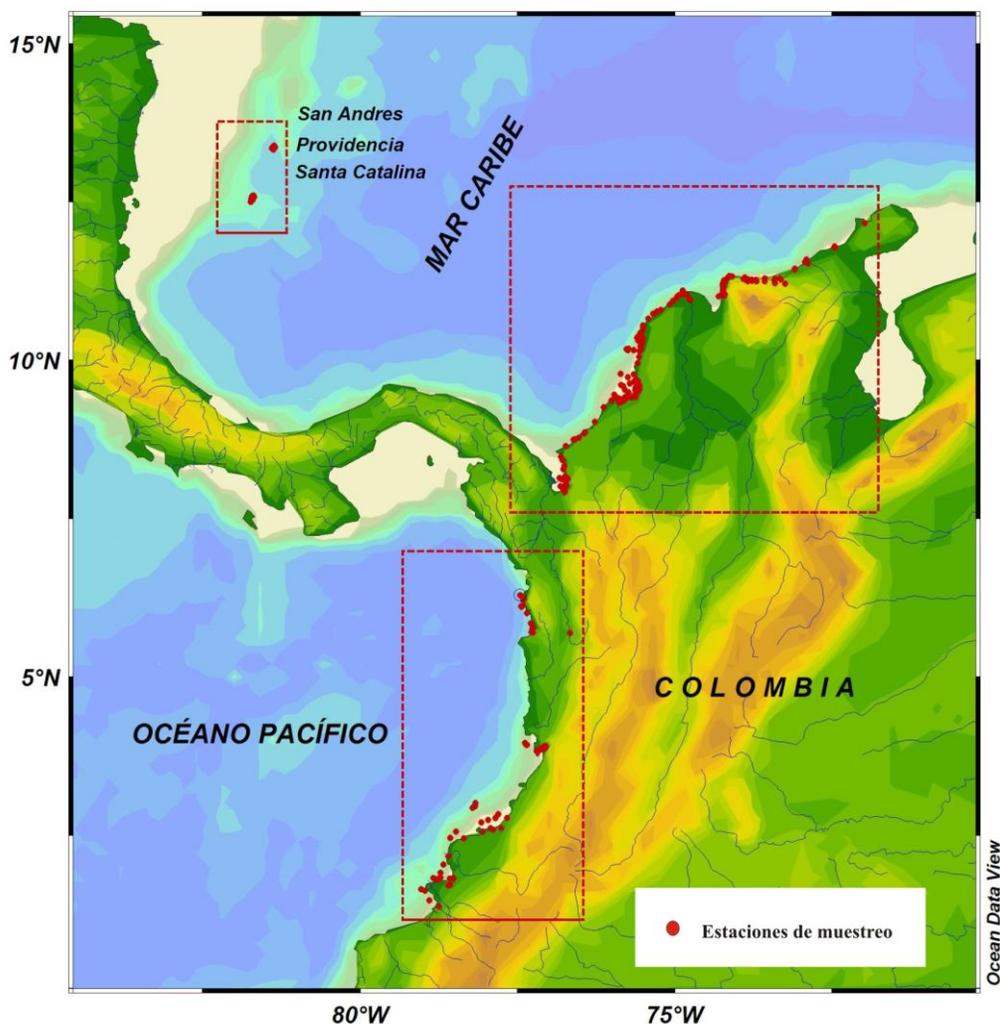


Figura 2.1.1. Estaciones de muestreo de la REDCAM en las zonas costeras de Colombia.

2 METODOLOGÍA

2.1 FASE DE CAMPO Y LABORATORIO

En el año 2010 el monitoreo se realizó en dos campañas semestrales, una en época seca (febrero a junio) y otra en temporada de lluvias (agosto a noviembre) con salidas de campo para la medición de variables *in situ* y la recolección de muestras de agua para el análisis en laboratorio. Las salidas de campo se realizaron de forma coordinada entre las corporaciones costeras y el INVEMAR, de acuerdo al área de su jurisdicción. En las áreas de San Andrés, Bolívar, Antioquia y Valle del Cauca, son las corporaciones quienes de forma autónoma hacen el muestreo. Los análisis de laboratorio se realizaron en los laboratorios de Calidad Ambiental Marina de INVEMAR, CORALINA, CVC, CARDIQUE y CORPOURABÁ que poseen la logística equipos y profesionales especializados para analizar este tipo de muestras ambientales.

In situ se midieron los parámetros fisicoquímicos y se recolectaron muestras para el análisis de nutrientes, metales pesados, contaminantes orgánicos y microbiológicos (Tabla 2.1-1), de acuerdo a las metodologías estandarizadas que se describen en el Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos ([Garay et al., 2003a](#)), que incluye técnicas y procedimientos referenciados en el libro “*Métodos de Referencia Estándar*”, los manuales de referencia de la UNESCO, Standard Métodos y el manual de Strickland y Parsons (1968), utilizados internacionalmente ya que sus conceptos técnicos aun se mantienen vigentes.

Tabla 2.1-1. Listado de las variables monitoreadas, métodos de análisis y unidades de medida en la REDCAM

Tipo Variable	Nombre Variable	Método	Unidades medida
Fisicoquímicas	Salinidad	Electrométrico	‰
	Conductividad	Electrométrico	mS/cm
	pH	Potenciométrico	Unidad
	Oxígeno disuelto	Membrana permeable	mg/l
	% Saturación de Oxígeno		%
	Temperatura	Electrométrico	°C
	Transparencia secchi	Disco Secchi	m
	Sólidos Suspendedos Totales	Gravimetría	mg/l
	Amonio	Colorimetría	µg/l
	Nitritos		µg/l
	Nitratos		µg/l
	Fosfatos		µg/l
Silicio	µg/l		
Plaguicidas	Hexaclorociclohexano total	Cromatografía de gases	ng/l
	Aldrín		ng/l
	Heptacloro		ng/l
	Organoclorados totales		ng/l
	Sumatoria de los DDT y sus metabolitos		ng/l
Hidrocarburos	Hidrocarburos totales	Fluorometría	µg/l
	Hidrocarburos aromáticos disueltos y dispersos		µg/l
Metales Traza	Cadmio	Espectrometría de absorción atómica con horno de grafito (EAA)	µg/l
	Cromo		µg/l
	Plomo		µg/l
Microbiológicos	Coliformes fecales	Número más probable	NMP/100 ml
	Coliformes totales		NMP/100 ml
	Enterococos fecales	Filtración por membrana	UFC/ 100

2.1.1 Indicadores de contaminación microbiológica

La norma colombiana ([MinSalud, 1984](#)) señala que la manera de medir condiciones de contaminación microbiana, es mediante los indicadores de contaminación fecal “*Coliformes fecales o termotolerantes*”, pero de igual manera se utilizan los valores guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003) para “*Enterococos*”, que se han ampliamente usados como grupos de elección para determinar la calidad microbiológica de estas masas de agua.

La determinación de Coliformes totales y fecales, sigue el método del recuento indirecto por tubos múltiples de fermentación expresado en el Número Más Probable (NMP) en 100 mililitros de agua siguiendo las recomendaciones de los métodos estándar ([APHA/AWWA/ WEF, 2005](#)) y la norma establecida para las aguas colombianas, que establece niveles permisibles para la destinación del recurso hídrico con fines recreativos mediante contacto primario (p.e. la natación y el buceo), y contacto secundario (p.e. deportes náuticos y la pesca). El decreto 1594 de 1984 establece para contacto primario un máximo de 200 NMP/100 ml Coliformes termotolerantes y 1000 NMP/100 ml Coliformes totales; y en el caso de contacto secundario un máximo de 5000 NMP/100 ml Coliformes totales

Para el análisis de los *enterococos*, se han empleado las guías de la Organización Mundial de la salud, las cuales no establecen límites obligatorios, sino medidas de seguridad para un ambiente de aguas recreativas seguras, basados en múltiples estudios epidemiológicos y evaluaciones de riesgo de contraer enfermedad en dependencia del tipo de exposición, directa o indirecta (Tabla 2.1-2; [OMS, 2003](#)).

Tabla 2.1-2. Valores guía de enterococos fecales (IC 95%) para la calidad microbiológica de aguas marinas recreativas de acuerdo a la OMS (2003). EGI: Enfermedad Gastrointestinal; ERFA: Enfermedad Respiratoria Febril Aguda.

Categoría	Concentración de enterococos fecales	Riesgo estimado por exposición
A	≤40 UFC/100 mL	<1% de contraer EGI. <0,3% de contraer ERFA.
B	41–200 UFC/100 mL	1–5% de EGI. 0.3 a 1,9% de ERFA.
C	201–500 UFC/100 mL	5–10% de EGI. 1,9–3,9% de ERFA.
D	>500 UFC/100 mL	>10% de EGI. >3,9% de ERFA

Las categorías usadas: A – D están definidas de acuerdo al percentil 95; corresponden a la calidad microbiológica del agua marina, según la probabilidad de riesgo de contagio y a la concentración de enterococos.

El riesgo de exposición está determinado en relación a un grupo de no bañistas.

Los valores derivan de bañistas adultos sanos expuestos a aguas marinas con la temperatura del agua del norte de Europa.

2.1.2 Residuos de Plaguicidas

Para los análisis de plaguicidas organoclorados y algunos de uso actual se siguió la metodología descrita en la Guía para el muestreo, preparación y análisis de contaminantes orgánicos en muestras ambientales: agua, suelos/sedimentos y biota del [PNUMA \(2008\)](#). El procedimiento consiste en la extracción de la muestra con diclorometano, una vez ajustado el pH y adicionado los estándares de recuperación. Los extractos orgánicos se concentran en rotavapor a ≈10 mL y se purifican en una columna de sílica-gel/alúmina utilizando 250 mL de diclorometano:hexano. La cuantificación fue realizada en un

cromatógrafo de gases asociado a un detector de espectrometría de masas (Shimadzu QP-2010S) operando en el modo SIM; con un sistema de inyección “split/splitless”, el programa de temperatura en el horno fue de: 60°C (1 minuto) a 12°C min⁻¹ hasta 150°C (0 minuto), 7°C min⁻¹ 230°C (3 minuto); 5°C min⁻¹ a 300°C(4 minuto).. Las condiciones de trabajo para el Cromatógrafo, se pueden leer en la Tabla 2.1-3.

Los métodos analíticos estuvieron sujetos a procedimientos de control de calidad, en cada lote de análisis se incluyeron muestras de referencia (en el caso de organoclorados), blancos de reactivos y una serie de muestras fortificadas con cantidades conocidas de los analitos.

Tabla 2.1-3 Condiciones cromatográficas para el análisis de compuestos organoclorados

ÍTEM	CONDICIONES
Tipo de Columna	Capilar ZB-5 30 m X 0.25 mm x 0.25 µm
Tipo de inyección	split/Splitless
Temperatura del inyector:	275 °C
Temperatura del detector:	300 °C
Flujo del gas de arrastre:	5.0-1.0 ml/min

2.1.3 Hidrocarburos Disueltos y Dispersos

Las muestras de agua son tratadas, siguiendo los lineamientos establecidos en el manual de técnicas analíticas del INVEMAR ([Garay et al., 2003a](#)). El procedimiento establece realizar dos extracciones (Líquido – líquido) sucesivas con n-hexano y se hace una separación posterior de la fase orgánica. El extracto obtenido es limpiado con Sílica gel, para eliminar interferencias y grasas.

Los hidrocarburos aromáticos totales (HAT) se miden según la técnica fluorométrica, empleando un Espectrofluorómetro Shimadzu RF-5301 PC. Los resultados se cuantifican con base a una curva de calibración externa generada a partir de soluciones estándar de criseno; las lecturas se realizan en las siguientes longitudes de onda: excitación de 310 nm y de emisión de 360 nm.

2.1.4 Metales traza

Para el análisis de metales pesados en aguas se aplicaron los procedimientos descritos en “Manual de Técnicas Analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos” ([Garay et al., 2003a](#)). Cada muestra de agua se trató con APDC (Amonio pirrolidin ditiocarbamato) y MIBK (Metilisobutil cetona) para extracción selectiva de los metales, seguido de re-extracción en fase acida con HNO₃ 4N. El extracto acuoso resultante, se transfirió a un balón volumétrico de 25 ml, aforando con solución de HNO₃ 4N. La cuantificación de agua se realizó mediante la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica con llama, en un equipo marca Shimadzu, AA 6300.

2.2 ACTUALIZACION DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN: BASE DE DATOS Y CARTOGRAFÍA.

Los resultados obtenidos del muestreo y de los análisis de laboratorio en 2010 se ingresaron al sistema de Gestión de información, que se encarga de mantener integrados, actualizados, organizados y centralizados los datos del monitoreo de calidad del recurso hídrico marino de Colombia, acopiando toda la información de las instituciones miembro (nodos) de la REDCAM en el nodo central ubicado en el INVEMAR

El proceso de gestión de información incluye la revisión, estandarización, almacenamiento y la representación de los datos mediante tablas básicas, gráficos de tendencia, cartografía temática base nacional y departamental disponible en internet a través del portal del Sistema de Información Ambiental Marino – SIAM (www.inveamar.org.co; Figura 2.2.1).



Figura 2.2.1. Consultas de datos e información marina y costera, link donde se encuentran los productos de la Red de Vigilancia de la Calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM

Se puede ingresar por la página principal de INVEAMAR al link derecho Datos e Información marina y costera, al Servicio Monitoreo de los ambientes marinos, luego en el enlace REDCAM - Red de monitoreo de la Calidad Ambiental Marina, se tiene acceso a los Datos, Estadísticas y Cartografía dinámica en línea (Figura 2.2.2 y Figura 2.2.3; [INVEAMAR. 2010](http://INVEAMAR.2010)).



Figura 2.2.2. Consultas directas al Sistema de monitoreo de la Red de Vigilancia de la Calidad Marina en el SIAM. www.inveamar.org.co/siam

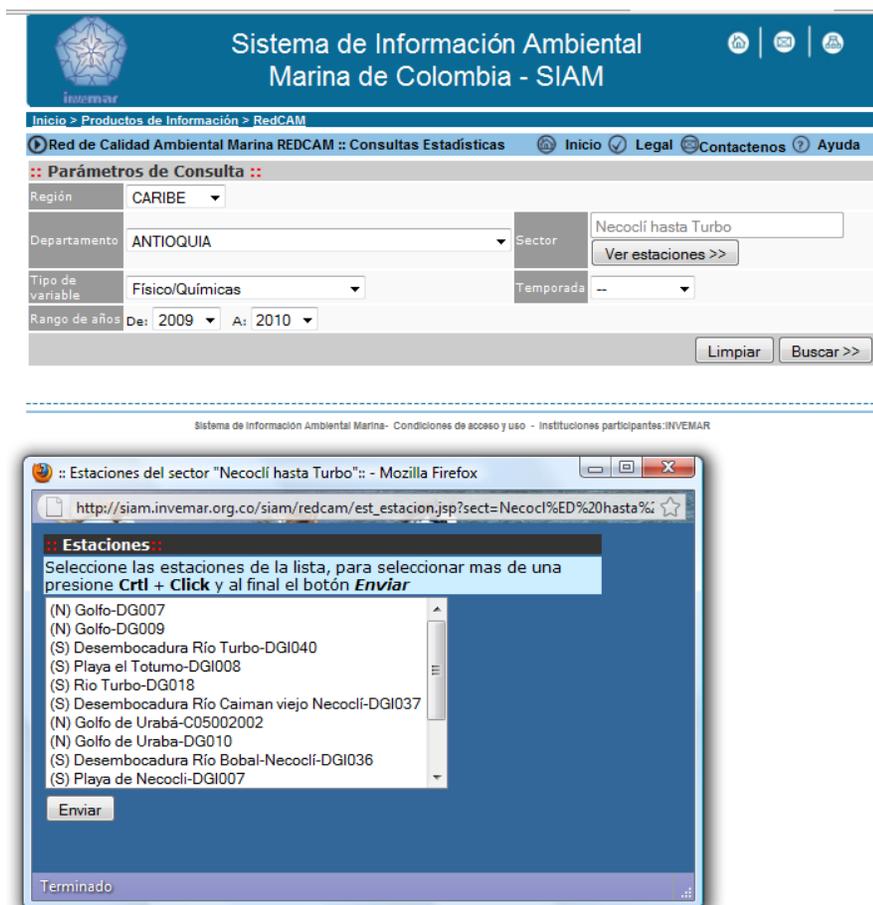


Figura 2.2.3. Consulta de datos y estadísticas en el Sistema de la Red Calidad Ambiental Marina – REDCAM.

En el 2010 se realizaron diferentes actualizaciones y mejoras al portal de cartografía dinámica, se actualizó el Geoservicio haciendo la herramienta más amigable al usuario, ofreciendo varias opciones de consulta, como el listado de las estaciones de muestreo, variables, estadísticas básicas y cartografía dinámica en línea que proporciona información sobre la calidad sanitaria de las playas y calidad de aguas marinas y costeras de Colombia (Figura 2.2.4). Anexo a la actualización del geoservicio, y como resultado a los tres talleres internos realizados con los investigadores del programa Calidad Ambiental Marina - CAM en INVEMAR, se modificaron los rangos para la representación de cada variable en la cartografía y en los gráficos de tendencia.

El sistema de información de la REDCAM en la actualidad (diciembre 2010) contiene 222684 registros de 101 variables reportadas en 13198 conjuntos de muestras correspondientes a 10 años de monitoreo de la REDCAM y de datos históricos en las 999 estaciones que tiene la base de datos recopilados en los 12 departamentos costeros del Caribe y Pacífico (Tabla 2.2-1). De acuerdo al crecimiento de la base de datos, el sistema está conformado por 79.7% variables fisicoquímicas, 11.5 % microbiológicas, 4.3% plaguicidas organoclorados, 3.3% metales pesados y el 1.2% por hidrocarburos del petróleo.



Figura 2.2.4. Actualización del Geoservicio para la visualización de mapas en la página Web de REDCAM

Tabla 2.2-1. Crecimiento del Sistema de información de la REDCAM durante 10 años

Año de operación	Estaciones de muestreo	Muestras analizadas	Registros almacenados	Total Variables
2001	276	361	4515	42
2002	412	1376	18114	53
2003	779	5164	109230	56
2004	826	5974	122590	56
2005	826	6860	137042	57
2006	976	8595	164173	57
2007	976	9229	173734	57
2008	981	10324	191230	57
2009	981	11282	208975	57
2010	999	13198	222684	101

2.3 CURSO DE CAPACITACIÓN

Entre los días 22 y 24 de Septiembre de 2010 se llevó a cabo el curso-taller " Técnicas Analíticas para la detección de Microorganismos Indicadores en Aguas Costeras", liderado por el Programa Calidad Ambiental Marina – CAM del INVEMAR. Este curso teórico -práctico, se desarrolló en las instalaciones del INVEMAR y contó con la participación de funcionarios de CARDIQUE, CARSUCRE, CORPOGUAJIRA, CRA, CORALINA, CODECHOCO, CVC, CORPOURABA, de las Universidades de La Guajira, Magdalena, Tecnológico COMFENALCO Cartagena, Jorge Tadeo Lozano, e investigadores del Laboratorio de Calidad Ambiental del INVEMAR (Figura 2.3.1).



Figura 2.3.1. Curso de entrenamiento sobre Técnicas Analíticas para la detección de Microorganismos Indicadores de contaminación en aguas costeras, desarrollado en los laboratorios de INVEMAR, Santa Marta.

El objetivo del Curso se orientó a socializar las técnicas analíticas para la determinación de microorganismos indicadores de contaminación (Coliformes y Enterococos) en aguas marino-costeras, con el fin de estandarizar los procedimientos empleados por los diferentes laboratorios participantes del monitoreo de la REDCAM.

En el desarrollo del taller se discutieron las capacidades de cada laboratorio y se entrenó personal de las Corporaciones que participan directamente en los análisis de laboratorio. Estos análisis son los empleados para el cumplimiento de los objetivos de la REDCAM, por lo tanto, se hizo énfasis en que su implementación y el uso de técnicas estandarizadas son fundamentales para la obtención de datos confiables y comparables en la red. En el caso de las CAR que en la actualidad no cuentan con la capacidad para estos análisis microbiológicos, se seguirá realizando el apoyo técnico por parte del INVEMAR. Adicionalmente el laboratorio de Carsucre puso a disposición de la REDCAM el nuevo equipo de centelleo líquido para mediciones de isotopos de hidrógeno y oxígeno para monitoreo de este tipo de variables con objetivos específicos que sirvan a metas del país relacionado con el recurso hídrico.

Diagnóstico Nacional



Salidas de campo, recolección de muestras y zonas costeras con algún deterioro de su calidad ambiental

3 DIAGNÓSTICO NACIONAL

Para hacer un adecuado diagnóstico de la calidad ambiental marina de las áreas costeras de Colombia, el país cuenta con la Red de Monitoreo REDCAM, que además de coleccionar la información primaria para establecer la calidad de las aguas marinas y costeras, recolecta información para identificar y caracterizar las fuentes terrestres de contaminación. Esta actividad inició en el año 2001, cuando se realizó el primer esfuerzo para consolidar un inventario nacional sobre fuentes terrestres de contaminación, contando con el aporte de cada una de las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible con jurisdicción en las zonas costeras. A partir del 2009 se viene realizando la actualización de esa información con mayor detalle y abordando la actividad de manera progresiva, realizando salidas de campo anuales en dos áreas de interés (una en el litoral Pacífico y otra en el Caribe). Para el año 2010, se escogieron los departamentos de Antioquia y Cauca como sitios de interés, información que se presenta en el presente informe técnico. Para el análisis, se determinaron los diversos usos de la zona costera y las actividades humanas relacionadas con el desarrollo económico y social de cada departamento (Tabla 2.3-1).

Tabla 2.3-1. Actividades humanas, usos de la zona costera, fuentes terrestres de contaminación y contaminantes que afectan la calidad del agua en el Caribe y Pacífico Colombiano. Fuentes de información: CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CIOH, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCO, CORPOURABÁ, CVC, CRC, CORPONARIÑO e INVEMAR.

Departamento	Fuentes, actividades humanas y tributarios	Residuos y contaminantes
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Dos asentamientos humanos costeros (San Andrés y Providencia), plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (ARD), relleno sanitario y botadero a cielo abierto, pozos sépticos, explotación de acuíferos, actividad hotelera y turística intensiva, residuos sólidos, escorrentía superficial, planta eléctrica, transporte y tráfico marítimo, puertos y muelles, manejo de hidrocarburos, actividad pecuaria de pequeña escala, estaciones de servicio, mantenimiento de automotores, pequeños arroyos en las microcuencas de McBean, Baley y Fresh Water, los cuales aumentan sus caudales durante la temporada de lluvias.	Materia orgánica, nutrientes, aceites lubricantes, detergentes, microorganismos, residuos sólidos y aguas residuales domésticas.
La Guajira	Cuatro asentamientos humanos costeros (Riohacha, Dibulla, Manaure y Uribia), residuos sólidos, ARD, minería intensiva explotación y transporte de carbón, puerto carbonero (Puerto Bolívar), agricultura, termoeléctrica, transporte marítimo, estaciones de servicio, matadero de vacunos, alcantarillado de Riohacha, ríos Ranchería, Jerez, Cañas, Palomino.	Materia orgánica, sólidos, agroquímicos, nutrientes microorganismos, residuos de carbón, aguas de sentinas, aceites y grasas, aguas térmicas hidrocarburos.
Magdalena	Cuatro asentamientos humanos costeros (Santa Marta, Ciénaga, Sitio Nuevo, Pueblo Viejo), actividad marítima y portuaria, transporte de carbón, transporte y manejo de hidrocarburos, agricultura (banano), actividad turística y hotelera, emisario submarino, relleno sanitario, ríos Manzanares, Gaira, Córdoba, Toribio, Buritaca, Don Diego, Guachaca, Piedras y Mendihuaca, además del sistema lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta.	Materia orgánica, residuos sólidos, aguas residuales municipales, residuos de carbón, hidrocarburos, aceites lubricantes, microorganismos, sólidos en suspensión y disueltos agroquímicos.
Atlántico	Cinco asentamientos humanos costeros (Barranquilla, Puerto Colombia, Juan de Acosta, Piojó, Tubará), plantas de tratamiento de ARD, puerto fluvial, y marítimo, alcantarillado, relleno sanitario, aguas residuales domésticas, zona industrial vía 40 (metalúrgicas, químicas, farmacéuticos, cementeras, curtiembres, agroquímicos, procesadoras de alimentos y bebidas, textiles, etc), zona Franca, El río Magdalena recoge más del 70% de los desechos del país, con un alto arrastre de sedimentos y sustancias contaminantes. Las ciénagas de Mallorquín, Balboa y del Totumo son los principales cuerpos de agua de la zona costera del departamento.	Materia orgánica, residuos sólidos, nutrientes, desechos industriales, hidrocarburos, microorganismos, aceites lubricantes, sólidos en suspensión y disueltos agroquímicos.

Departamento	Fuentes, actividades humanas y tributarios	Residuos y contaminantes
Bolívar	Dos asentamientos humanos costeros (Cartagena y Santa Catalina), plantas de tratamiento de ARD, emisarios de emergencia, relleno sanitario, sector industrial de Mamonal y zona comercial de El Bosque, actividad marítima y portuaria, refinería, manejo de hidrocarburos, aportes de Canal del Dique.	Residuos sólidos, aguas residuales municipales, materia orgánica, arrastre de sedimentos, hidrocarburos, residuos oleosos, aceites y grasas, metales pesados, microorganismos, desechos industriales.
Sucre	Tres asentamientos humanos costeros (Tolú, Coveñas y San Onofre), 3 rellenos sanitarios con licencia ambiental (en Sincelejo, Corozal y Tolviejo) y un relleno manual en Sincé, minería (Piedra Caliza en Tolviejo y Palmito), actividad agropecuaria (arroz; pastos, coco, ganadería), maderera, fuentes municipales (aguas residuales domésticas, residuos sólidos), industria pesquera, camaronerías, zocriaderos, actividad portuaria, terminal marítimo de Ecopetrol, muelle de Tolcemento, Zona de cargue de cemento y klinker, manejo y transporte de hidrocarburos, mataderos, estaciones de servicio. Aportes por corrientes naturales (Arroyos Pechelin, Villeros, Ciénaga la Caimanera, Caño Guainí, Zaragocilla, Guacamaya, Alegría.	Materia orgánica, sólidos en suspensión, agroquímicos, heces, residuos sólidos, aguas residuales, microorganismos, aguas de sentina, hidrocarburos, aceites y residuos oleosos, residuos de carbón, Klinker y yeso, metales pesados.
Córdoba	Cinco asentamientos humanos costeros (San Antero, San Bernardo del Viento, Moñitos, Puerto Escondido, Los Córdoba), pozos sépticos, basurero a cielo abierto, agricultura (arroz) y ganadería intensiva, distrito de riego de Moncarí y Montería, camaronerías, turismo, residuos sólidos, aguas residuales domésticas, aportes por el río Sinú.	Materia orgánica, agroquímicos, heces, residuos sólidos, aguas residuales, microorganismos, sedimentos, nutrientes.
Antioquia	Cuatro asentamientos humanos costeros (Arboletes, San Juan de Urabá, Turbo y Necoclí), lagunas de oxidación, Residuos sólidos, aguas residuales domésticas, actividad portuaria en Turbo, cultivo de banano, aportes por corrientes naturales (Río Atrato), minería de oro, aportes de los ríos Caimán, Turbo, León y Atrato.	Materia orgánica, nutrientes, agroquímicos, plaguicidas, sólidos suspendidos, microorganismos, hidrocarburos, mercurio, sedimentos, residuos líquidos y sólidos
Chocó	Siete asentamientos humanos costeros (Acandí, Ungía, Triganá y Capurganá en el Caribe; Juradó, Bahía Solano, Nuquí, Bajo Baudó, San Juan en el Pacífico), minería de oro, turismo, transporte de pequeñas embarcaciones, actividad portuaria de menor escala, turismo, industria maderera, estaciones de servicio, comercio de combustible, aportes de los ríos San Juan, Valle, Nuquí, Jella y la quebrada Chocotalá.	Microorganismos, materia orgánica, nutrientes, agroquímicos, hidrocarburos, aguas residuales domésticas, residuos sólidos, plaguicidas, aceites usados, alquitranes para la inmunización de la madera, mercurio.
Valle del Cauca	Un asentamiento humano costero (Buenaventura), botadero a cielo abierto, actividad marítima y portuaria intensiva, Muelle petrolero, manejo y transporte de hidrocarburos y derivados del petróleo, industria maderera, pesquera, lixiviados, alcantarillado, emisarios de emergencia, turismo en La Bocana, Juanchaco y Ladrilleros, aportes de los ríos Anchicayá, Potedó, Raposo, Dagua, pequeños cultivos de pancoger, chontaduro y coco (Dagua).	Microorganismos, materia orgánica, residuos sólidos, sólidos, nutrientes, aguas residuales domésticas, desechos del procesamiento de productos pesqueros, plaguicidas, hidrocarburos, metales pesados, residuos oleosos, aguas de sentinas y slops.
Cauca	Tres asentamientos costeros (López, Timbiquí y Guapi), fuentes municipales, sistema de saneamiento básico precario, minería de oro, agricultura, aserríos, cocoteras, trapiches artesanales, industria maderera, producción de harina de pescado, almacenamiento y expendio de combustible, aportes de los ríos Timbiquí, Bubuey, Micay, Saija, Guajui y Guapi.	Microorganismos, materia orgánica, residuos sólidos, lixiviados, sólidos suspendidos, metales, nutrientes, agroquímicos, pesticidas, aceites y grasas, residuos de madera, aserrín, bagazo de caña, sedimentos.
Nariño	Siete asentamientos humanos costeros (El Charco, La Tola, Mosquera, Olaya Herrera, Santa Bárbara, Francisco Pizarro, San Andrés de Tumaco), fuentes municipales, alcantarillado, sistema de saneamiento básico precario, minería, agricultura (palma aceitera, coco), ganadería, transformación madera, industria pesquera, mataderos, camaronerías, extracción de material de arrastre de ríos, actividad marítima y portuaria, transporte de petróleo, aportes de los ríos Mira, Mejicano, Chagui, Rosario, Mira, Iscuandé, Patía, Tapaje, Mataje y La Tola)	Residuos líquidos y sólidos, materia orgánica, aguas residuales (palma, camarones, productos pesqueros) estopa de coco, heces, sólidos en suspensión, microorganismos, nutrientes hidrocarburos, derivados de petróleo, aguas de sentinas, agroquímicos, plaguicidas, ,aceites y grasas, residuos de madera, aserrín.

En Colombia se han identificado las aguas residuales domésticas y municipales como la principal fuente terrestre de contaminación marina, quizás por el impacto directo que generan en la zona costera y en los ecosistemas marinos, ya que la mayor parte de los municipios realizan una disposición inadecuada y descargan las aguas servidas directamente sobre cuerpos de agua superficial, como esteros, quebradas o ríos, con escaso o nulo tratamiento (SSPD, 2009a). Esta problemática se ve generalizada en los asentamientos costeros tanto del Caribe como en el Pacífico, debido a que en su mayoría no alcanzan al 30% en cobertura de alcantarillado y son muy pocos los municipios que tienen sistemas de tratamiento de aguas residuales (SSPD, 2009a), como Santa Marta, Cartagena y San Andrés que cuentan con emisarios para la dilución de las aguas servidas; Barranquilla, Arboletes, Necoclí y Turbo que utilizan lagunas facultativas o de oxidación y San Juan de Urabá un reactor anaerobio de flujo ascendente (A.A.S., 2008; A.A.S. 2009; Alcaldía Municipal de Necoclí, 2008)

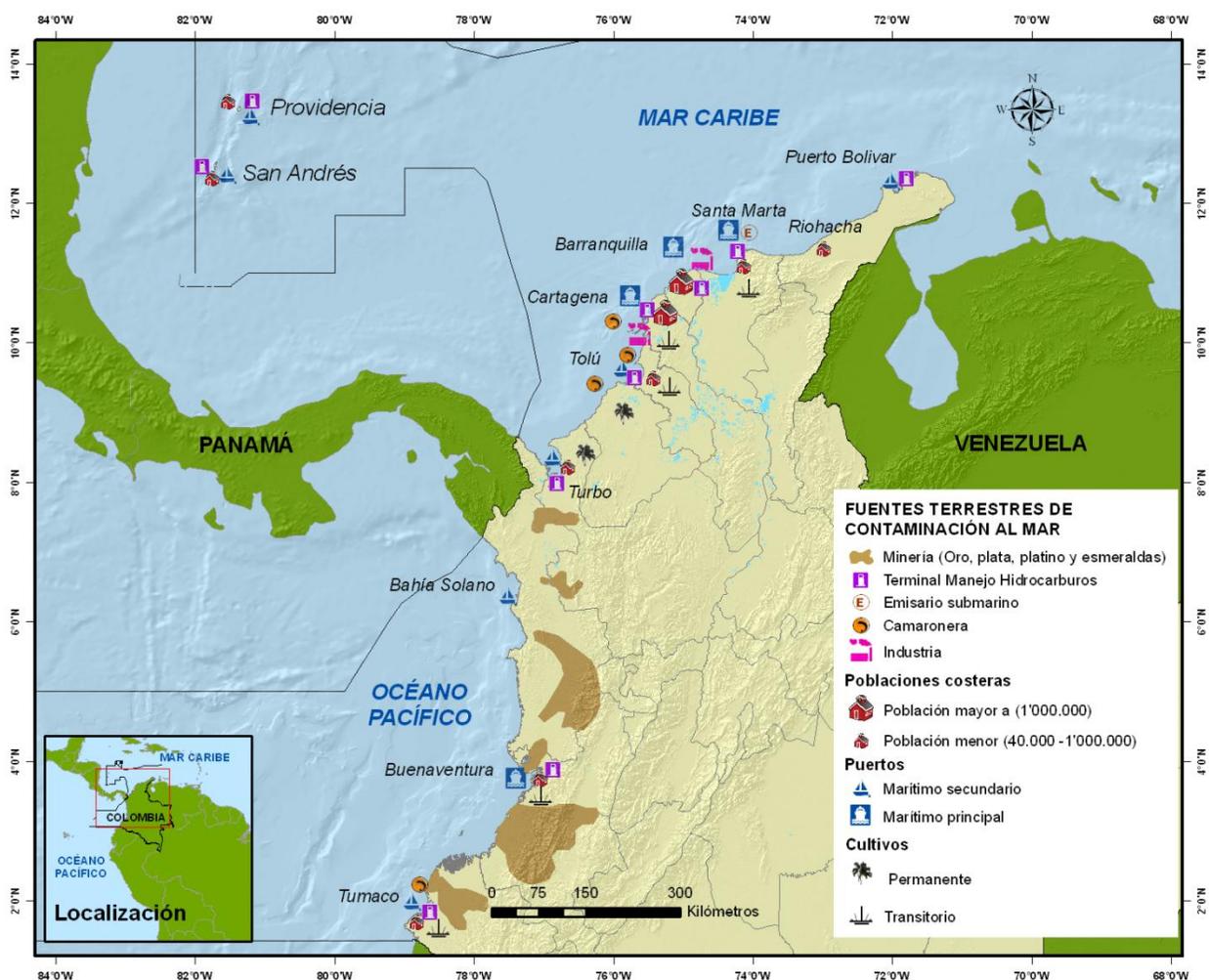


Figura 2.3.1. Principales fuentes terrestres de contaminación a las aguas marinas y costeras de Colombia. Fuente: IGAC, 2002; Supertransporte, 2008; DANE, 2009a.

Por otro lado, en varios municipios costeros los residuos sólidos todavía se disponen en basureros a cielo abierto, enterramiento y quema, y aún existen un porcentaje de la población que los arroja directamente a los ríos, ciénagas o al mar ([SSPD, 2009a](#)), convirtiéndose en otra fuente importante de contaminación de la zona costera.

La mayor parte de contaminantes que llegan al mar lo hacen a través de los ríos y por la escorrentía costera produciendo importantes efectos en los estuarios y recursos vivos ([GESAMP, 1975](#)). En este sentido, ha sido relevante impulsar en la comunidad internacional el enfoque de manejo integrado de las zonas costeras y promover prácticas de ordenación sostenible de las cuencas hidrográficas, para prevenir, controlar y reducir la degradación del medio marino ([Naciones Unidas, 1992](#); [Escobar, 2002](#)). Bajo estos lineamientos Colombia viene trabajando y este año acaba de consolidar la Política Nacional para la Gestión Integral de Recurso Hídrico (PNGIRH), la cual establece los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégicas para el manejo del recurso hídrico en el país, en un horizonte de 12 años. Proceso que conceptualmente considera el agua en todos sus estados dentro del ciclo natural y la interdependencia de las aguas superficiales, subterráneas y marinas ([MAVDT, 2010](#)). Por tanto, hacer el seguimiento anual de los contaminantes que llegan a la cuenca baja de los ríos que desembocan en los litorales Caribe y Pacífico colombiano es uno de los objetivos principales de la REDCAM.

Los resultados del monitoreo en el año 2009, mostraron que 24 de los ríos principales descargaron en promedio cerca de 14226 m³/s de aguas con diferentes residuos y sustancias contaminantes (Tabla 2.3-2). Los ríos Magdalena, Atrato y Sinú, en el Mar Caribe, y el San Juan, Mira y Patía, en el Océano Pacífico, son los tributarios más importantes por las amplias áreas de drenaje de sus cuencas, su caudal y las descargas de contaminantes a las aguas costeras (Figura 2.3.2). En términos de carga, los mayores aportes de nitrógeno inorgánico, se presentaron en el río San Juan que descargó 156595 t/año y el río Magdalena que descargó 78794 t/año, superando al río Atrato y al Canal del Dique, posiblemente por la cantidad de sedimentos que arrastran y por la alta oxidación anaeróbica de la materia orgánica ([Restrepo et al., 2005](#)).

Tabla 2.3-2. Caudal promedio y carga teórica anual estimada de contaminantes aportada por los principales tributarios que desembocan en el litoral Caribe y Pacífico Colombiano en el 2009. OCT: organoclorados totales, Cd: cadmio, Cr: cromo, HDD: hidrocarburos del petróleo, NT: nitrógeno inorgánico (amonio, nitritos y nitratos), Pb: Plomo; Cd: cadmio; Cr: cromo; PO₄: ortofosfatos, SST: sólidos suspendidos, CTE: coliformes termotolerantes, CTT: coliformes totales. Fuente caudal: IDEAM; Fuente concentraciones: Monitoreo REDCAM 2009; Fuente cargas: INVEMAR. En color rojo se muestran los mayores aportes.

Reg.	Depto.	Corriente	Caudal m ³ /s	OCT Kg/año	HDD t/año	NT	Pb	Cd	Cr	PO ₄	SST	CTE NMP/año	CTT	
Caribe	Antioquia	Currulao	7,8	-	-	34	0,2	0,01	-	8	5,5E+03	1E+18	2E+18	
		Turbo	3,3	-	-	15	0,1	0,005	-	37	5,7E+03	4E+18	8E+18	
		Mulatos	4,5	-	-	134	0,5	0,007	-	10	4,4E+04	1E+17	3E+18	
		Guadualito	2,4	-	-	3,7	1,0	0,05	-	19,7	7,1E+04	3E+21	8E+21	
		León	74,3	-	6	417	4,6	0,12	-	268	2,1E+05	9E+18	1E+20	
		Atrato	1839	-	67,6	10997	102	2,9	-	3039	3,9E+06	3E+19	3E+20	
		Atlántico	Magdalena	7121	674	40,4	78794	1086	516	56	10667	5,6E+07	1E+23	2E+24
		Bolívar	Canal Dique	394,0	-	-	7029	-	-	-	4287	3,9E+06	9E+18	9E+18
		Córdoba	Sinú	240,5	23	5,4	746	23,7	1,85	2,8	459	3,6E+05	1E+21	1E+21
		La Guajira	Palomino	24,9	7,4	0,3	97	3,9	0,65	3,5	24	3,7E+03	3E+18	1E+19
		Ranchería	8,2	1,8	0,2	7,6	0,4	0,22	1,1	24	1,9E+04	1E+18	5E+18	
	Magdalena	Manzanares	1,9	0,2	0,2	20	0,004	0,04	0,09	6	5,2E+02	3E+18	4E+19	

Reg.	Depto.	Corriente	Caudal	OCT	HDD	NT	Pb	Cd	Cr	PO ₄	SST	CTE	CTT
			m ³ /s	Kg/año	t/año							NMP/año	
Pacífico		Gaira	2,7	0,3	0,1	6,2	0,19	0,07	0,12	8	1,7E+03	3E+18	5E+18
		Piedras	5,1	0,5	0,09	45	0,01	0,17	0,29	91	2,5E+03	2E+18	7E+18
		Guachaca	22,4	4,6	0,4	70	0,05	0,54	0,92	46	5,4E+03	9E+17	7E+18
		Don Diego	39,2	3,7	0,6	104	2,3	1,96	1,3	44	1,0E+04	4E+18	1E+19
	Cauca	Micay	283,3	27	3,2	759	85	15	27	52	2,7E+06	2E+19	5E+19
	Chocó	San Juan	2054,2	16811	252	156595	-	-	-	2073	3,9E+06	3E+20	7E+20
	Nariño	Mejicano	45,0	4,3	1,8	346	2,2	2,4	0,7	35	7,8E+04	3E+18	5E+18
		Rosario	146,0	13,8	6	708	43	8	1,2	84	3,2E+05	1E+19	1E+19
		Iscuandé	600,0	57	3	1965	255	35	4,7	167	4,4 E+05	3E+19	7E+19
		Patía	356,0	78	5,7	2824	112	19	2,8	204	6,8 E+05	2E+19	2E+19
		Mira	868,1	82	29,6	3278	2	42	6,8	680	1,1 E+06	6E+19	8E+19
	Valle	Anchicayá	82,1	-	0,96	5617	-	-	-	83	5,7 E+04	1E+19	3E+19
	Total Litorales			14226	17788	424	270612	1726	645	110	22416	73553218	1E+23

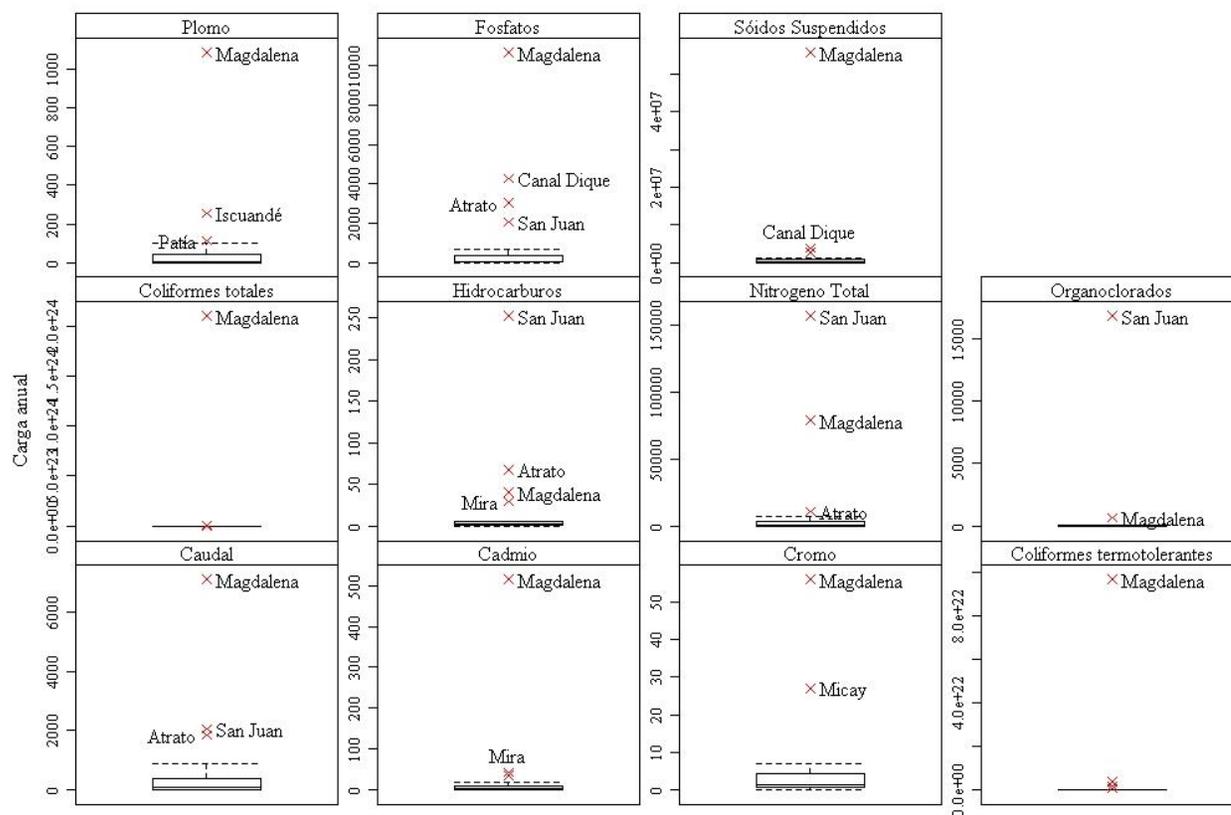


Figura 2.3.2. Distribución de las descargas de contaminantes que aportan los principales ríos a la zona costera del Caribe y Pacífico colombiano.

La carga de fósforo inorgánico fue más alta en los ríos Magdalena y Atrato, con 10667 t/año y 3039 t/año, respectivamente. Así mismo, los sólidos suspendidos más elevados se presentaron en el río Magdalena, con 55.7 millones de t/año por el arrastre de sedimento y los aportes que recibe de los tributarios que desembocan en su cuenca a lo largo del territorio nacional, seguido por los ríos Atrato, Canal del Dique, San Juan, Patía y Micay. Los mayores aportes de contaminación fecal se obtuvieron en el río Magdalena (9.7×10^{22} NMP/año de CTE) seguido del río Guadualito (3.5×10^{21} NMP/año de CTE), probablemente asociados a los vertimientos no controlado de aguas residuales domésticas caracterizadas por tener altas cargas de Coliformes termotolerantes y totales. Por otro lado, el San Juan fue el tributario con mayor carga de plaguicidas organoclorados, con cargas atípicamente altas en comparación con años anteriores y otros tributarios como el Magdalena, posiblemente al incremento de la actividad agrícola de zonas cercanas al río ([Alcaldía Municipal del Medio San Juan, 2009](#)).

En términos de hidrocarburos, las mayores descargas se registraron en el río San Juan, seguido por los ríos Atrato, Mira y Magdalena. Estos compuestos provienen de actividades como el transporte marítimo, muelles artesanales, el expendio de gasolina y el mantenimiento de embarcaciones, actividades cotidianas en las cuencas de estos tributarios. Los valores registrados en el río Magdalena pueden estar vinculados al transporte diario de hidrocarburos a través del río, desde la refinería de Barrancabermeja hasta el Canal del Dique ([CORMAGDALENA, 2009](#)). En cuanto a los metales pesados, los ríos Magdalena, Canal del Dique, Iscuandé, Patía y Atrato mostraron los niveles más elevados de plomo, y cadmio respectivamente, quizás por la extracción y remoción de sedimentos de la actividad minera de estas zonas, combinado con el arrastre de sólidos en su cuenca baja.

Además de la recolección de la información primaria a través de los monitoreos de la Red de vigilancia y de la identificación de las fuentes terrestres de contaminación, la REDCAM viene evaluando el estado de la calidad del agua marino-costera en Colombia hace algunos años, con el índice de calidad (ICAM), el cual permite cuantificar el estado de conservación o deterioro de este tipo de aguas, de acuerdo a sus características y en función de su destinación en un lugar y tiempo específico. Debido a que la calidad es un atributo que depende de múltiples variables (ecuación 1) y condiciones tanto naturales como antropogénicas, para el cálculo del ICAM, se utilizaron de manera integral las variables oxígeno disuelto, pH, salinidad, nitritos + nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos, hidrocarburos disueltos y dispersos, organoclorados totales, metales pesados (Cd, Cr y Pb), y Coliformes totales y termotolerantes ([Marín et al., 2003](#); [Vivas-Aguas, 2007](#)).

$$ICAM = \sum_{i=1}^n (Q_{fq} \times F_i) - \sum_{i=1}^n (Q_{ct} \times F_i) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

Q = es la calidad del agua en función de la concentración de cada una de las variables del ICAM. Q_{fq} es la calificación de fisicoquímicos; mientras que Q_{ct} es la calificación de los contaminantes.

F_i = es el factor asignado a cada una de las variables, según su importancia en la ecuación la cual se pondera entre cero y uno.

Cada variable dentro de la ecuación se califica por la concentración medida y se ajusta a las curvas de funcionamiento con valores entre 0 y 100 de acuerdo a la escala de valoración descriptiva de calidad del ICAM (Tabla 2.3-3), según el tipo de agua y el uso, para preservación de flora y fauna ($ICAM_{PFF}$), o para recreación, actividades náuticas y pesqueras ($ICAM_{RAP}$). Para calcular los índices (ICAM) del período 2009 - 2010, se seleccionaron las estaciones de muestreo de la REDCAM que tuvieron mayor representatividad, de acuerdo al número de datos colectados en el conjunto de variables indicadoras

mínimas, asumiendo las alternativas de cálculo propuestas por [Vivas-Aguas](#) en el 2007. Adicionalmente, teniendo en cuenta que hay limitaciones en la comparación interanual que se presentan entre zonas, debido a que no hay una estricta continuidad en la red de monitoreo, se decidió a partir del 2010 tomar entre tres y cinco estaciones representativas de cada departamento para calcular los ICAM y ver entre ellos las diferencias espaciales y temporales de la calidad del agua marina y costera a escala nacional.

Tabla 2.3-3. Valoración del índice de calidad de aguas marinas y estuarinas – ICAM. Tomado de [Marín et al., 2003](#).

Color	Calificación	Nivel de riesgo	Rango numérico ICAM (%)
Verde	Excelente- Adecuado	No hay	75 – 100
Amarillo	Bueno - Satisfactorio	Bajo	50 – 75
Naranja	Regular - Deficiente	Medio	25 – 50
Rojo	Malo - Inadecuado	Alto	0 – 25

La calidad del agua para el uso de preservación de flora y fauna se define en función del conjunto de variables o características físicas, químicas, biológicas que ésta adquiere a través de diferentes procesos naturales; del contenido de contaminantes, producto de actividades antropogénicas; de sus valores de aceptación o de rechazo, los cuales deben cumplir con los estándares preestablecidos y que son considerados aptos para proteger el hábitat de una especie o una comunidad de flora o fauna en los ecosistemas marino-costeros; y de las formaciones naturales de interés paisajístico ([Marín et al., 2003](#); [Beamonte et al., 2004](#); [Bianucci et al., 2005](#)).

Con estos criterios se estableció el Indicador de Calidad de Aguas Marinas y Costeras para preservación de flora y fauna (ICAM_{PF}). El valor calculado para las épocas seca y lluviosa de 2009 (Figura 2.3.3a), muestra que el 89% de los ICAM_{PF} (235) estuvieron dentro de la calificación de calidad *adecuada* y *satisfactoria* (Figura 2.3.3a), con el mayor número de casos en aguas marinas de los departamentos de Magdalena y La Guajira, en la época lluviosa, que para el año 2009 fue especialmente atípica, debido al evento El Niño severo que generalizó un periodo seco en el último trimestre del año ([IDEAM, 2010a](#)). El 9% de los ICAM_{PF} (21) mostraron calidad *regular o deficiente* y sólo el 2% alcanzaron una calidad *mala o inadecuada* en 5 ICAM_{PF} ubicados en los departamentos de Antioquia, Sucre y Córdoba.

En el 2010 el 55% de los ICAM_{PF} (130) calculados mostraron condiciones *adecuadas o excelentes*, especialmente en los departamentos de Magdalena, La Guajira y Nariño (Figura 2.3.3b); el 36% calidad *satisfactoria*; el 7% calidad *deficiente* y el 2% calidad *inadecuada* para 2 estaciones de los departamentos de Antioquia y Córdoba. El número de índices entre categorías no muestra diferencias apreciables para el año 2009, posiblemente porque no hubo diferencias climáticas, debido a que empezaba a manifestarse el evento “El Niño” en mayo de 2009 y alcanzó su etapa máxima entre finales de 2009 e inicio de enero de 2010 ([IDEAM, 2010a](#)), siendo éste un período bastante seco ([IDEAM, 2010b](#)).

En la época seca de 2010, por su parte, se observó una leve disminución en los índices (9.10 – 94.52) comparados con el rango en la misma época de 2009 (8.85 – 95.47), como consecuencia del deterioro en las características del agua, debido a la influencia de los registros de precipitaciones por encima de los valores históricos de la época seca (especialmente en marzo y mayo), en centro, sur y oriente de la región Caribe, gran parte de la región Andina y centro de la región Pacífica ([IDEAM, 2010c](#)), debidos al inicio de un evento “La Niña” que incrementó los volúmenes de lluvias en el segundo trimestre en gran parte del territorio nacional, especialmente en la región Caribe, Andina, Pacífica y sectores de la Orinoquia y Amazonía ([IDEAM, 2010d](#)). Este incremento en las precipitaciones favoreció el aumento del caudal de los ríos ([IDEAM, 2010e](#)), las escorrentías y las descargas de aguas ricas en nutrientes, sólidos y todo tipo

de sustancias contaminantes desde el continente a la zona costera, las cuales se manifestaron en el aumento del porcentaje de ICAM_{PFF} con calidad *inadecuada* y *deficiente*, indicando riesgo de contaminación por el ingreso de mayores concentraciones de nutrientes, sólidos en suspensión y coliformes del continente a la zona costera.

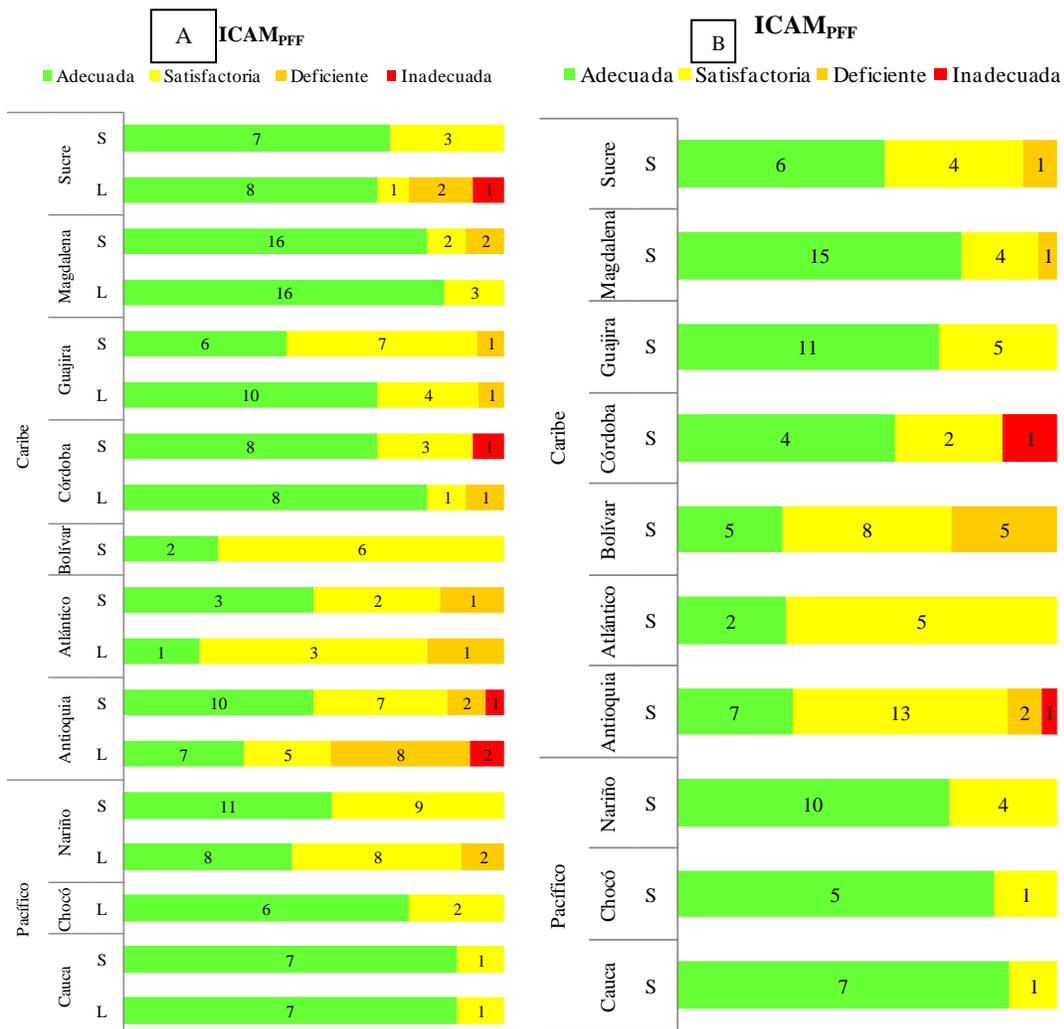


Figura 2.3.3. Calidad de las aguas marino-costeras evaluadas con el índice para preservación de flora y fauna (ICAM_{PFF}) entre 2009 (A) y 2010 (B) en las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombiano. Los valores en la barra de la gráfica representan el número de índices en esa categoría, los colores de las barras representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa (Tabla 1). S: época seca y L: época Lluviosa.

Los sitios que mostraron índices en un estado de *inadecuada* y *deficiente* calidad en el Caribe fueron las desembocaduras de los ríos Volcán, Currulao, León, Guadualito, Caimán Nuevo y Turbo, las playas de Arboletes, Martina y Necoclí y la estación del Muelle en el Golfo de Urabá. En el Golfo de Morrosquillo, las estaciones de Puerto Escondido y Moñitos (Córdoba), Coveñas Coquerita y las playas de los hoteles Playa Mar y Montecarlo en el departamento de Sucre. En Bolívar, en las desembocaduras del Canal del Dique y del Caño Matunilla, y en la bahía de Cartagena, a la altura del muelle oceanográfico, Boya 41 y Alcalis. En Atlántico, en Punta Roca y urbanización la Playa. En el departamento del Magdalena, en las estaciones Emisario submarino, muelle de cabotaje (calle 10) y puente de la calle 22. En la Guajira, en el

río Ranchería y playa de Riohacha (Figura 2.3.4). En el Pacífico, sólo las estaciones con la influencia de los ríos Chagui y Mejicano presentaron condiciones *deficientes*.

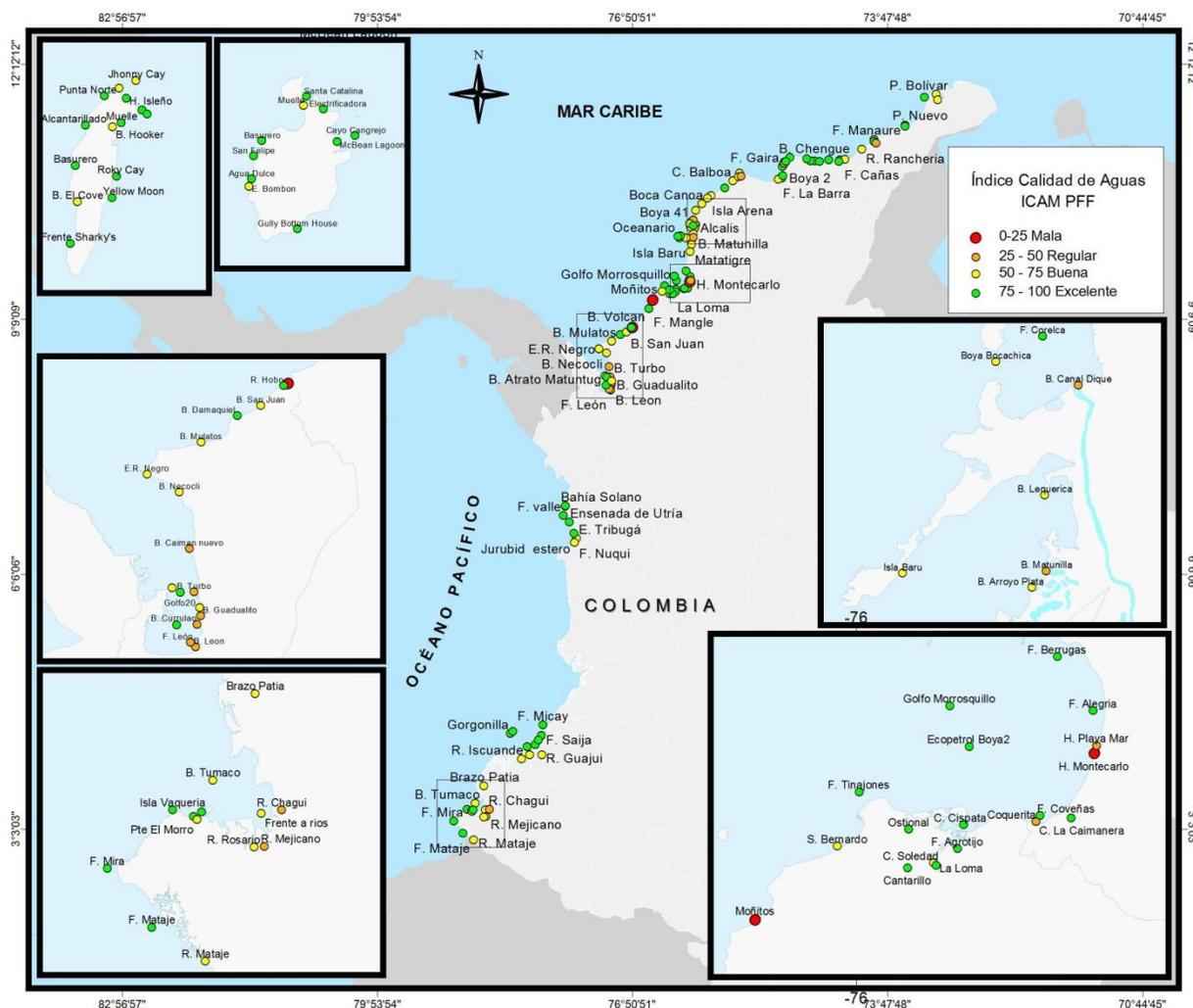


Figura 2.3.4. Calidad del agua marino-costera en los sitios de muestreo de la REDCAM evaluados con el índice de calidad para preservación de flora y fauna (ICAM_{PFF}) en el periodo 2008 -2009. Los colores de los círculos representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa.

En el análisis más detallado, las variables que determinan la calidad más deficiente, fueron principalmente las altas concentraciones de sólidos suspendidos, coliformes, y la baja concentración de oxígeno disuelto, en una menor proporción algunos datos puntuales de altas concentraciones de hidrocarburos, plaguicidas organoclorados y ortofosfatos (INVEMAR, 2010).

Por otra parte, se calculó el indicador para recreación, actividades náuticas y pesqueras (ICAM_{RAP}) para conocer la calidad de las aguas para recreación. Esta información permite garantizar el desarrollo de actividades turísticas y la protección de los bañistas, teniendo en cuenta que la aptitud del agua marino-costera para actividades recreativas tiene un papel fundamental en el desarrollo de las poblaciones, ya que estas cumplen con diferentes propósitos en el ámbito social, económico y ambiental (Noble *et al.*, 2004; James, 2000; Yepes, 1999), además de albergar diversas especies (Vergaray *et al.*, 2007).

En la evaluación del agua marino-costera para el 2009, el 53% de los ICAM_{RAP} calculados (130) estuvieron en la categoría de calidad *adecuada*, con el mayor número de casos (16) en el departamento del Magdalena (sin diferencias para las épocas climáticas seca o de lluvias); el 34% se mantuvo en el rango *Satisfactorio*, con un alto porcentaje en Antioquia, Nariño y La Guajira; el 9% en situación *deficiente* y el 4% de los índices con *inadecuada* o *mala* calidad, principalmente en la época de lluvias (atípica en el 2009 por el evento “El Niño”), en los departamentos de Antioquia con 6 casos; Sucre, Córdoba y Guajira con un caso, respectivamente (Figura 2.3.5a). Para la época seca del 2010, el 51% de los índices ICAM_{RAP} alcanzaron una calidad *adecuada*, la mayoría en el departamento del Magdalena, igual que en el 2009, seguido por departamentos como La Guajira, Nariño y Cauca. El 35% de los ICAM_{RAP} estuvieron en el rango de calidad *satisfactoria*, y el 15 % en calidad *deficiente* e *inadecuada*, ubicándose los peores casos en los departamentos de Antioquia y Córdoba (Figura 2.3.5b).

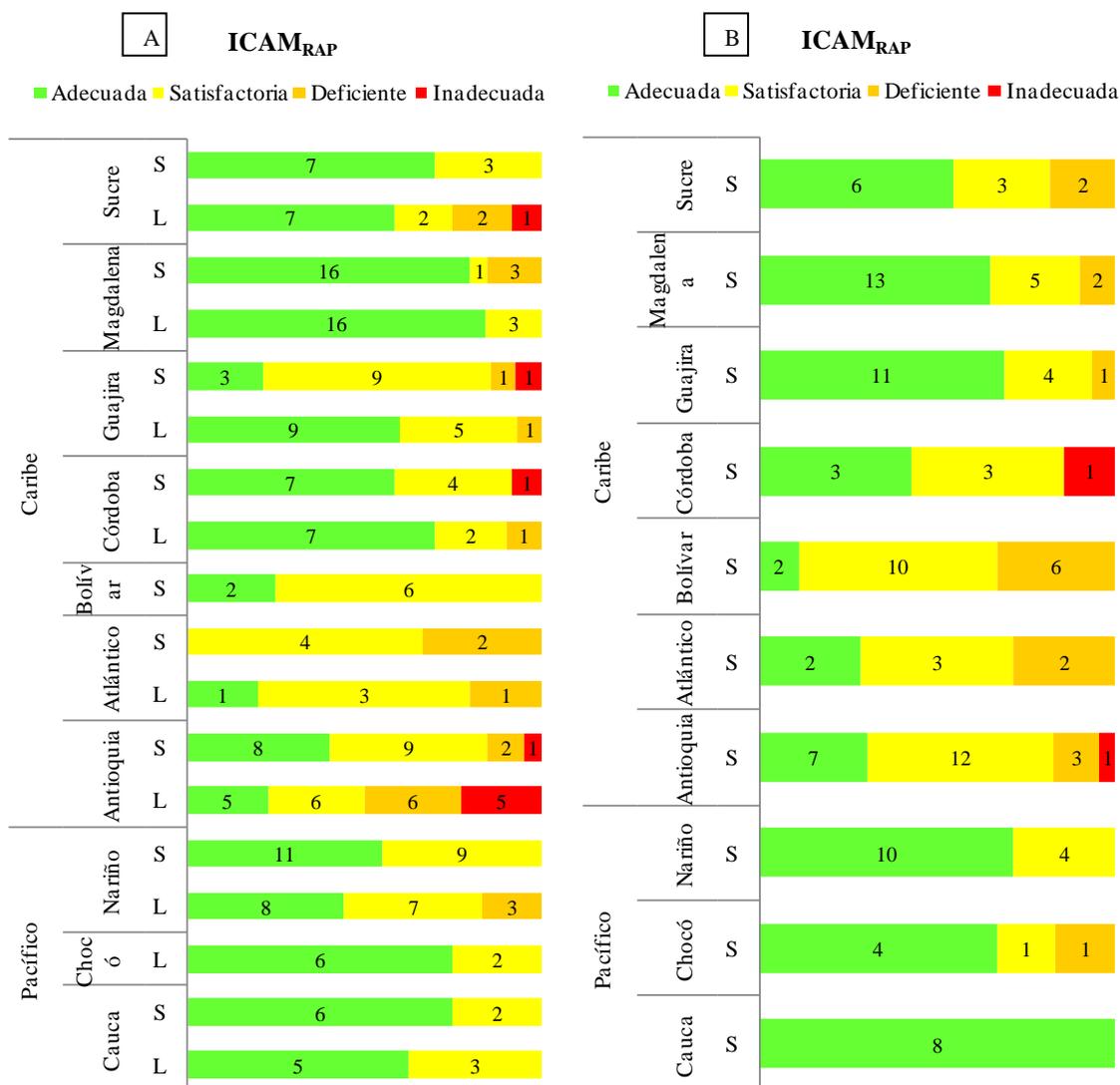


Figura 2.3.5. Calidad de las aguas marino-costeras evaluadas con el índice para recreación, actividades náuticas y pesca (ICAM_{RAP}) entre 2009 (A) y 2010 (B) en las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombiano. Los valores en la barra de la gráfica representan el número de índices en esa categoría por cada departamento, los colores de las barras representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa. S: época seca y L: época Lluviosa.

En términos puntuales, se destacan por las condiciones *adecuadas o excelentes* en el período evaluado (2009 y 2010), las estaciones ubicadas en Taganga (Magdalena), Tribugá (Chocó) y Manaure (La Guajira). Por otro lado, hay estaciones que persisten en sus condiciones *inadecuadas* de calidad como son Moñitos y Puerto Escondido en Córdoba; Coveñas-Coquerita y frente a los hoteles Montecarlo y Playa Mar en Sucre; playa Riohacha en La Guajira y las playas de Necoclí y Arboletes en Antioquia (Figura 2.3.6). Las variables responsables de estas condiciones *deficientes e inadecuadas* fueron principalmente los sólidos suspendidos, el oxígeno disuelto y los Coliformes, bacterias que están relacionadas con la ocurrencia de enfermedades gastrointestinales en los bañistas. Como ha sido documentado por otros autores, el incremento en el material suspendido además de estar asociado con el aumento de la turbidez y la reducción del efecto bactericida de la luz, probablemente aumenta la longevidad de las bacterias, como las del grupo Coliformes, al servir como sustrato para que estos microorganismos puedan adherirse ([Mallin et al., 2000](#); [Davies et al., 1995](#)). La salinidad también afecta la presencia de microorganismos en aguas marino costeras, ya que su descenso contribuye con el tiempo de supervivencia de los Coliformes en el mar ([Gabutti et al., 2000](#)).

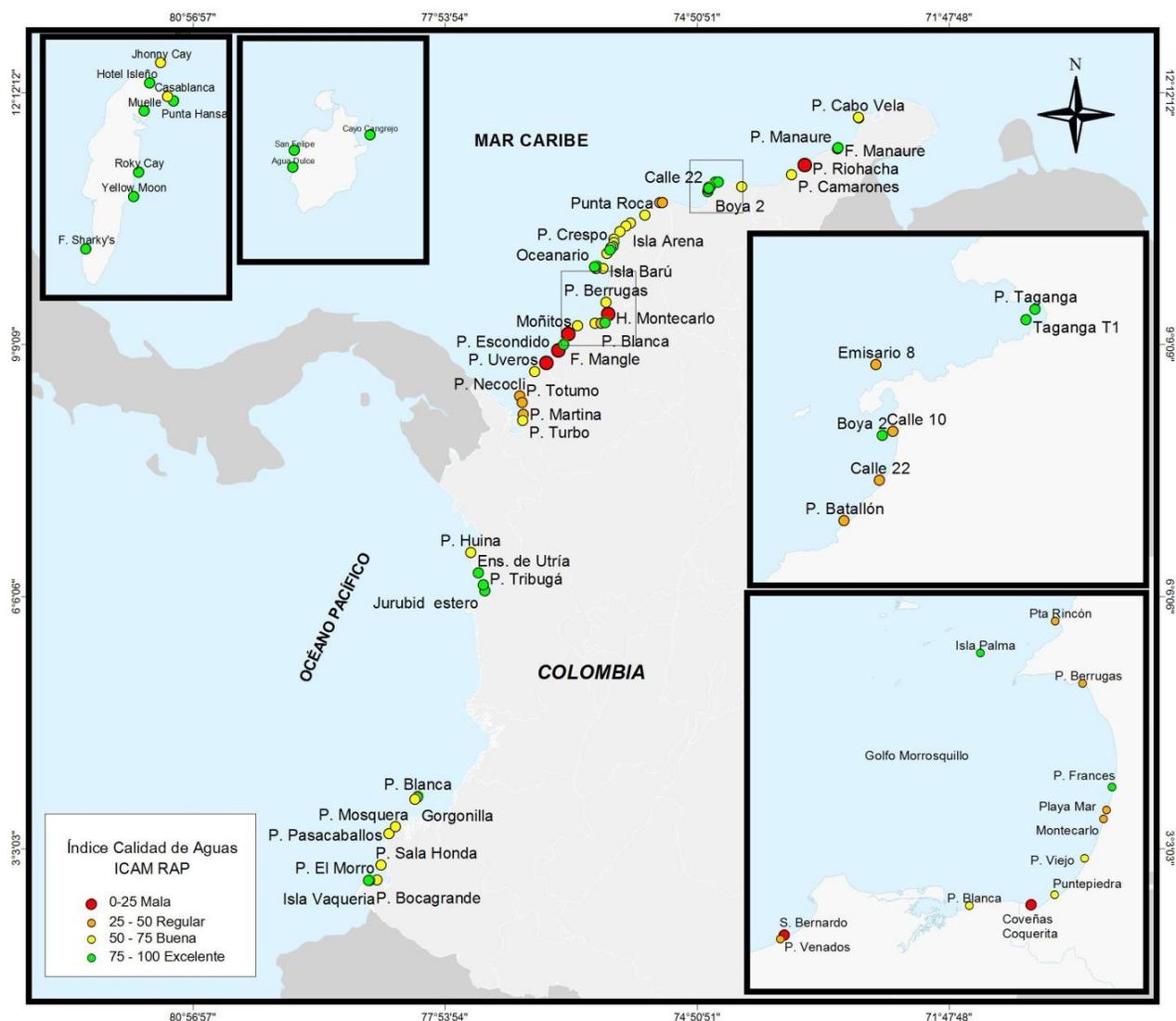


Figura 2.3.6. Calidad del agua marino-costera en los sitios de muestreo de la REDCAM evaluados con el índice de calidad para recreación, actividades náuticas y pesca (ICAM_{RAP}) en el periodo 2009 – 2010. Los colores de los círculos representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa.

A manera de conclusión, vale decir que las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombiano están afectadas por diversas fuentes terrestres de contaminación, entre las que se encuentran el tráfico marítimo, la actividad portuaria, la actividad agrícola, la disposición inadecuada de residuos sólidos, las aguas residuales domésticas y las descargas de ríos. El mayor efecto se debe a las descargas de los ríos, debido a su caudal y a la diversidad de contaminantes que pueden transportar al mar. Entre los afluentes, los ríos Magdalena, San Juan, Atrato y Sinú fueron los que presentaron mayor contaminación por las mayores descargas de sólidos, nutrientes, plaguicidas y contaminantes que reciben en sus cuencas. Después de los ríos, las aguas residuales domésticas tienen los mayores efectos negativos sobre las zonas costeras, teniendo en cuenta su escaso tratamiento y la baja cobertura de alcantarillado de los municipios costeros.

La evaluación del estado del agua marina usando los indicadores para preservación de flora y fauna (ICAM_{PF}) y para recreación, actividades náuticas y pesca (ICAM_{RAP}) expone las estaciones que durante el monitoreo del año 2009 y la época seca del 2010 estuvieron en condiciones *inadecuadas* del recurso hídrico marino. Por tanto, es necesario que las autoridades ambientales pongan especial atención y tomen las medidas de control adecuadas en estos sitios que mostraron una calidad entre *deficiente e inadecuada* relacionada con diversas fuentes antropogénicas de contaminación.

Costa Caribe



Playa la Martina, proliferación de algas. Foto: Jairo Guillermo Vasquez

4 DIAGNÓSTICO REGIONAL COSTA CARIBE

Las características fisicoquímicas de las aguas marino-costeras de la región Caribe durante la época lluviosa del 2009 y seca del 2010, mostraron en la gran mayoría de las estaciones condiciones naturales de oxígeno, pH y salinidad. En algunos casos, especialmente en aguas estuarinas y fluviales en la época lluviosa, se registraron mediciones de oxígeno disuelto en niveles por debajo de los 4 mg/L, destacándose algunos tributarios de los departamentos de Antioquia y Córdoba, así como el sistema de caños en Sucre. En contraste con estas bajas concentraciones, se observó un ascenso superior a los 9 mg/L de oxígeno disuelto de algunos ríos del departamento de Magdalena y en las ciénagas Mallorquín y Balboa en el Atlántico. En el caso de la ciénaga Balboa, es importante destacar que adicionalmente se presentaron salinidades por encima de 60, fenómeno que parece estar favorecido por la poca profundidad de la columna de agua y elevadas temperaturas que incrementan el proceso de evaporación y concentración de las sales en la Ciénaga.

Con respecto a variables como los sólidos suspendidos, no se observaron diferencias entre las épocas climáticas, con excepción de las aguas fluviales de la Guajira y las aguas marinas de Bolívar, donde se presentaron valores más altos durante la época lluviosa. En este periodo, se evidenciaron grandes aportes de SST depositados por los ríos, encontrando las mayores concentraciones en los tributarios de Atlántico y Bolívar con valores promedios de 323.8 ± 112.1 y 359.6 ± 183.3 , respectivamente; estos departamentos reciben los aportes del Río Magdalena y su brazo el Canal del Dique. En los demás departamentos del Caribe, las aguas fluviales mostraron niveles inferiores (promedios entre 15 – 50 mg/L), en contraste con la gran magnitud de las concentraciones registradas en Bolívar y Atlántico. Por otro lado, las aguas marino-costeras presentaron niveles bajos de SST en San Andrés y Providencia con promedios entre 3-4 mg/L; un nivel intermedio de SST en Magdalena, Córdoba y Sucre con promedios entre 20-65 mg/L; y niveles altos en aguas estuarinas de la Guajira, Antioquia y Atlántico (promedios entre 100-125 mg/L), y en las aguas marinas de Bolívar (183.3 mg/L) y Antioquia (150-185 mg/L). Aunque la variación en las concentraciones de SST puede depender de las condiciones específicas del día de muestreo (por ejemplo la lluvia), éstos resultados son similares a los promedios históricos, con excepción de Antioquia que históricamente ha mostrado promedios superiores de SST (140-190 mg/L) en todas sus aguas y Bolívar que tenía promedios más bajos en sus aguas marino-costeras (65-90 mg/L), pero recientemente ha presentado un incremento en sus concentraciones. Los altos niveles de SST en Bolívar constituyen una alerta para la conservación de los ecosistemas coralinos en Isla Arena y el área protegida de las Islas del Rosario, porque las concentraciones sobrepasaron la referencia establecida para impactos en la fisiología de corales (SST = 50 mg/L; [Fabricius, 2005](#)).

En el análisis de los nutrientes, se observó una tendencia al aumento de las concentraciones promedio, incluyendo valores que superan el registro histórico de 10 años del proyecto REDCAM. Particularmente, un aumento en los niveles de NH_4 y PO_4 en Bolívar, PO_4 en las aguas estuarinas de Córdoba, NH_4 en Atlántico y todos los nutrientes en las aguas fluviales de Córdoba y Sucre. Durante el año de estudio, debido a patrones irregulares de lluvia, sólo se encontró diferencias entre épocas en las aguas marino-costeras de Antioquia, con valores de NH_4 y NO_3 diez veces más altos en la época lluviosa que la época seca. Los niveles de nitrógeno en forma NH_4 , NO_2 y NO_3 presentaron sus máximos niveles en las aguas fluviales y estuarinas de Antioquia, Atlántico, y Bolívar. De igual forma se registraron valores elevados de NH_4 en Sucre y en las aguas fluviales de Magdalena, de NO_3 en las aguas fluviales de la Guajira y tanto de NH_4 , como de NO_3 en las aguas marinas de Antioquia. Adicionalmente, se debe considerar el aumento que se está presentando en las estaciones de la bahía de Cartagena, el sector de Islas del Rosario y los caños asociados al Canal del Dique en el departamento de Bolívar. En el caso de los fosfatos se observaron condiciones similares a los nutrientes nitrogenados. Se registraron aportes significativos por parte de los ríos Guadalito y Volcan en Antioquia, el río Piedras y Manzanares en Magdalena, y el arroyo

Villeros y el caño Guaní en Sucre. Asimismo, como se presentó en otros nutrientes, se ha registrado un incremento en los niveles de fosfatos de las estaciones de las Islas del Rosario y del Canal del dique en Bolívar. En cuanto a las aguas marino-costeras, a parte de las aguas estuarinas de Antioquia, las concentraciones promedio más altas de fosfatos se encontraron en San Andrés y Providencia, hecho destacable teniendo en cuenta su ubicación oceánica lejos de los aportes continentales de nutrientes. Además de los fosfatos, también se presentaron nitratos relativamente altos en las Islas. Los nutrientes de las aguas marino-costeras de San Andrés y Providencia sobrepasaron varios valores de referencia que reporta la literatura para la conservación de arrecifes corales (N-NO₃-NO₂: 9.8 µg/L y P-PO₄: 2.48 µg/L, [Gobierno de Barbados 2004](#); N-NO₃: 14.0 – 280.0 µg/L, P-PO₄: 62.0 µg/L, [Fabricius 2005](#); N-NO₃-NO₂-NH₄: 14.0 µg/L y P-PO₄: 3.1 µg/L, [Lapointe 1997](#)), sugiriendo un riesgo potencial al ecosistema marino. De forma similar, en Bolívar los nutrientes en las estaciones coralinas sobrepasaron los valores que indican condiciones favorables para el crecimiento de macroalgas en arrecifes del Caribe ([Lapointe, 1997](#)), con concentraciones altas y atípicas de NH₄ en las Islas del Rosario y altos niveles de todos los nutrientes en la Isla Arena, de tal manera que exceden los valores de referencia sobre impactos en la fisiología de corales ([Fabricius, 2005](#)). Los nutrientes de las estaciones coralinas de las Islas de San Bernardo (Sucre) y el Parque Tayrona (Magdalena) alcanzan ligeramente los valores indicativos de condiciones favorables para el florecimiento de macroalgas, las cuales no son favorables para los arrecifes del Caribe ([Lapointe, 1997](#)).

En términos de calidad sanitaria, los departamentos con mayor número de casos registrados de playas que sobrepasaron el valor de coliformes termotolerantes establecido para aguas de contacto primario (> 200 NMP/ 100 mL; [MinSalud 1984](#)), como la natación y el baño, son: Antioquia (58%), Sucre (56%) y Córdoba (50%). En menos proporción se presentaron algunos casos en La Guajira (33%), Atlántico (25%), Bolívar (18%), Magdalena (11%) y San Andrés y Providencia (4.5%). El mayor número de playas con condiciones de riesgo se presentó en la época lluviosa (31%), fenómeno que es favorecido por la entrada de aguas pluviales a la costa, por los procesos de escorrentías y la resuspensión de sedimentos. La zona costera del Caribe recibe importante aportes de microorganismos a través de los cursos de aguas continentales como ríos, caños y arroyos, los cuales reciben a lo largo de su cauce la influencia de las aguas residuales de las poblaciones aledañas. En este sentido, las entradas de aguas continentales con mayor aporte de microorganismos de origen fecal a la zona costera fueron el río León (11 x 10⁶ NMP/100 mL), Guadalito (11 x 10⁷ NMP/100 mL) y Volcán (70 x 10⁷ NMP/100 mL) en Antioquia, el río Magdalena (16 x 10⁶ NMP/100 mL) en Atlántico, el arroyo Villeros (16 x 10⁶ NMP/100 mL) en Sucre y el río Manzanares (35 x 10⁵ NMP/100 mL) en Magdalena. Es importante tener en cuenta que en algunas poblaciones los ríos son empleados para diferentes actividades como el riego de cultivos, cría de peces, recreación y quehaceres domésticos, sin embargo en la mayoría de los tributarios del Caribe colombiano las concentraciones de coliformes totales son superiores a 5000 NMP/100 mL, por lo tanto los riesgos de exposición a microorganismos patógenos se incrementan.

Algunos compuestos de los plaguicidas organoclorados fueron prohibidos en Colombia desde la década de los 80, no obstante, en algunos departamentos aún se detectan concentraciones que pueden generar riesgo para los ecosistemas, como en la mayoría de los departamentos del Caribe continental menos en Sucre. , los cuales registraron algunos residuos de DDT, heptacloro, aldrin, dieldrin y endosulfan en cuerpos de agua fluvial y estuarinos con concentraciones perjudiciales según los niveles de referencia de la EPA (1999 y 2008). Por otro lado, debido al surgimiento de nuevos compuestos de plaguicidas, desde el año 2009 se adicionó al análisis un grupo de moléculas de interés mundial, que fueron seleccionadas teniendo en cuenta su uso actual e impacto en el ambiente. Entre estas moléculas se encuentran el diuron, diazinon, clorotalonil, metil paration, bromacil, clorpirifos, fenaminfos, cis y trans-permetrina. De este nuevo grupo se han detectado concentraciones que pueden causar efectos perjudiciales en el ecosistema marino-costero ([EPA 2008](#)) en todos los departamentos del Caribe menos Magdalena y Sucre (

Tabla 2.3-1).

En cuanto a la contaminación por hidrocarburos, de acuerdo al valor de referencia establecido como norma para aguas marinas y costeras no contaminadas de UNESCO/CARIPOL (10 µg/L; [Atwood et al., 1988](#); [UNESCO, 1984](#)), las zonas que presentaron riesgo de toxicidad para los organismos marinos se registraron durante la época seca y fueron las estaciones de playa Turbo y río León en Antioquía, el Río Magdalena a la altura de la estación Frente a Base Naval en el Atlántico, playa Moñitos y Ciénaga la Soledad en Córdoba, y las dos boyas de Ecopetrol en el departamento de Sucre (Tabla 2.3-1).

Entre otros compuestos contaminantes se incluyen los metales pesados, pero en este caso los análisis históricos muestran que las concentraciones de Cadmio, Plomo y Cobre encontradas en las aguas marino-costeras del Caribe colombiano durante el periodo de lluvias del 2009 y la época seca del 2010 no generan impacto en los cuerpos de agua, ya que las concentraciones han estado por debajo de los valores referenciados como de riesgo por normas internacionales ([EPA, 2002](#); [CONAMA, 1986](#)). Sin embargo, las altas concentraciones encontradas en los años recientes, particularmente en Bolívar, plantean la necesidad de estar en alerta y continuar el monitoreo.

Tabla 2.3-1. Concentración de plaguicidas e hidrocarburos (HDD) en aguas costeras del Caribe colombiano. a) EPA, 2008; b) UNESCO, 1984.

Época	Departamento	Estación	DDT's (ng/L)	Heptacloros (ng/L)	Aldrines (ng/L)	Dieldrin (ng/L)	Endosulfan (ng/L)	Clorotalonil (ng/L)	Metil paration (ng/L)	Clorpirifos (ng/L)	HDD (µg/L)
Lluvias 2009	San Andrés y Providencia	Sector sur Providencia								98	
	Guajira	Río Ranchería	7.4					115.6			
		Muelle Riohacha	6.0								
	Magdalena	Cabo de la Vela	7.5	16.1				20.7			
		Río Guachaca	9.9								
		Emisario 8			19.6						
		Centro CGSM				10.0					
	Bolívar	Frente río Sevilla				6.0					
		Desemb. Canal del Dique								38.8	
		Boya Corelca								31.6	
		Bahía Cartagena								19.3	
	Antioquía	Ciénaga de la Virgen		19.1			20.0				
		Desemb. Río León						23.9		80.0	
		Desemb. Río Currulao	5.6							55.0	
Seca 2010	Guajira	Desemb. Río Guadalito	5.8							99.0	
		Río Cañas							32.3		
	Atlántico	Frente a río Cañas							65.9		
		Frente a la Base Naval									13.7
	Sucre	Ciénaga de Balboa	19.5				109.3		21.9		
		Boya de Ecopetrol TLU 1									45.6
	Córdoba	Boya de Ecopetrol TLU 2									21.8
		Frente Río Sinú								91.3	
		Moñitos									14.2
		Frente Agrotijo	6.5				17.7				
	Antioquía	Ciénaga la Soledad									26.6
		Brazo Caño Grande – Ciénaga Ostional					25.9				
		Playa Turbo									10.5
		Desemb. río León								64.5	14.67
Desemb. río Currulao									38.1		
Nivel de referencia para efectos crónicos	Desemb. río Guadalito					16.3			21.2		
	Aguas marinas	0.5 ^a	1.8 ^a	--	0.95 ^a	4.35 ^a	360 ^a	Nd	5.6 ^a	10 ^b	
	Aguas dulces	0.5 ^a	1.9 ^a	17 ^a	56 ^a	28 ^a	180 ^a	Nd	41 ^a	10 ^b	

4.1 FUENTES TERRESTRES DE CONTAMINACIÓN DEL CARIBE

4.1.1 Caso Estudio Urabá Antioqueño

En Antioquía, la subregión denominada Urabá Antioqueño es una zona limítrofe con Panamá y los departamentos de Chocó y Córdoba, delimita con el Mar Caribe y es donde está localizado el Golfo de Urabá. Esta subregión la conforman 11 municipios divididos en tres zonas: zona Norte (Arboletes, Necoclí, San Juan de Urabá y San Pedro de Urabá), zona Centro (Chigorodó, Carepa, Mutatá, Apartadó y Turbo) y zona del Atrato Medio (Vigía del Fuerte y Murindó). La subregión ocupa una área de 11.664 Km² que representa el 18.34% del departamento aproximadamente ([Adra, 2006](#); [Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos y DIH, 2004](#)).

En el tema del seguimiento a las fuentes terrestres de contaminación, es importante, hacer énfasis en los asentamientos humanos y las diversas actividades productivas de la zona, porque de ellas se generan residuos potencialmente contaminantes del ambiente (Figura 4.1.1). Los principales problemas relacionados con la contaminación marina en el Golfo de Urabá son derivados del vertimiento de residuos orgánicos y de residuos sólidos, la actividad portuaria, los residuos agroquímicos y de la minería ([Campos et al, 1996](#); [Garay et al, 2003](#)). Los principales cuerpos de agua que vierten sus aguas al golfo son los ríos Caimán, Guadualito, Volcán, Turbo, León y Atrato, siendo este último, una de las principales corrientes de agua dulce que desembocan en el Caribe colombiano. En la salida de campo de abril, para reconocer la zona costera de Turbo y el área de influencia, se visitaron varios sitios que aunque no tienen que ver directamente con las estaciones de muestreo de la REDCAM, son importantes porque muestran de forma detallada un panorama de la problemática en términos de la contaminación que viven las poblaciones costeras de esta zona del Caribe (Tabla 4.1-1).

Tabla 4.1-1. Breve descripción de los sitios visitados durante la salida de campo de abril de 2010

Localidad	Descripción de los sitios visitados en la salida de campo de fuentes de contaminación
Río León	Baños comunitarios, lavado de ropa en el río. Río Apartadó-Churidó, desvío con agua estancada, malos olores, hace 10 años secaron tierras para cultivo creando inundaciones que antes no se presentaban en la zona. Dragado para abrir el canal de navegación para el transporte de banano y sitio de fondeo. La desembocadura del León es una zona con alta vegetación de manglares. Presenta condiciones de alta turbidez, agua de color café por la gran remoción de sedimentos y gran cantidad de material dragado creando espigas artificiales. El punto de muestreo río arriba está ubicado cerca del caserío de Puerto Girón antes de la desembocadura del río Apartadó sobre el río León. Zona de bosque húmedo tropical declarado como reserva.
Boca Currulao	Zona de preservación flora y fauna, se identifican tres especies de manglar, patos cucharo, pelícanos. Ubicado en la parte sur del golfo de Urabá, sobre la costa oriental, punto importante en la REDCAM, por la cantidad de bananeras que descargan aguas a este, además de su paso por el corregimiento de Currulao. En el momento de la visita estaba poco profundo y no navegable.
B. Guadualito	Zona de preservación flora y fauna, pelícanos. A este río descargan las aguas residuales del corregimiento el Tres y el caserío de Puerto Cesar. Ubicado en la parte sur del golfo, sobre la costa oriental, presencia de manglares, punto de muestreo importante en la REDCAM, por la cantidad de bananeras que descargan aguas a este.
Bahía Turbo	Puente, casa palafitos, barrio Obrero, zona de pescadores, muelle Gaitán, zona de conservación, área de la armada nacional
Lado oriental barrio Obrero	Punto de descarga del municipio de Turbo. Antiguo palafito, actualmente es una zona rellena con basuras y residuos sólidos.

Localidad	Descripción de los sitios visitados en la salida de campo de fuentes de contaminación
Puente Waffe	Descarga de aguas negras de la ciudad, estancamiento, color del agua "negra", olores nauseabundos, fondeo de lancha, cargue y descarga de víveres, mercancía material de construcción, comercio del chocó, y Atrato, sólo barcos pequeños y medianos.
Barrio Obrero, sector Waffe	Realizan dragado, con el tiempo y con las lluvias se regresa al canal con los mismos desechos de relleno. Estación de gasolina de carros y embarcaciones a la orilla, puestos de comida, terminal fluvial, de pasajeros para Capurganá, Triganá, chocó turísticos. Desembocan dos caños, restaurantes, informales, que arrojan los desechos, líquidos y sólidos al canal.
Waffe segundo caño Sector el Muelle	Zona de vertimientos domésticos y de disposición inadecuada de residuos sólidos. Sitio de acopio, de ganado y descargue de madera proveniente del chocó, descarga de mercancías para bodega, aduaneras.
Laguna de oxidación de Turbo	Tiene 5 piscinas anaerobias, 3 casetas de bombeo en el casco urbano, hay población viviendo muy cerca de la laguna y recibe directamente los olores nauseabundos típicos de los procesos de degradación.
Playa de Turbo	Playa Turbo, muelle armada, boca turbo, sobre la vía: bocatoma acueducto Turbo. PTAR y lagunas de oxidación: nueva construcción.

Asentamientos humanos – Residuos domésticos

La zona Costera del Urabá Antioqueño está conformada por 4 municipios (Tabla 4.1-2), basados en el censo de 2005 posee una población total de 223436 habitantes, y una densidad poblacional de 42 hab/km². El territorio se caracteriza por su diversidad cultural y étnica, la diversidad étnica está representada por el Resguardo Ipkikuntiwala, perteneciente a la etnia Tule; afrodescendientes provenientes de la Costa Atlántica y del Chocó, concentrados en su mayoría en el municipio de Turbo (81% de la población); y por pobladores mestizos ([García-Valencia, 2007](#)).

Tabla 4.1-2 Municipios costeros pertenecientes al Urabá antioqueño. Fuente: DANE, Proyección de población a 2010 censo General 2005.

Departamento	Municipios	Población	Porcentaje (%)
Antioquia	Arboletes	35212	13.94
	Necoclí	54799	21.70
	San Juan	22944	9.08
	Turbo	139628	55.28
Urabá Antioqueño		252583	100

El tipo de vivienda está determinado por los ingresos de los propietarios, se pueden observar desde viviendas construidas de madera, hasta viviendas construidas con cemento y/o ladrillos. El escaso control y planeación en el desarrollo urbano, ha originado la construcción de viviendas en zonas de alto riesgo (Figura 4.1.2), como áreas de inundación de los ríos, quebradas y sobre la línea de costa, aumentando la problemática social de la zona ([García-Valencia, 2007](#)).

Los municipios de Arboletes, Necoclí, San Juan de Urabá y Turbo cuentan con sistemas de acueducto, alcantarillado y servicio de aseo; sin embargo, ninguno alcanza una cobertura del 100% (Tabla 4.1-3). Es importante resaltar que son los únicos municipios pertenecientes al golfo de Urabá que cuentan con tratamiento de aguas residuales. El principal sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas (ARD) utilizado en la región es la laguna de oxidación, sólo San Juan de Urabá usa reactores anaerobios de flujo ascendente (UASB). Por lo general, las viviendas que no se encuentran conectadas a la red de alcantarillado utilizan pozos sépticos ó descargan sus aguas en predios aledaños (Figura 4.1.3), quebradas o al río Volcán, en el caso del municipio de Arboletes ([AAS, 2008](#); [AAS, 2009](#)).



Figura 4.1.2 Panorama de la zona costera y asentamientos humanos en Turbo - Antioquia

Tabla 4.1-3. Cobertura de servicios públicos y producción de residuos sólidos en los municipios costeros de Antioquia. Fuente información: PSMV Arboletes, 2008; PSMV San Juan de Urabá; Alcaldía Municipal de Arboletes, 2005; Alcaldía Municipal de Necoclí, 2008; Lara, 2003; SSPD, 2009; Corpouraba, 2010.

Municipio	Producción residuos sólidos (t/mes)	Cobertura de aseo	Cobertura Acueducto	Cobertura Alcantarillado	Sistemas tratamiento Aguas Residuales Doméstica
Arboletes	242,50	45%	100% Urbana	67.28%	Laguna de Oxidación
Necoclí	348	80%	39.2%	22%	Laguna de Oxidación
San Juan de Urabá	-	95%	39 %	44.83% Urbana	Reactor UASB
Turbo	1646.08	50%	71.15%	38.35% Urbana	Laguna de Oxidación



Figura 4.1.3. Vertimientos domésticos directos: disposición inadecuada de residuos líquidos, nótese los diferentes tubos que salen de las viviendas y descargan directamente al cuerpo de agua.

Para la disposición final de los residuos sólidos domésticos existen en la zona dos rellenos sanitarios; uno regional llamado Centro Integral de Residuos Sólidos “El Tejar” ubicado en el municipio de Turbo donde se disponen los residuos de 4 municipios cercanos con una producción diaria promedio de 208 t ([SSPD, 2009](#)); el otro relleno se encuentra en el municipio de Arboletes en el cerro “Las Lajas” a 11 km del casco

urbano aproximadamente. A pesar de cumplir con las especificaciones técnicas de diseño, construcción y licencia ambiental, actualmente no está en funcionamiento (hace más de un año) debido al estado de deterioro de la vía de acceso, como consecuencia los residuos sólidos de Arboletes son llevados al relleno sanitario de Montería ([Vásquez, 2010](#) Com. pers.; [Alcaldía Municipal de Arboletes, 2005](#)). Es importante anotar que en Turbo aún existen zonas con inadecuada disposición de residuos sólidos domésticos (Figura 4.1.4), si bien los habitantes cuentan con un relleno sanitario, no tienen cobertura total.



Figura 4.1.4. Disposición inadecuada de residuos sólidos sobre cuerpos de agua y zonas residenciales. A) Nueva Colonia; b) Turbo

Por otro lado, San Juan de Urabá y Necoclí realizan la disposición final de sus residuos en botaderos a cielo abierto, cuerpos de agua o eliminación a través de las quemas; un alto porcentaje de los residuos sólidos domésticos se vierten directamente al mar, estos sistemas de disposición representan problemas ambientales como taponamiento en los sumideros de aguas residuales, alta contaminación orgánica en el cuerpo receptor y alteración de los ecosistemas marinos ([Corpouraba, 2010](#)). Adicionalmente, existen algunos inconvenientes en la recolección de las basuras del municipio de Arboletes debido a la utilización de vehículos inapropiados ([Alcaldía Municipal de Arboletes, 2005](#); [A.A.S, 2009](#); [Alcaldía Municipal de Necoclí, 2004](#)).

Actividades productivas y socioeconómicas

Agricultura

En los municipios de Arboletes, San Juan de Urabá y Turbo, gran parte de la población se dedica a la actividad agrícola con cultivos de maíz, plátano, arroz, ñame, yuca, coco y cacao, principalmente. En San Juan de Urabá el 20.6% (4923.4 ha) de tierras son ocupadas por la agricultura, en Arboletes la mayor área de cultivo es la de maíz, seguida del plátano (Tabla 4.1-4). Turbo por su parte, corresponde al municipio donde se concentra la mayor producción de banano (Figura 4.1.5), debido a las excelentes condiciones desde el punto de vista de clima e infraestructura, sin embargo, la intensa actividad está generando impactos ambientales, como la alteración de las propiedades físicas y químicas del suelo por la utilización de fertilizantes, agroquímicos y plásticos; y la contaminación de cuerpos de agua como consecuencia de los residuos líquidos y sólidos provenientes del lavado de la fruta y del lavado de las partículas de

plaguicidas suspendidas en la vegetación por acción de la lluvia en la zona ([Alcaldía Municipal de Arboletes, 2005](#); [AAS, 2009](#); [Alcaldía Municipal de Necoclí, 2004](#); [Adra 2006](#); [Mejía y Gómez, 1999](#)).

Tabla 4.1-4. Principales cultivos y área de producción del municipio de Arboletes. Fuente: Alcaldía Municipal de Arboletes, 2005

Cultivo	Áreas destinadas (ha)	Producción por hectárea
Plátano	900-1430	9 t./h/añual
Arroz	50-250	1.2 t
Yuca	150-400	15 t
Ñame	50-100	20 t
Maíz	300-2850	2.8 t



Figura 4.1.5 Extensiones de cultivo de banano en los municipios costeros del Urabá Antioqueño

Actividad Pecuaria

En el Urabá antioqueño, este sector es dominado en su mayoría por la ganadería bovina, en Arboletes constituye una de las actividades de mayor representación ya que hace uso del 82.47% del territorio; su expansión depende de la absorción de pequeñas unidades agrícolas de tipo familiar, es decir los grandes propietarios durante su proceso de expansión, han absorbido pequeñas unidades agrícolas de tipo familiar. San Juan de Urabá y Necoclí, ocupan entre el 60 y 70% del territorio en la actividad pecuaria ([Alcaldía Municipal de Arboletes, 2005](#); [A.A.S., 2009](#); [Alcaldía Municipal de Necoclí, 2004](#); [Alcaldía Municipal de Necoclí, 2008](#)).

Actividad Turística

La actividad turística en los municipios de Necoclí, San Juan de Urabá y Arboletes se desarrolla a lo largo de la línea costera (Figura 4.1.6), los paisajes naturales son el mayor atractivo turístico, como el Volcán de lodo en Arboletes y las playas Damaquiel y Uveros en San Juan de Urabá. Si el municipio de Necoclí, pretende ser un sitio turístico, debe mejorar su infraestructura hotelera para garantizar un crecimiento en el desarrollo de actividad turística ([Alcaldía Municipal de Arboletes, 2005](#); [A.A.S., 2009](#); [Alcaldía Municipal de Necoclí, 2004](#)).



Figura 4.1.6. Zonas de balneario de Turbo. En la fotografías se aprecia la cercanía de las construcciones a la zona costera y el impacto de la erosión en la línea de costa. Fotos: salida de campo REDCAM 2010 y Jairo Guillermo Vásquez

Actividad Portuaria y Marítima

Las instalaciones portuarias en Turbo están destinadas principalmente a atender las necesidades de la industria del banano; las infraestructuras que existen son las Nueva Colonia, Zungo y en el muelle de Waffe (Figura 4.1.7); las dos primeras ubicadas a 3 y 10 km del río León respectivamente (Taborda, 2007). Si se analiza la estadística presentada en el documento elaborado por la comunidad andina, es evidente el incremento en el transporte de mercancías en Turbo, los registros muestran que se pasó de movilizar 1404751 toneladas en 1998 a movilizar 1633000 toneladas en el 2006 ([INCOPLAN – PARSONS, 1999](#); [Comunidad Andina, 2010](#)).

Por último es importante resaltar que Turbo carece de sistemas apropiados de cargue y descargue de mercancías, el proceso aún se realiza a través de trenes de barcazas, movidos por remolcadores que se desplazan hasta la ubicación de fondeo de los buques en bahía Colombia ([Lara, 2003](#)).



Figura 4.1.7. a) Instalaciones portuarias para la industria del banano en Nueva Colonia. b) Sector Waffe, sitio con movimiento de lanchas para el transporte de pasajeros, cargue y descarga mercancía y víveres provenientes del Chocó

Comercio

La actividad comercial en el Urabá Antioqueño, se basa en la agroindustria de banano y plátano, Turbo concentra la mayor parte de la infraestructura para el desarrollo de la actividad comercial, cuenta con depósitos abiertos y cerrados privados en sectores aledaños a los canales de acceso de los cargueros (embarcaderos, Zungo y Nueva Colonia), así como también con áreas de fondeo, importantes para los procesos de exportación ([García-Valencia, C, 2007](#)). Por otro lado, en Necoclí se desarrollan actividades comerciales basadas principalmente en el sector alimenticio, graneros, supermercados, tiendas, accesorios y venta de combustible, además se encuentran establecimientos dedicados a la venta de materiales para la construcción ([Alcaldía Municipal de Necoclí, 2004](#))

Diagnóstico Departamentos del Caribe

San Andrés, Providencia y Santa Catalina



Vista área isla de San Andrés. Foto Juan Pablo Parra



Vista área isla de Providencia y Santa Catalina. Foto Juan Pablo Parra

4.2 SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

El departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina es conocido por su riqueza natural, como son las playas, aguas claras y arrecifes de corales, que contribuyen a su valor turístico. En términos generales las aguas de este departamento mostraron una calidad aceptable desde el punto de vista de presencia de contaminantes químicos, como metales pesados, hidrocarburos y plaguicidas organoclorados. Sin embargo, hay que hacer seguimiento a la entrada de nutrientes, a la presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal en las aguas costeras, y a la presencia de algunos plaguicidas, ya que se han presentado algunos valores que podrían indicar un riesgo para el ecosistema. Desde el punto de vista microbiológico, algunas estaciones han sobrepasado los lineamientos de la legislación nacional, posiblemente por la entrada de aguas servidas que también podría explicar altos niveles de nutrientes. Es muy importante la mitigación de estos problemas para la conservación ambiental y económica, teniendo en cuenta que las atracciones naturales y el turismo, son la principal actividad económica de las islas.

4.2.1 Área de estudio

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina está situado en el norte del país, en el Mar Caribe entre los 12° y 16° de latitud norte y los meridianos 78° y 82° de longitud oeste. Posee una superficie de 44 km², que incluye las dos islas principales y una serie de cayos ([IGAC, 2008](#)). La red de 25 estaciones de muestreo de calidad de aguas no incluyen los cayos, solamente se establecieron alrededor de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en los sitios de desarrollo económico y turístico, en los que se han identificado actividades que puedan generar algún impacto a la zona costera (Figura 4.2-1).

4.2.2 Variables fisicoquímicas

4.2.2.1 In situ

La temperatura superficial del agua en la época lluviosa del 2009 fluctuó en un rango estrecho (27,9 a 29,7 °C), con excepción de la estación Gully Bottom House en Providencia, donde se midieron 24,2 °C. En la época seca la temperatura superficial del agua en San Andrés alcanzó valores entre 27,8 y 30,8 °C, valores normales para la isla. La salinidad del agua en época lluviosa de 2009 osciló entre 34,9 y 36,0 con el valor más bajo de 32,7 medido en la estación de Bahía Hooker plantas (Figura 4.2-2). En la época seca de 2010, se presentó un descenso de salinidad en la mayoría de las estaciones de San Andrés, excepto en Bahía Hooker manglar y plantas, Casablanca y Jhonny Cay, donde la salinidad aumentó (Figura 4.2-2). No obstante, los valores medidos son normales para aguas marinas, que en promedio tienen salinidades de 35 ([Cifuentes, et al: 2009](#)). Las variaciones de salinidad en aguas marinas, generalmente resultan por las lluvias o aportes terrestres de agua dulce, como se muestra en Bahía Hooker donde la gran variación es típica de las aguas estuarinas que ha presentado promedios históricos (1997-2010) de 31,8±5,1 en la época lluviosa y de 35,0±2,0 en la época seca.

El oxígeno disuelto mostró valores adecuados de calidad en la mayoría de las estaciones de Providencia y San Andrés, con la excepción de algunas concentraciones ligeramente inferiores al límite de 4 mg/L establecido para la preservación de la flora y la fauna (Minsalud, 1984), en las estaciones de Gully Bottom House (3.1 mg/L) y en Bahía Hooker (3.3 mg/L).



Figura 4.2-1. Estaciones de muestreo en el departamento de (a) San Andrés y (b) Providencia y Catalina

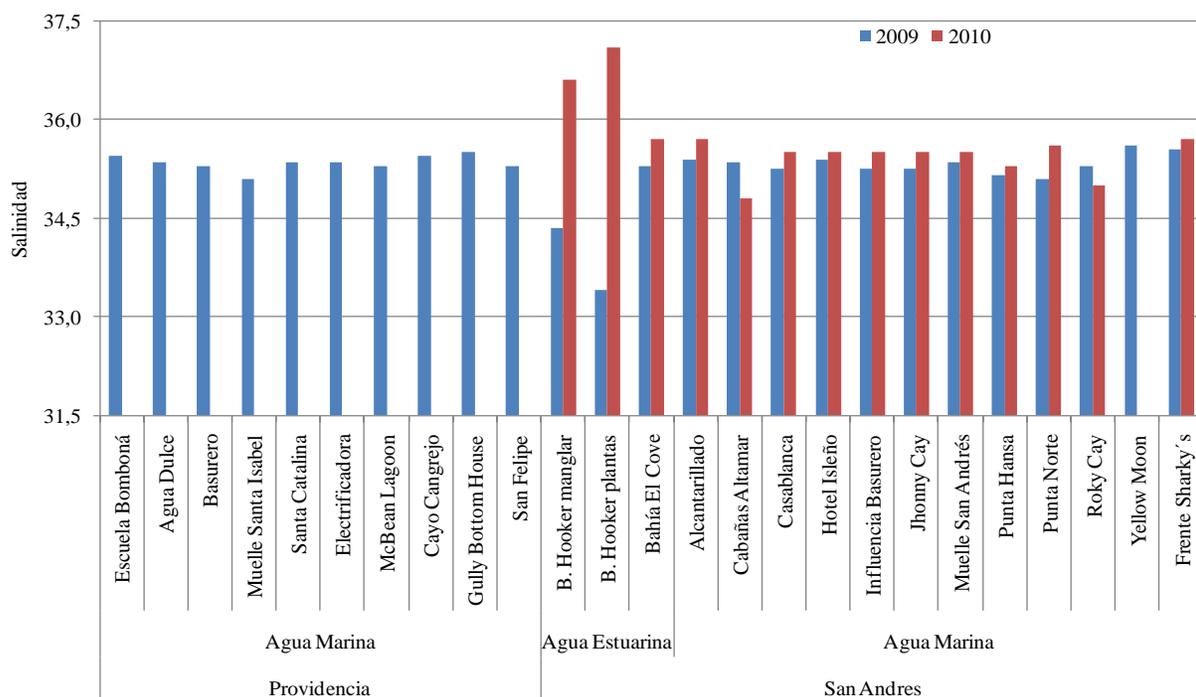


Figura 4.2-2. Salinidad (%) en las estaciones de San Andrés y Providencia, entre la época lluviosa 2009 y la seca 2010.

4.2.2.2 Sólidos Suspendedos

En todas las estaciones, los valores de sólidos suspendidos (SST) estuvieron entre 1 y 5 mg/L, valores menores o iguales al límite permisible para la conservación de arrecifes de coral propuesto por el [Gobierno de Barbados \(2004; SST < 5 mg/L\)](#), con excepción de la estación de McBean Lagoon en Providencia (16 mg/L; Figura 4.2-3). Esta estación hace parte de la cuenca hidrográfica del Parque Nacional Old Providence, donde hay actividad ganadera, se producen escorrentías de marraneras y de pozos sépticos y se sabe que hay un incremento de sedimentos y arenas en los flujos de agua ([Vivas-Aguas, et al., en prep.](#)). Los datos históricos de SST en McBean Lagoon siempre estuvieron por debajo de 5 mg/L entre 2002-2006, sin embargo, en las épocas lluviosas de 2007, 2008, 2009 y la época seca de 2008, se observó concentraciones de SST de 15,0, 18,0, 16,0 y 11,0 mg/L, respectivamente.

No se midieron los SST en Providencia para la época seca 2010, solo se midieron en la época de lluvias de 2009, por lo tanto no es posible establecer algún patrón estacional para ésta isla. En San Andrés en general, los SST fueron menores durante la época lluviosa 2009 (Figura 4.2-3), este resultado se debe a que el fenómeno de El Niño inició en mayo del 2009 y se mantuvo casi hasta finales de este año, llevando a una prolongada época seca, por lo cual la escorrentía continental disminuyó y de esta forma la carga de sólidos en suspensión fue menor. El 2010 por el contrario se ha caracterizado por el aumento de la pluviosidad ([IDEAM, 2010](#)), que genera un lavado de los suelos de la isla y el aumento en la escorrentía de aguas, con un aumento de la carga de sólidos en suspensión.

Al comparar estos resultados, con los históricos de REDCAM (2001 a 2008; [Vivas-Aguas et al., en prep.](#)), se observa que los valores de esta variable se encuentran dentro de los rangos medidos 3,1 y 15,3 mg/L, con excepción de los promedios de la época lluviosa del año 2007 en las estaciones de Providencia que alcanzaron un promedio de 24,7 mg/L, los cuales se atribuyeron al paso del Huracán Beta. Es de resaltar

que en general durante la época de lluvias hay un aumento del contenido de SST, el cual está asociado a los aportes de sedimentos desde las microcuencas hidrográficas que aumentan su caudal y escorrentías, por el aumento de las precipitaciones.

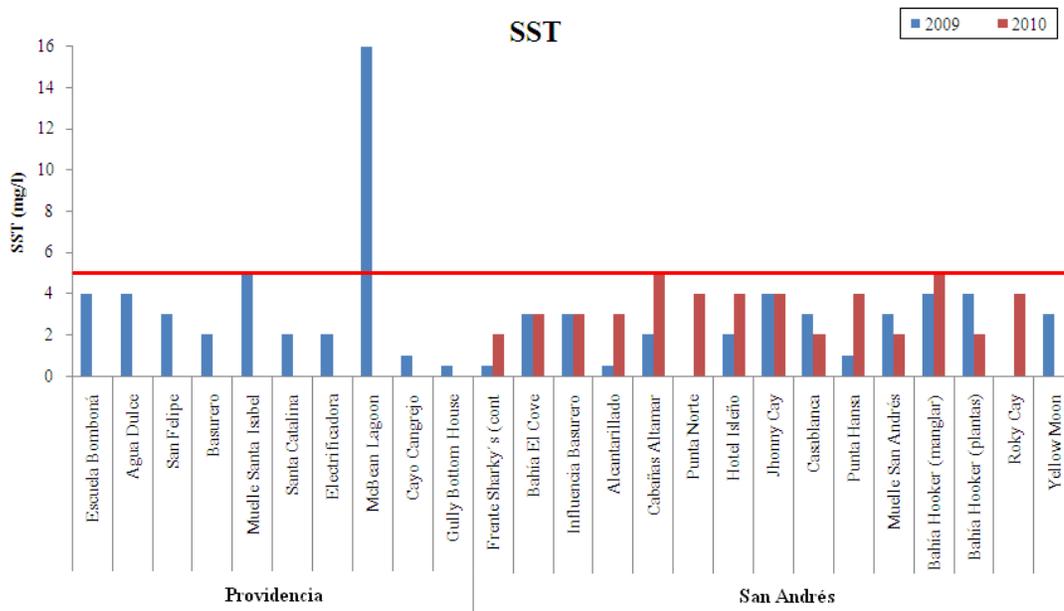


Figura 4.2-3. Concentración de Sólidos Suspendedos medidos en San Andrés y Providencia, entre la época lluviosa 2009 y la época seca 2010. La línea roja representa el valor de referencia de 5 mg/L propuesto por el Gobierno de Barbados (2004), para la conservación de arrecifes de coral.

4.2.2.3 Nutrientes Inorgánicos Disueltos

El amonio ($N-NH_4$) y los nitritos ($N-NO_2$), tuvieron un comportamiento similar, con valores más bajos en la época lluviosa 2009 que en la seca de 2010. El amonio osciló, en un rango de 4 a 21 $\mu g/L$, excepto en Bahía Hooker (Plantas), donde se encontró una concentración de 106 $\mu g/L$; y los nitritos que estuvieron por debajo del límite de detección del método (2 $\mu g/L$), con excepción de las estaciones Muelle San Andrés y Bahía Hooker (Plantas), en las cuales las concentraciones alcanzaron valores de 3 y 7 $\mu g/L$, respectivamente. Como se explicó anteriormente, el muestreo de la época seca de 2010, solo se realizó en las estaciones de San Andrés, en las cuales se observó un incremento de las concentraciones de estos dos nutrientes, excepto los nitritos de la estación Muelle San Andrés y los dos nutrientes en la estación Bahía Hooker (Plantas). Estos resultados pudieron deberse a la gran cantidad de lluvia que cayó durante la época seca del 2010, debido al evento La Niña, las cuales sobrepasaron los valores del año 2009, el cual fue bastante seco dado que fue un año El Niño (IDEAM, 2010).

Al comparar estos resultados con los históricos de la REDCAM (Vivas-Aguas et al., en prep.), se puede observar que en general las concentraciones fueron más bajas con respecto a los promedios históricos, las cuales han estado entre 10 y 40 $\mu g/L$, con valores incluso de hasta 405,6 $\mu g/L$, en la estación Alcantarillado, de la época lluviosa del año 2000. En el caso de los nitratos ($N-NO_3$), durante la época lluviosa 2009, las concentraciones estuvieron entre 32 y 83 $\mu g/L$, las mayores concentraciones en Providencia se encontraron en las estaciones Agua Dulce y Muelle Santa Isabel y en San Andrés en las estaciones Yellow Moon y Casablanca (Figura 4.2-4). En la época seca del 2010, las concentraciones de $N-NO_3$ disminuyeron, con excepción de las estaciones Alcantarillado, Punta Hansa y Roky Cay. A parte

de estas dos últimas estaciones que registraron los valores más altos de nitratos (151 y 154 $\mu\text{g/L}$ respectivamente), las concentraciones actuales se encuentran dentro de los rangos históricos de la REDCAM para San Andrés (promedio: $63,9 \pm 62,1 \mu\text{g/L}$) y Providencia (promedio: $48,9 \pm 22,8 \mu\text{g/L}$). Es de resaltar que durante el monitoreo se observó una tendencia creciente entre 2001 y 2006 de los datos de N-NO_3 en ambas islas, con un valor que se desvió del promedio (262,4 $\mu\text{g/L}$) en Bahía Hooker, durante la época lluviosa de 2001, seguido por un descenso a partir del 2008 Figura 4.2-5).

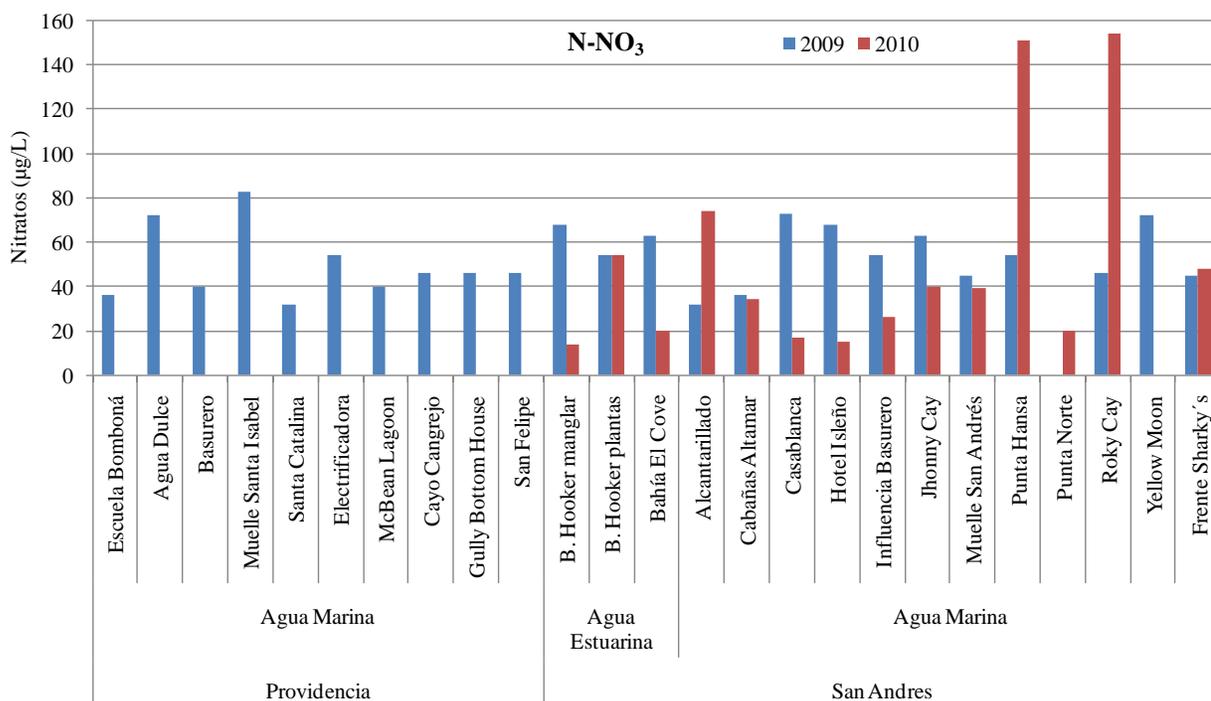


Figura 4.2-4. Concentración de Nitratos (N-NO_3), en las estaciones de San Andrés y Providencia, durante la época lluviosa 2009 y la época seca 2010.

Los fosfatos (P-PO_4) en Providencia fueron en general mucho más bajos (con valores que oscilaron entre 27 y 93 $\mu\text{g/L}$) que en San Andrés los cuales estuvieron en el rango de 37 a 472 $\mu\text{g/L}$, presentando valores altos frente al Hotel Isleño (265 $\mu\text{g/L}$) y en las estaciones de la costa oeste durante la época lluviosa del 2009 como en la Bahía el Cove (298 $\mu\text{g/L}$), Influencia Basurero (229 $\mu\text{g/L}$), y Alcantarillado (472 $\mu\text{g/L}$), y durante la época seca del 2010 en las estaciones de Bahía Hooker (manglar = 126 $\mu\text{g/L}$; plantas = 103 $\mu\text{g/L}$) y Jhonny Cay (351 $\mu\text{g/L}$; Figura 4.2-6). Las concentraciones de ortofosfatos medidos en Providencia en este período de estudio, se encuentran dentro de los promedios históricos de Providencia (época seca: $60,8 \pm 105,6 \mu\text{g/L}$; época lluviosa: $131,6 \pm 249,4 \mu\text{g/L}$), sin embargo, valores reportados en las varias estaciones mencionadas arriba se encontraron superiores a los promedios históricos de San Andrés (época seca: $48,8 \pm 114,4 \mu\text{g/L}$; época lluviosa: $84,3 \pm 131,0 \mu\text{g/L}$) Los datos históricos muestran mayores niveles de P-PO_4 para el departamento en la época lluviosa que la época seca ($p < 0,001$) y un aumento de la presencia de este nutriente en ambas islas en los años recientes (2006 – 2010) en comparación con los años 2001 – 2005 ($p < 0,001$) (Figura 4.2-7).

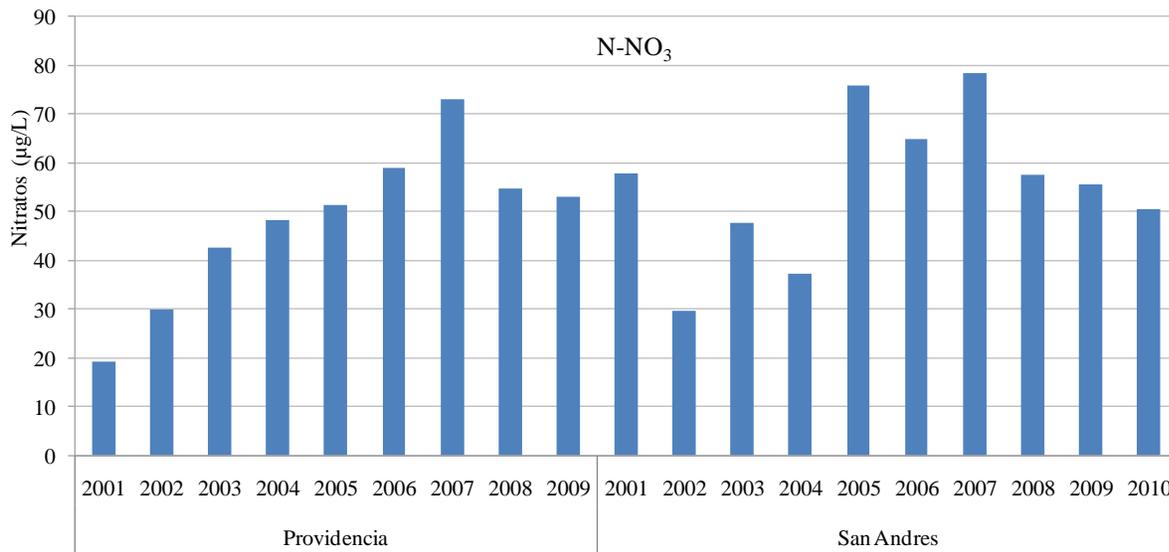


Figura 4.2-5. Promedios históricos de la concentración de Nitratos (N-NO₃), en las estaciones de Providencia y San Andrés entre 2001 y 2010.

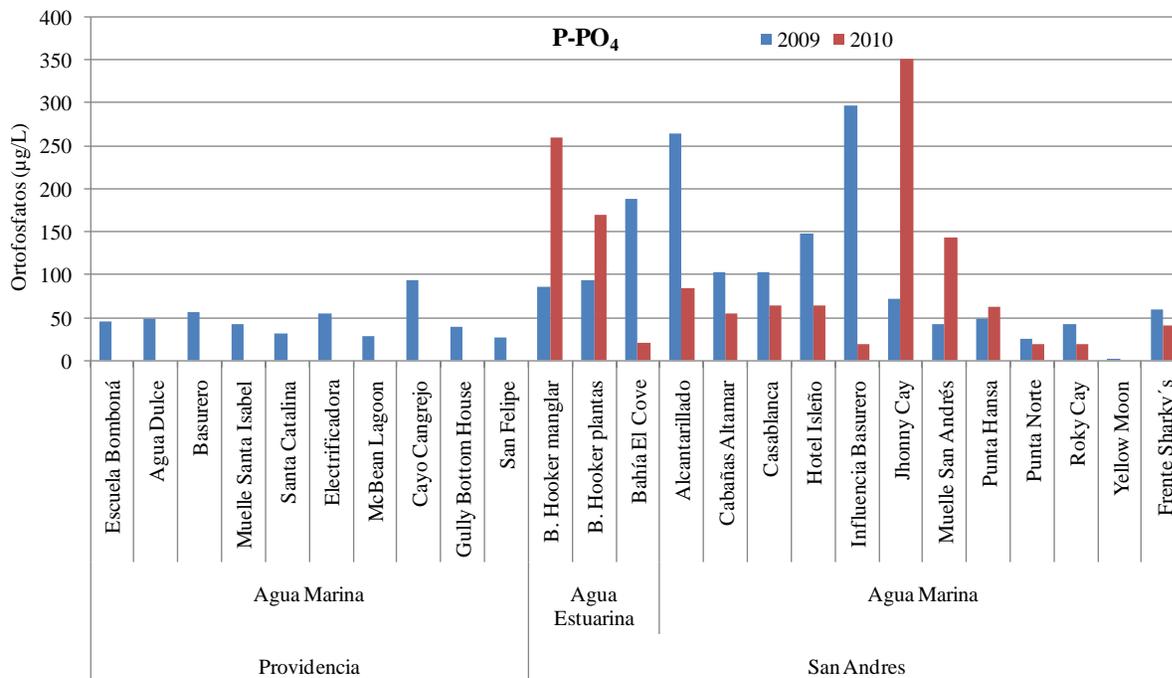


Figura 4.2-6. Concentración de Fosfatos medidas en San Andrés y Providencia en la época lluviosa 2009 y la seca de 2010.

En general por ser islas oceánicas, el comportamiento de los nutrientes inorgánicos disueltos (nitratos, nitritos, amonio y ortofosfatos) debería ser diferente al observado, encontrándose muy bajas concentraciones en la superficie, principalmente los nitratos y ortofosfatos que son las formas en las cuales el plancton satisface sus requerimientos de nitrógeno y fósforo durante los procesos fotosintéticos,

por lo tanto, las concentraciones de los nutrientes medidos en las islas de San Andrés y Providencia parecen bastante elevadas, si bien se han mantenido dentro de los rangos históricos del monitoreo REDCAM, en los últimos 10 años.

Ante la ausencia de límites permisibles por la legislación colombiana, los datos se compararon con los estándares establecidos en Barbados para la protección de corales ($N-NO_3-NO_2 < 9.8 \mu\text{g/L}$ y $P-PO_4 < 2.48 \mu\text{g/L}$; [Gobierno de Barbados 2004](#)), debido a que esta isla oceánica es parecida a San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Otros valores de referencia para la salud de los arrecifes, como estados de florecimiento de macro algas en arrecifes del Caribe ($N-NO_3-NO_2-NH_4 > 14.0 \mu\text{g/L}$ y $P-PO_4 > 3.1 \mu\text{g/L}$; [Lapointe, 1997](#)) y concentraciones que impactan la fisiología de corales ($N-NO_3 = 14.0 - 280.0 \mu\text{g/L}$ y $P-PO_4 = 62.0 \mu\text{g/L}$; [Fabricius, 2005](#)) también sugieren que los valores reportados en San Andrés y Providencia son altos. Investigaciones sobre las posibles fuentes que incrementarían los nutrientes serán muy pertinentes para la conservación de estos ecosistemas que son importantes como recursos naturales y turísticos.

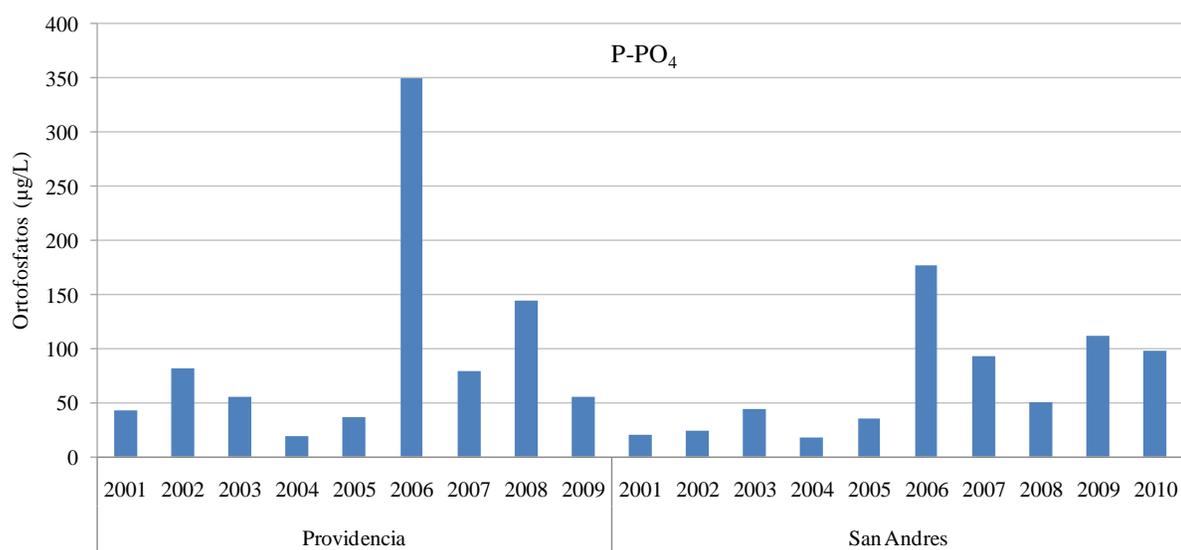


Figura 4.2-7. Promedios históricos de Fosfatos (P-PO₄), medidos en Providencia y San Andrés entre 2001 y 2010.

4.2.3 Contaminación Microbiológica

En los últimos diez años, mediante el monitoreo de REDCAM, se ha podido establecer que el departamento se caracteriza por tener en sus zonas de playas una buena calidad sanitaria. Para el monitoreo realizado durante este periodo, sólo las estaciones de Jhonny Cay (940 NMP/100mL) y Muelle Santa Isabel (1600 NMP/100mL) en la época lluviosa del 2009 sobrepasaron el límite permisible de coliformes termotolerantes - CTE establecido en el decreto 1594 de 1984 ([MinSalud 1984](#); CTE < 200 NMP. 100mL⁻¹). Aún cuando el muelle Santa Isabel, no es propiamente un balneario, este es empleado por algunos pobladores locales para actividades de recreación. Al igual que en otros años, máximas concentraciones de coliformes se encontraron en Bahía Hooker, en este caso en la estación Bahía Hooker (Plantas) con una concentración de 1600 NMP/100 mL, sin embargo estos niveles no impiden el uso de este estuario para actividades de contacto secundario, como la pesca realizada por pobladores nativos. Con respecto al punto de monitoreo Johnny Cay, es importante mencionar que el comportamiento histórico, no muestra resultados similares de forma repetitiva o constante en años anteriores a 2009. De hecho, las densidades de poblaciones de microorganismos son considerablemente bajas comparadas con el límite máximo admisible para aguas marinas destinadas a actividades de contacto primario, en la mayoría de los

casos. Solo en el 2001 (época seca) se presentó un valor superior a 200 NMP/100 mL, sin embargo, no fue tan alto como el observado en 2009.

Para la época seca del 2010, el 100% de los casos, las estaciones fueron aptos para actividades de contacto primario, esto puede deberse a los efectos bactericidas de los mares, bien sea por salinidad, radiaciones solares y UV (Oli y Krstulovi, 1992). Establecer condiciones sanitarias aptas en las playas es un factor fundamental para proteger a los usuarios y contribuir al desarrollo del sector turístico, teniendo en cuenta que los balnearios adquieren un valor agregado al presentar un nivel óptimo de calidad microbiológica y son un mecanismo para satisfacer el derecho fundamental a la recreación, como una alternativa para el disfrute de la población (Acuña et al., 1998), especialmente en el Departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, cuya principal actividad económica es el turismo.

4.2.4 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

Los registros de hidrocarburos dispersos y disueltos (HDD) en el agua de todas las estaciones muestreadas durante las épocas lluviosa del 2009 y seca 2010 (Figura 4.2-8) fueron inferiores al valor de referencia de 10 µg/L (UNESCO, 1984; Atwood et al., 1988), indicando que no hay riesgo para los organismos marinos, por este tipo de contaminantes. Con excepción de las estaciones Bahía Hooker (plantas) y Muelle San Andrés, en las demás estaciones se observa un aumento de concentración en la época seca del 2010. En la época de lluvias del 2009, las concentraciones variaron entre 0,07 - 2,30 µg/L y durante la seca 2010 entre 0,07 – 1,90 µg/L.

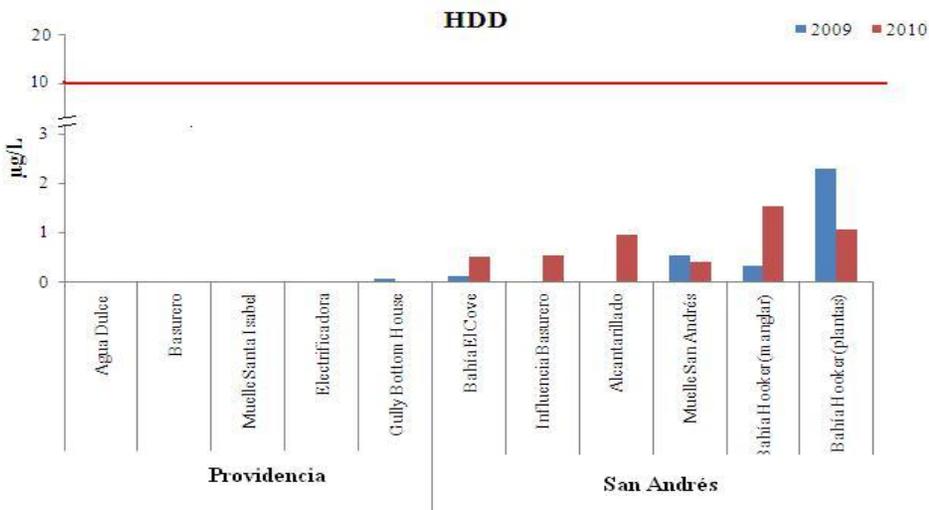


Figura 4.2-8. Hidrocarburos disueltos y dispersos medidos en San Andrés y Providencia, durante la época lluviosa 2009 y la época seca 2010. La línea roja representa el valor de referencia 10 µg/L propuesto por UNESCO (1984).

En general, valores promedio de HDD de los datos históricos de la REDCAM desde su inicio en el 2001, han sido inferiores al valor de referencia. Solamente en el año 2002 se reportan concentraciones por encima de este valor, con un máximo en el 2002, en la estación Bahía Hooker (plantas), donde se encontró un valor de 25,17 µg/L. No obstante, en los años siguientes no se ha reportado otro valor tan alto y en general la tendencia a partir de ese año ha sido a disminuir la concentración de hidrocarburos disueltos y dispersos, hasta los valores actuales que están por debajo de 5 µg/L, los cuales no constituyen riesgo para los organismos de la zona. Cabe resaltar que el análisis histórico muestra un aumento de la concentración de HDD durante la época lluviosa, con un promedio de 3,49 ± 6.30 µg/L. Esto se atribuye a las escorrentías, y a la actividad portuaria y marítima del sector (Bahía Hooker y Muelle San Andrés).

En cuanto a la evaluación de plaguicidas, las concentraciones de moléculas en agua han sido indetectables en la mayoría de estaciones del departamento, sólo en los años 2006 y 2005 se registraron valores de organoclorados (OC) por encima del valor de referencia (30 ng/L; [Marín, 2002](#) y [Garay y Vélez, 2004](#)). Para el periodo 2002 - 2003 los valores más altos para el departamento se encontraron en 12,0 ng/L (Bahía Hooker manglar) y 14,4 ng/L (Alcantarillado) respectivamente; en el 2005 en la estación Muelle Santa Isabel el valor superó las concentraciones encontradas en el territorio nacional 59,0 ng/L; y en el 2006 se registró el valor más alto de OC incluso para el país (148,0 ng/L) nuevamente en el Muelle Santa Isabel. Esto siempre generó discusión sobre el origen de estos compuestos en el agua, si los compuestos se usaron o estaban usándose en las islas o provenían de otros países centroamericanos por efectos de corrientes. En el periodo 2007 - 2009 las concentraciones de OC han sido inferiores al límite de detección de la técnica.

En el 2009 se inicio el monitoreo de algunas moléculas de organofosforados, de las 9 moléculas analizadas (Diuron, Diazinon, Clorotalonil, Metil Paration, Bromacil, Clorpirifos, fenamifos, Cis y Trans-Permetrina), sólo se detectó Clorpirifos en una concentración de 98,0 ng/L en el sector sur de Providencia, que de acuerdo a los relatos de los habitantes es el sector de la isla donde se practica la agricultura; y posiblemente este sea el origen de los mismos debido a los muchos usos que tiene este compuesto. De acuerdo a la [EPA \(2008\)](#) concentraciones superiores a 5,6 ng/L pueden representar un riesgo de efectos crónico sobre los organismos más sensibles lo cual amerita atención y vigilancia.

En la época seca del 2010 las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección para el análisis de plaguicidas fosforados y clorados. Lo anterior indica que las concentraciones de compuestos organoclorados siguen su tendencia descendente y en la actualidad no representan riesgo para los organismos marinos, pero hay trazas de nuevas moléculas a las cuales es necesario hacerles seguimiento.

4.2.5 Metales pesados

El vertimiento de aguas residuales y lixiviados de residuos sólidos pueden influir en la calidad de las aguas en el archipiélago de San Andrés y Providencia, debido a la creciente expansión de las zonas urbanas; las condiciones del acueducto y alcantarillado que se ven reducidas, la disposición de los residuos sólidos producidos cuyos lixiviados finalmente son vertidos al mar, pueden alterar las condiciones ambientales generando posibles fuentes de contaminación por tóxicos químicos como es el caso de los metales pesados.

Los registros de los metales estudiados (cadmio Cd y plomo Pb) durante el último periodo de estudio (época de lluvias 2009) fueron inferiores al límite de detección de la técnica aplicada, mientras el Cr registro el mayor valor (2.1 µg/L) en la estación Alcantarillado, sin embargo este valor está muy por debajo del referenciado por normas internacionales como de riesgo (50 µg/L Conama 1986) indicando que no representan riesgo para los organismos marinos.

La concentración de cadmio para este departamento muestra importantes variaciones durante el periodo de muestreo comprendido entre marzo de 2001 y diciembre de 2004 teniendo un valor mínimo de 0.09 µg/L y un máximo de 5,00 µg/L, y con una tendencia a disminuir hacia el año 2009. Sin embargo, estas concentraciones se encuentran por debajo de los referenciados en normas internacionales como de riesgo. El valor máximo registrado se dio en el 2003 en la estación Bahía Hooker (manglar) el cual puede ser un valor puntual y atípico a la zona. En cuanto al plomo las diversas actividades antropogénicas que se efectúan en la zona Sur y Norte del archipiélago pueden ejercer un efecto en la concentración y movilidad de plomo, constituyéndose este elemento en el de mayor presencia para el archipiélago. El rango registrado de concentración de este elemento a lo largo del monitoreo es de 1,20 a 56,49 µg/L, sin embargo las mayores concentraciones se han registrado al inicio del monitoreo 2001-2002 a partir de esta fecha la tendencia general ha sido a disminuir. La concentración de cromo se ha registrado en el rango de 0,05 a 2,10 µg/L. Los resultados muestran que en general la zona de Providencia presenta las menores

concentraciones de los elementos analizados. Las concentraciones de los elementos analizados en aguas costeras en el archipiélago de San Andrés y Providencia están por debajo de los valores referenciados por la [EPA \(2002\)](#) y [Conama \(1986\)](#) como valores de riesgo.

4.2.6 Conclusiones

El departamento de San Andrés en general, presenta una buena calidad sanitaria para actividades de contacto primario y secundario, sin embargo, es importante continuar el monitoreo debido a que se encontraron valores superior a los límites permisibles de coliformes termotolerantes en Jhonny Cay y el Muelle Santa Isabel. Es de gran importancia analizar los datos históricos con respecto a los parámetros microbiológicos, ya que, permite utilizar esta información en conjunto a otros parámetros como soporte para realizar actividades de certificación de playas, organización de eventos de tipo náutico o el seguimiento a zonas de conservación. En Bahía Hooker históricamente se han encontrado niveles de oxígeno disuelto inferiores al límite permisible en Colombia, por la influencia de aguas dulces en esta zona que se invidencia por la variación de salinidad.

Los valores actuales reportados para los sólidos suspendidos y los iones de nitrógeno se encuentran dentro de los promedios históricos, con excepción de dos datos de nitrato en la época seca de 2010. Las concentraciones de fosfatos en Providencia estuvieron dentro de los promedios históricos y en general mucho más bajos que en San Andrés, que presentó algunos valores superiores a los promedios históricos a lo largo de la costa oeste y norte en la época lluviosa de 2009, así como en la Bahía Hooker y Jhonny Cay en la época seca de 2010. En comparación con valores de referencia internacionales para la conservación de arrecifes los datos actuales de sólidos suspendidos son bajos. Sin embargo, los datos de nitratos y fosfatos obtenidos en las islas han sido generalmente altos, representando un riesgo potencial a los ecosistemas y turismo relacionado, tema particularmente preocupante en consideración que se evidencia una tendencia creciente de los nitratos y fosfatos en los promedios anuales a partir de 2001.

Mientras que no se evidencia riesgos al respecto de los contaminantes inorganicos como los metales pesados, ni contaminantes orgánicos como los hidrocarburos y plaguicidas organoclorados y mantienen su tendencia descendente y se encuentran en niveles bajos que no representan riesgo, sin embargo, se están detectando nuevas moléculas de productos organofosforados (Clorpirifos) cerca a zonas de cultivos que pueden conducir a efectos en los organismos acuáticos.

La Guajira



Playa y Salinas de Manaure. Foto Silvia Narváez

4.3 LA GUAJIRA

De manera general, las aguas costeras del departamento de la Guajira mostraron durante el periodo de lluvias de 2009 y seco de 2010 condiciones naturales de oxígeno, salinidad y pH, con excepción de los niveles ligeramente bajos de oxígeno que se presentaron en el río Tomarrazon. En comparación con los datos históricos, en 5 de las 17 estaciones marinas se midieron altas concentraciones de nitrógeno y fósforo, particularmente en Puerto Bolívar y el vertimiento de Riohacha. En términos de calidad sanitaria, son recurrentes las condiciones de riesgo que se presentan en las playas de Manaure, Dibulla y Riohacha debido a las concentraciones registradas de microorganismos indicadores de contaminación fecal. Otro factor de riesgo para los ecosistemas, se encuentra asociado a la persistencia de residuos de plaguicidas organoclorados como Heptacoloro e isómeros de DDT, los cuales fueron prohibidos años atrás pero aun se detectan en el monitoreo. Por otro lado, las concentraciones de hidrocarburos y metales pesados registradas durante este periodo en el agua no representan riesgo para los organismos vivos.

4.3.1 Área de estudio

La península de La Guajira está situada en el norte del país, en el Mar Caribe, entre los 10° 20' y 12° 30' de latitud norte; 71° 01' y 73° 41' longitud oeste, posee una superficie de 20.848 km² de las cuales el 88% hace parte del clima cálido y seco tipo desértico ([IGAC, 2008](#)), el resto del territorio se reparte en pequeñas proporciones entre los pisos térmicos frío, muy frío y nival. Las principales fuentes de agua continental son los ríos Ranchería, Ancho, Cañas, Jerez y Palomino. Las estaciones de muestreo comprenden la extensión litoral, desde el Cabo de la Vela, las cuencas bajas de los tributarios entre el río Ranchería y el Palomino limitando con el departamento del Magdalena (Figura 4.3-1).

4.3.2 Variables fisicoquímicas

4.3.2.1 *In situ*

Las aguas costeras del departamento de La Guajira han mostrado a través del tiempo, condiciones fisicoquímicas (oxígeno, pH, temperatura, salinidad) normales de acuerdo a los lineamientos de calidad establecidos por la legislación colombiana ([MinSalud, 1984](#)) para la preservación de la vida acuática. Bajo este contexto, para el periodo comprendido entre la época lluviosa de 2009 y seca de 2010 se observó que el oxígeno disuelto presentó valores en la mayor parte de las estaciones entre 6.14 y 9.64 mg/L, óptimos para preservar la flora y la fauna de los ecosistemas en la zona. Sólo se presentaron valores ligeramente por debajo de la norma de referencia (4 mg/L) en la estación Tomarrazon-Camarones durante la época lluviosa y seca respectivamente (3.56 mg/L y 3.64 mg/L). Estas bajas concentraciones, se pueden explicar sobre la base de posibles procesos de descomposición de la materia orgánica que decanta el río, lo que disminuye la concentración de oxígeno disuelto ([Silva y Guerra, 2008](#)). En contraste, el valor más alto se presentó en el río Ranchería (9.64 mg/L) en la época lluviosa de 2009. Lo cual podría ser resultado del intercambio con la atmósfera y de la fotosíntesis que ocurre en la superficie ó debido a un buen proceso de circulación de las aguas que permite una óptima ventilación ([Silva y Guerra, 2008](#)).

Con excepción de los ríos Ranchería y Jerez, el pH fluctuó entre 6.88 y 8.97 de acuerdo a las características del tipo de agua (marina, estuarina y fluvial); Para el caso de estos ríos los valores que presentan no son típicos de aguas fluviales, sin embargo denotan la intrusión salina y el comportamiento de estas estaciones como zonas de mezcla. En este período, se observaron variaciones en la salinidad que explican el cambio del régimen hidrológico en la región. Para los principales tributarios del departamento (ríos Jerez, Cañas, Palomino y Ranchería), la salinidad se mantuvo en 0.0 durante las dos épocas, acorde con los valores bajos de conductividad (0.04 – 0.85 mS/cm).

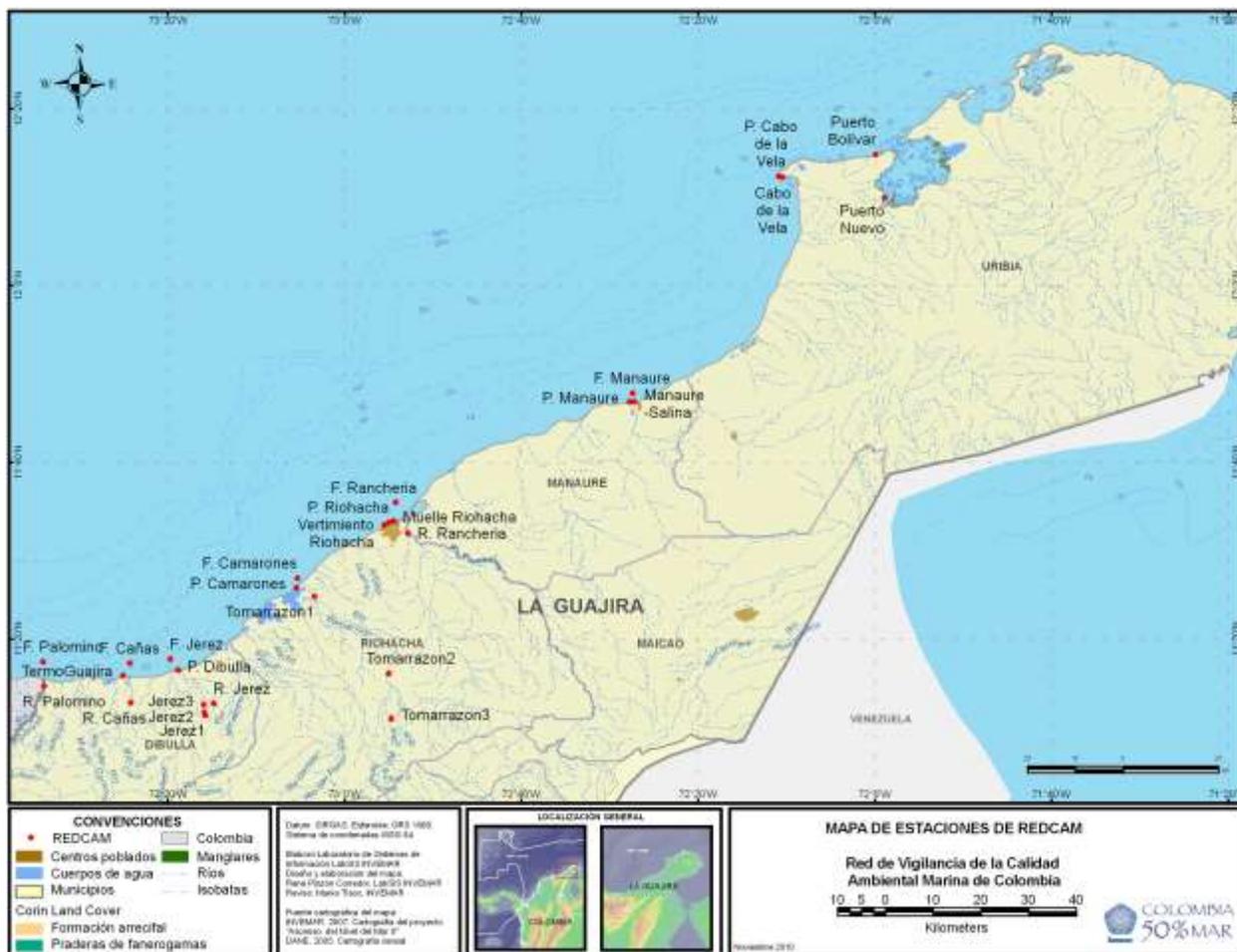


Figura 4.3-1. Estaciones de muestreo en el departamento de La Guajira

En aguas marinas, se observó una disminución de la salinidad en la época seca de 2010 en comparación con la lluviosa de 2009, particularmente en las estaciones frente a los tributarios Cañas, Jerez y Palomino. Este comportamiento pudo estar influenciado por el aporte de las precipitaciones que se presentaron durante el primer semestre del 2010, como consecuencia del fenómeno climático “La Niña”. Para el resto de las estaciones que conforman este grupo con influencia oceánica, se observó un incremento en la salinidad que podría estar relacionado con los fuertes vientos que también acompañaron esta época seca, los cuales contribuyen con la evaporación y el afloramiento de aguas profundas más saladas (Cognetti *et al.*, 2001). En cuanto a la temperatura, las variaciones más relevantes se observaron en aguas marinas (24.0 a 32.0 °C) pero en términos generales y teniendo en cuenta el registro histórico son normales para la región.

4.3.2.2 Nutrientes y Sólidos

Los niveles de SST en las aguas fluviales fueron bajos (1.2-41.5 mg/L), en contraste con las aguas estuarinas y marinas. En este caso, 4 de las 17 estaciones marinas y las dos estaciones estuarinas del departamento (playa Dibulla y río Ranchería), alcanzaron niveles de SST altos, al ser comparados con los valores históricos obtenidos en el proyecto REDCAM (Figura 4.3-2). Se destacan por sus altas concentraciones las aguas del río Ranchería (174.4 mg/L), las playas de Riohacha (168.8 mg/L),

Camarones (472.2 mg/L), Manaure (109.4 mg/L) y el vertimiento de Riohacha (208.0 mg/L). Es importante notar que no se observaron diferencias entre la época lluviosa y seca en aguas marinas y estuarinas. Sin embargo, las aguas fluviales mostraron niveles de SST más altos en la época seca, probablemente debido a las precipitaciones ocurridas durante el año 2010.

En general, los ríos de la Guajira mostraron niveles naturales de nitrógeno en forma de nitrato (50-250 $\mu\text{g/L}$), con excepción del río Jerez que alcanzó una concentración de 364.4 $\mu\text{g/L}$, lo cual es superior a los datos históricos de la estación ($101.4 \pm 102.8 \mu\text{g/L}$) pero no es suficiente para catalogarlo como un río contaminado (Meybeck, 1982). Las aguas estuarinas mostraron niveles de N-NO_3 dentro del rango de los valores históricos registrados para el departamento, mientras que en las aguas marinas, se presentaron niveles superiores a los rangos calculados para este tipo de aguas con la información histórica de la REDCAM (promedio = $38.1 \pm 92.1 \mu\text{g/L}$), específicamente en las estaciones frente a los ríos Cañas y Palomino (140 y 160 $\mu\text{g/L}$, respectivamente), en Puerto Bolívar (100-250 $\mu\text{g/L}$) y en el vertimiento de Riohacha (686.4 $\mu\text{g/L}$).

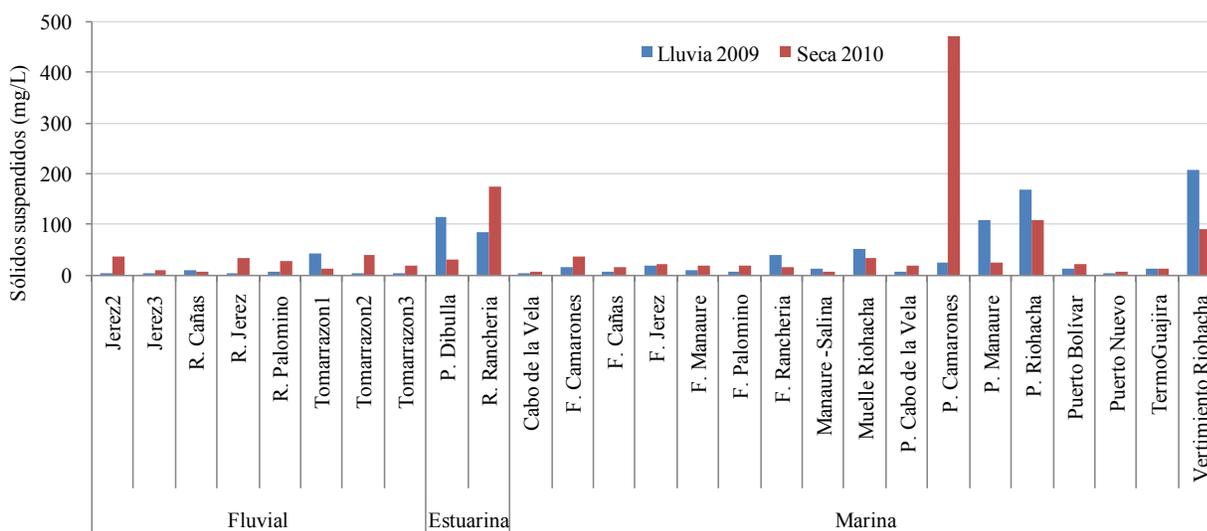


Figura 4.3-2 Concentraciones de sólidos suspendidos (SST) medidas en aguas superficiales del departamento de La Guajira durante la época lluviosa de 2009 y seca de 2010.

En relación con el fósforo, en los tributarios se detectaron niveles de P-PO_4 entre 17-235 $\mu\text{g/L}$. Las máximas concentraciones estuvieron en el río Tomarrazón, que mostró valores superiores al promedio histórico de aguas fluviales del departamento ($50.7 \pm 46.7 \mu\text{g/L}$) sin embargo no son comparables con los niveles que presentan algunos ríos contaminados del mundo (Meybeck 1982). Con respecto a las aguas estuarinas, la playa Dibulla mostró niveles de P-PO_4 inferiores a 16 $\mu\text{g/L}$ mientras que en la estación del río Ranchería los ortofosfatos oscilaron entre 97-127 $\mu\text{g/L}$ de acuerdo con el promedio histórico de la estación ($106.8 \pm 62.8 \mu\text{g/L}$). Adicionalmente, en las aguas marinas se destaca el incremento que se observó en Puerto Nuevo (79.3 $\mu\text{g/L}$) y Puerto Bolívar (52.2 $\mu\text{g/L}$; Figura 4.3-3), siendo estos los máximos niveles obtenidos a lo largo de todo el monitoreo 2001 – 2010 en estas estaciones.

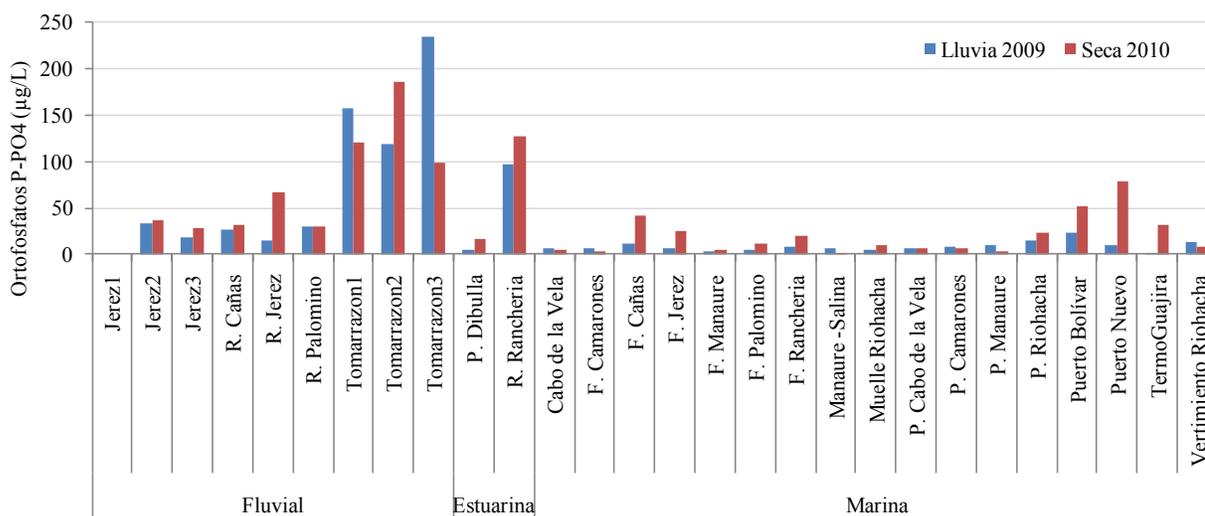


Figura 4.3-3 Concentraciones de fosfatos (P-PO₄) medidas en aguas superficiales del departamento de La Guajira durante la época lluviosa de 2009 y la época seca de 2010.

4.3.3 Contaminación Microbiológica

Las playas generan importantes beneficios económicos, culturales y sociales en las poblaciones (James, 2000), por lo tanto el deterioro de su calidad además de ocasionar riesgos para la salud de los usuarios debido a la presencia de microorganismos causantes de enfermedades, puede causar pérdidas para las economías locales (Dickerson *et al.*, 2007; Benedict y Neumann, 2004). Durante el periodo de evaluación las playas de Camarones, Cabo de la Vela y Punta Cabo de la Vela presentaron condiciones adecuadas para el disfrute de los bañistas y visitantes, en contraste con las playas de Manaure, Dibulla y Riohacha que sobrepasaron los niveles admisibles de coliformes termotolerantes y enterococos establecidos en la normatividad colombiana y las guías de la Organización Mundial de la Salud (Tabla 4.3.1). La presencia de bacterias indicadoras supone la existencia de agentes patógenos (Sampson *et al.*, 2006), los cuales tras contacto o ingestión pueden causar variedad de enfermedades tales como gastroenteritis, patologías respiratorias y dermatológicas, e infecciones en oídos, nariz y garganta (Hose *et al.*, 2005).

Tabla 4.3.1. Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) y Enterococos (UFC/100 mL) en las playas de La Guajira durante la época lluviosa del 2009 y seca del 2010. Los valores en negrilla sobrepasaron el límite permisible de coliformes del decreto 1594 de 1984 (<200 NMP/ 100 mL) y el valor guía de enterococos de la Organización Mundial de la Salud (<40 UFC/100 mL)

	Lluvia 2009		Seca 2010	
	C.Termotolerantes	Enterococos	C. Termotolerantes	Enterococos
Cabo de la Vela	34	5	1,8	<1
P. Cabo de la Vela	25	7	1,8	<1
Playa Camarones	1,8	2	22	1
Playa Dibulla	435	68	300	79
Playa Manaure	240	93	1,8	1225
Playa Riohacha	800	149	30	315

Las playas de Manaure y Riohacha han presentado de manera recurrente condiciones no aptas para actividades recreativas, lo cual se ve influenciado por la baja cobertura del servicio de alcantarillado de las poblaciones y en el caso especial de Riohacha, la ciudad recibe la influencia del río Ranchería ([Troncoso et al., 2009](#)), que transporta los residuos arrojados por las poblaciones ubicadas a lo largo de su cauce. Las concentraciones de microorganismos de origen fecal en este tributario pueden ser en algunos sectores superiores a 160000 NMP/100 mL ([Gómez, 2010](#)) y llegar al mar en concentraciones hasta 90000 NMP / 100 mL (Base de datos REDCAM; 2010). Este mismo fenómeno es observado por la influencia del río Jerez en la playa Dibulla; aunque las concentraciones descargadas históricamente son inferiores a las de río Ranchería, factores como los vientos, material suspendido, radiación solar, mareas, salinidad, oleaje y pH pueden favorecer la supervivencia de los microorganismos y disminuyen el efecto de recuperación del cuerpo de agua, especialmente en esta zona caracterizada por ser un área de mezcla ([Hose et al., 2005](#), [Olyphant, 2005](#)).

4.3.4 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

En el último periodo, los resultados de hidrocarburos en aguas mostraron concentraciones relativamente bajas. Durante la época de lluvias de 2009 el rango estuvo entre 0.07 – 1.12 µg/L y en la época seca de 2010 aumentó ligeramente entre 0.64 – 4.26 µg/L. Si bien el muestreo del primer semestre del 2010, fue planeado para representar el efecto de la época seca, tuvo un inusual aumento en las precipitaciones en el segundo trimestre, lo cual puede ser la razón para el incremento de las concentraciones de hidrocarburos como efecto de los aportes terrígenos. De acuerdo al valor de referencia de la UNESCO/CARIPOL de 10 µg/L para aguas marinas y costeras no contaminadas ([Atwood et al., 1988](#); [UNESCO, 1984](#)), las concentraciones de hidrocarburos aromáticos registradas en el departamento no representan riesgo de toxicidad para los organismos marinos.

El análisis histórico de la información del departamento muestra que las concentraciones más altas se han hallado en los frentes de los ríos Cañas, Palomino y Jerez, y en el último periodo frente a Puerto Nuevo (concentraciones entre 4 y 9 µg/L), pero aunque no superan el valor de referencia, si representan un llamado de alerta para seguir monitoreando dichos sectores y tomar acciones para evitar que las concentraciones sobrepasen dicho nivel.

En cuanto a la evaluación de plaguicidas, se siguen detectando algunos compuestos clorados especialmente isómeros del DDT y Heptacloros debido a su persistencia, en concentraciones que pueden representar riesgo para los organismos más sensibles (como el plancton), en la zona de influencia de las descargas del río Ranchería (Tabla 4.3.2). Concentraciones de estos compuestos, también se detectaron en el Cabo de la Vela, sin embargo su presencia parece obedecer al transporte de estos compuestos desde el sur del departamento, ya que en sus cercanías no se realiza actividades agrícolas. En el 2009 se inició el monitoreo de un nuevo grupo de moléculas que conforman plaguicidas de uso actual. De las nueve moléculas analizadas (Diuron, Diazinon, Clorotalonil, Metil Paration, Bromacil, Clorpirifos, fenamifos, Cis y Trans-Permetrina), sólo se detectó Clorotalonil y Metil Paration en la zona de influencia de las descargas del río Ranchería, posiblemente debido a que en su cuenca se practica la agricultura. Los niveles para estas nuevas moléculas se encuentran por debajo del valor de referencia dado por la [EPA \(2008\)](#) y no representa riesgo para los organismos acuáticos (Tabla 4.3.2).

Tabla 4.3.2. Concentraciones de plaguicidas detectados en aguas del departamento de la Guajira durante la época lluviosa del 2009 y época seca de 2010.

Época	Estación	DDT's (ng/L)	Heptacloros (ng/L)	Clorotalonil (ng/L)	Metil paration (ng/L)
Lluvias 2009	Río Ranchería	7,4	<6,0	115,6	<16,0
	Muelle Riohacha	6,0	<6,0	<8,0	<16,0
	Cabo de la Vela	7,5	16,1	20,7	<16,0
Seca 2010	Río Cañas	<6,0	<6,0	<8,0	32,3
	Frente a río Cañas	<6,0	<6,0	<8,0	65,9
	Nivel de referencia para efectos crónicos (EPA, 2008)	0,5	1,8	360	Nd

Nd: No disponible

4.3.5 Metales pesados

El impacto de la contaminación por metales pesados en esta región costera, ha sido poco estudiado, no existen a la fecha reportes históricos de fuentes importantes de vertimiento de estos elementos en la región, debido a la poca actividad industrial y minera desarrollada en el departamento que pudiera dar lugar a la contaminación por este tipo de elementos. Se prevé que la problemática ambiental a futuro puede estar relacionada a las tensiones originadas por diversas actividades de carácter antropogénico, como ha sido la disposición de basuras a cielo abierto y disposición de aguas servidas, las cuales pueden constituirse en la principal fuente de estos elementos en la región.

Durante el periodo de la época de lluvias de 2009 y la época seca de 2010, los valores de los elementos estudiados (cadmio Cd, plomo Pb y cromo Cr) estuvieron muy por debajo de los niveles de riesgo referenciados en normas internacionales para este tipo de aguas. El Cd registró la mayor concentración (1.92 µg/L) en la estación Tomarrazon 2 en la época de lluvias del 2009, mientras en la época seca de 2010 todas las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección de la técnica analítica utilizada. Por otra parte, para el Pb el rango durante este periodo fue de 0.07 a 3.46 µg/L; la mayor concentración (3,46 µg/L) se registro en la estación Tomarrazon 3 en la época seca de 2010. De igual forma, en el caso del Cr la mayor concentración (14.92 µg/L) se registro en la estación Tomarrazon 3 en la época seca de 2010 y el rango durante el periodo de época de lluvias de 2009 a época seca de 2010 fue de 0.25 a 14.92 µg/L, valor que se encuentra por debajo de los niveles de riesgo referenciado por la [EPA \(2002\)](#) de 50 µg/L.

El comportamiento de los elementos analizados (cadmio, plomo y cromo) en el departamento de la Guajira, no muestra una tendencia general. El Cd evidencia una disminución entre el 2001 y 2008, con un leve aumento en el 2009. Es de notar que ningún valor de cadmio a lo largo del monitoreo 2001 a 2010 (0.02 a 2.86 µg/L) ha sobrepasado los valores referenciados en normas internacionales como de riesgo (8.8 µg/L [EPA, 2002](#); 10 µg/L [CONAMA, 1986](#)). La concentración de Cr, de igual manera como el Cd, tiene los mayores valores hacia el 2001 y 2002 y el rango histórico registrado (0.05 a 14.92) está muy por debajo del valor referenciado como de riesgo (50 µg/L) por normas internacionales ([EPA, 2002](#); [CONAMA, 1986](#)), sin embargo se observa con el tiempo un aumento en la frecuencia de determinación y en las concentraciones registradas. Con referencia al Pb, como en otras regiones costeras del Caribe en la Guajira se denota una mayor influencia en la calidad ambiental presentando las mayores concentraciones frente al Cd y Cr. Este fenómeno puede ser incidido principalmente por las actividades antropogénicas ubicadas en las riveras de los ríos, lo que se puede corroborar al analizar los resultados, en donde las estaciones ubicadas en el río Palomino y el río Ranchería presentan mayores concentraciones en el año 2002. A pesar de esto durante el periodo 2003 a 2010, se presenta como tendencia general un descenso en

la concentración de este metal, que se mantiene a lo largo del monitoreo en el rango de 0.05 a 59.10 $\mu\text{g/L}$, concentraciones que no superan los valores referenciados como de riesgo en la normatividad internacional.

4.3.6 Conclusiones

En el departamento de la Guajira, las variables fisicoquímicas presentaron un comportamiento acorde a los tipos de agua y sólo se presentaron concentraciones de oxígeno inferiores a 4 mg/L en la estación del río Tomarrazón – Camarones, las cuales son inadecuadas para la vida acuática, según la norma. Se presentaron altas concentraciones de sólidos suspendidos comparadas con los datos históricos en 4 de las 17 estaciones marinas y las 2 estaciones estuarinas, mientras que en las aguas fluviales fueron bajas.

Las concentraciones de nutrientes en las aguas fluviales estuvieron relativamente bajas, a excepción de algunos valores altos de nitratos y fosfatos en los ríos Jerez y Tomarrazón, respectivamente. En las aguas estuarinas estuvieron dentro del rango de datos históricos, siendo las estaciones del río Ranchería y playa Dibulla las que por lo general presentan los niveles de nitratos y fosfatos más altos. De las 17 estaciones de aguas marinas en 4 se reportaron altas concentraciones de nitratos y fosfatos especialmente, en Puerto Bolívar y el vertimiento de Riohacha.

La calidad microbiológica de la zona costera de este departamento se ve afectadas por la baja cobertura del servicio de alcantarillado y la influencia de los ríos, de tal forma que en el presente análisis las playas de Manaure, Dibulla y Riohacha sobrepasaron los niveles admisibles de coliformes termotolerantes y enterococos establecidos en la normatividad colombiana y las guías de la Organización Mundial de la Salud para aguas recreativas.

En relación con los contaminantes orgánicos, el contenido de hidrocarburos en el agua costera del departamento no representa riesgos para los organismos vivos; sin embargo aún se siguen registrando algunos compuestos organoclorados que fueron prohibidos y que pueden estar en el medio, debido a su persistencia (especialmente isómeros de DDT y Heptacloro), en concentraciones que de acuerdo a la normatividad pueden representar algún riesgo especialmente para los organismos más sensibles. Esta situación amerita continuar con la vigilancia de dichos compuestos.

Las concentraciones promedio de Cd, Cr y Pb medidas en este departamento durante el periodo 2001 a 2010, han estado por debajo de los límites establecidos internacionalmente como de riesgo; aunque no se evidencia una tendencia general en las concentraciones de estos elementos, es de interés como el 2009 aumentan levemente las concentraciones de Cd y Cr.

Magdalena



El Morro y Morrito de Santa Marta. Foto Paola Bautista

4.4 MAGDALENA

Las aguas marinas y costeras del departamento del Magdalena, presentaron condiciones fisicoquímicas normales en variables como oxígeno, pH, temperatura y salinidad para la preservación de la flora y la fauna de acuerdo con la legislación colombiana. Particularmente, en el Distrito de Santa Marta existen sitios donde la influencia de las actividades humanas, afectan estas condiciones; entre ellos la playa municipal, el río Manzanares y el Muelle de Cabotaje del Puerto de Santa Marta. Es necesario prestar atención a los ríos que atraviesan el departamento ya que pueden afectar directamente la calidad de zonas costeras por la entrada de aguas residuales, como es el caso de la playa Buritaca que en el último monitoreo no cumplió con los límites permisibles a nivel microbiológico para el desarrollo de actividades de contacto primario y secundario. Fuentes domésticas pueden aumentar los niveles de nutrientes en las aguas marinas, al riesgo de los arrecifes del Parque Tayrona, juntos con fuentes agrícolas que también demuestran persistencia de los plaguicidas prohibidas, organoclorados. Finalmente, para los niveles medidos de metales pesados, no se describen riesgos para las aguas marinas y costeras.

4.4.1 Área de estudio

El Departamento del Magdalena está situado en el norte del país, en la región de la llanura del Caribe; localizado entre en el Mar Caribe, entre los 09°00' y 11° 28' de latitud norte; 73° 39' y 73° 51' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 23.188 km² lo que representa el 2,0 % del territorio nacional ([IGAC, 2002](#)). Limita por el Norte con el mar Caribe, por el Este con los departamentos de La Guajira y Cesar, por el Sur y Oeste con el río Magdalena, que lo separa de los departamentos de Bolívar y Atlántico. Los principales ríos del departamento son Don Diego, Buritaca, Guachaca, Piedras, Manzanares, Sevilla y Fundación. La red de 41 estaciones de muestreo en el departamento, incluye toda la extensión litoral y se ubican en importantes áreas de interés turístico, de conservación ambiental y desarrollo económico; esta red de estaciones se han mantenido constante durante los últimos tres años de monitoreo (Figura 4.4-1).

4.4.2 Variables fisicoquímicas

4.4.2.1 In situ

Las aguas costeras del departamento del Magdalena son afectadas generalmente por actividades antropogénicas: la existencia de un Muelle de Cabotaje donde se desarrollan las principales actividades económicas de la ciudad de Santa Marta, el emisario submarino que colecta y vierte los residuos domésticos de la ciudad son las mayores fuentes e inciden sobre la calidad de estas. Paralelamente, recibe los aportes de ríos como el Manzanares y Gaira que arrastran consigo una considerable carga orgánica proveniente de los vertimientos de aguas residuales y desechos de las poblaciones por donde cruzan ([INVEMAR, 2002](#)). En contraste con los anterior, los resultados de la evaluación histórica de las condiciones fisicoquímicas del agua ha mostrado que estas presentan condiciones normales según los estándares de calidad empleados como referencia, considerándolas aptas para la preservación de flora y fauna acuática.

La evaluación de los resultados obtenidos entre la época lluviosa del 2009 y seca del 2010 mostró desde el punto de vista de las variables fisicoquímicas buenas condiciones para las aguas costeras del departamento, al presentar valores de dentro de los rangos esperados: el oxígeno disuelto (OD) presentó concentraciones por encima de los 4,0 mg/L, valor mínimo permisible exigido por la norma colombiana para los propósitos de preservación de vida acuática ([MinSalud, 1984](#)).

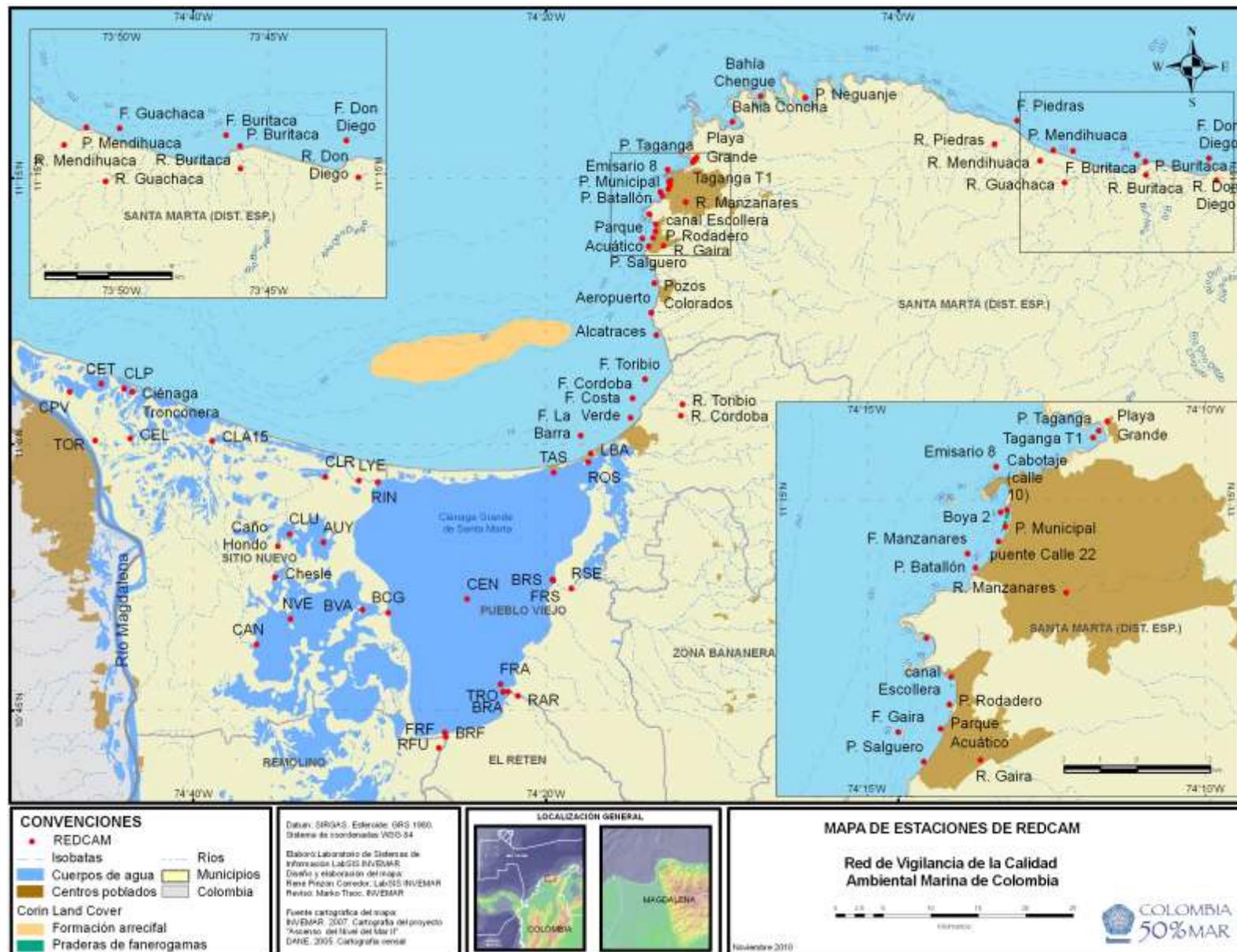


Figura 4.4-1. Estaciones de Muestreo Departamento del Magdalena

Los cambios más sobresalientes se observaron en aguas fluviales, principalmente en la estación de río Manzanares, con un valor extremo de 18,7 mg/L en la época seca de 2010, lo cual puede deberse a las precipitaciones atípicas de esta época que conllevó a una alta circulación y oxigenación del agua, por otro lado, valores extremos de OD son indicativos del consumo de oxígeno para la producción primaria (Alvarado y Aguilar, 2009). En aguas marinas la concentración de oxígeno disminuyó ligeramente hacia la época seca del 2010, pero no fueron mayores los cambios entre estaciones de muestreo. Este descenso pudo estar relacionado con posibles procesos de difusión de regreso hacia la atmosfera (Silva y Guerra, 2008).

Por otro lado, el pH del agua es todas las estaciones presentó valores desde ligeramente ácidos (6,64) hasta alcalinos (8,34) en ambas épocas climáticas, aunque presentó los niveles más bajos en los ríos Córdoba, Gaira (ambos con 6.64) y Toribio (6.7) y especialmente en la época lluviosa de 2009, condición que pudo estar asociada a la proceso de evapotranspiración en los días de muestreo. En las estaciones de agua marina el pH no tuvo mayores variaciones (7.35 – 8.28) debido a la capacidad buffer del mar, sólo en se registró un leve descenso en el pH entre una época y otra en la playa Batallón (8.21 - 7.35) ya que se ubica en zona de mezcla y cerca de la desembocadura del río Manzanares; y en la estación frente a Costa Verde (8.14 - 7.83).

La salinidad fue la variable que mejor reflejó los cambios hidrológicos que se presentaron durante los meses de muestreo (Figura 4.4-2). En aguas fluviales se mantuvo con valores característicos, por debajo de 0.1, excepto por el registro puntual de 3,6 en río Manzanares durante la época seca de 2010. En aguas marinas aumentó en el 2010, siendo más notable para las estaciones de playa Buritaca (6.9 – 37.2), frente a Buritaca (de 15.7 a 36.6) y Muelle Cabotaje (de 16.1 a 37.6). Las aguas estuarinas por sus mismas característica presentaron variaciones en un intervalo más amplio, con valores entre 0.1 y 40. La temperatura superficial de las aguas también mostró un comportamiento acorde a las épocas de muestreo, donde se midieron valores entre 22.4 y 31.2 °C para la época lluviosa 2009 y entre 24.5 y 34 °C durante la época seca.

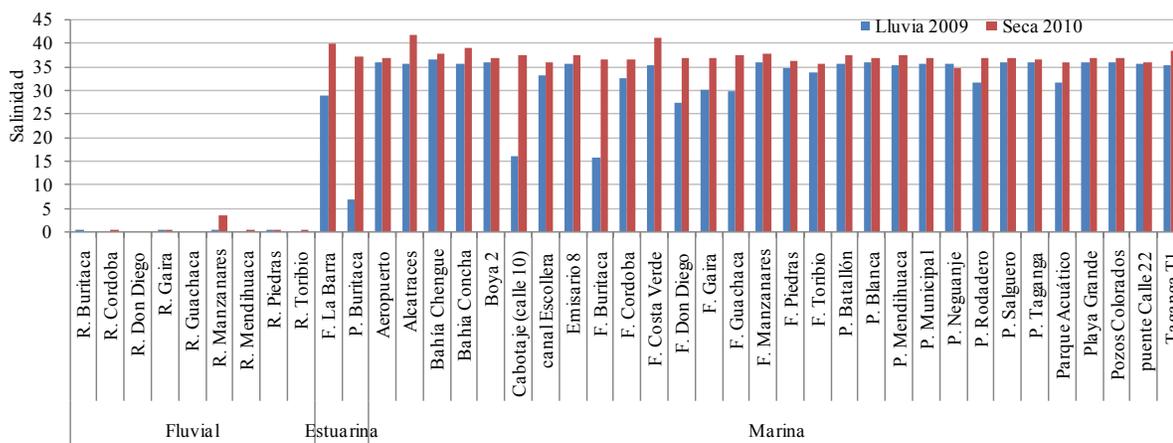


Figura 4.4-2. Comportamiento de la salinidad en aguas superficiales del departamento del Magdalena, durante la época lluviosa de 2009 y seca de 2010.

4.4.2.2 Nutrientes y Sólidos

Para las concentraciones de SST en las aguas fluviales del departamento, en general, se presentaron concentraciones bajas (< 70 mg/L) con excepción del Caño el Torno con niveles superiores a 200 mg/L para ambas épocas climáticas; en cuanto a las aguas estuarinas, los niveles de SST fueron inferiores al

promedio histórico de la REDCAM (105.5 ± 106.5 mg/L). Algunas muestras de las aguas marinas también sobrepasaron el promedio histórico del departamento (32.5 ± 22.6 mg/L), incluyendo las estaciones de los frentes de Costa Verde (58.2 mg/L), río Córdoba (34 y 44 mg/L), río Toribio (35.8 y 46.2 mg/L), y Alcatrazes (35.1 y 41.2 mg/L) siendo las concentraciones más altas en la temporada de lluvias de 2009.

Por otro lado los tributarios del departamento mostraron niveles de nitratos (N-NO_3) similares a ríos naturales (<150 $\mu\text{g/L}$) y en su mayor parte debajo del promedio histórico (99.1 ± 151.9 $\mu\text{g/L}$), con las excepciones de estaciones como Caño el Torno (282.8 $\mu\text{g/L}$), río Manzanares (Puente Mayor: 255.6 $\mu\text{g/L}$) y el río Piedras (370.4 $\mu\text{g/L}$) que tuvieron niveles similares a algunos ríos contaminados del mundo (Meybeck, 1982). Las aguas estuarinas y marinas mostraron niveles de N-NO_3 comparables con sus promedios históricos de 59.3 ± 125.5 $\mu\text{g/L}$ para aguas estuarinas y de 23.6 ± 62.5 $\mu\text{g/L}$ en aguas marinas; pero se presentaron excepciones en la estación de Caño Clarín (446.5 $\mu\text{g/L}$) y la estación marina frente al río Buritaca (51.8 $\mu\text{g/L}$), las cuales han demostrado históricamente altos niveles de nitratos. Las concentraciones de nitritos en 4 estaciones superaron los rangos históricos de la REDCAM, con niveles particularmente altos en la estación marina de Muelle de Cabotaje con 24.2 $\mu\text{g/L}$.

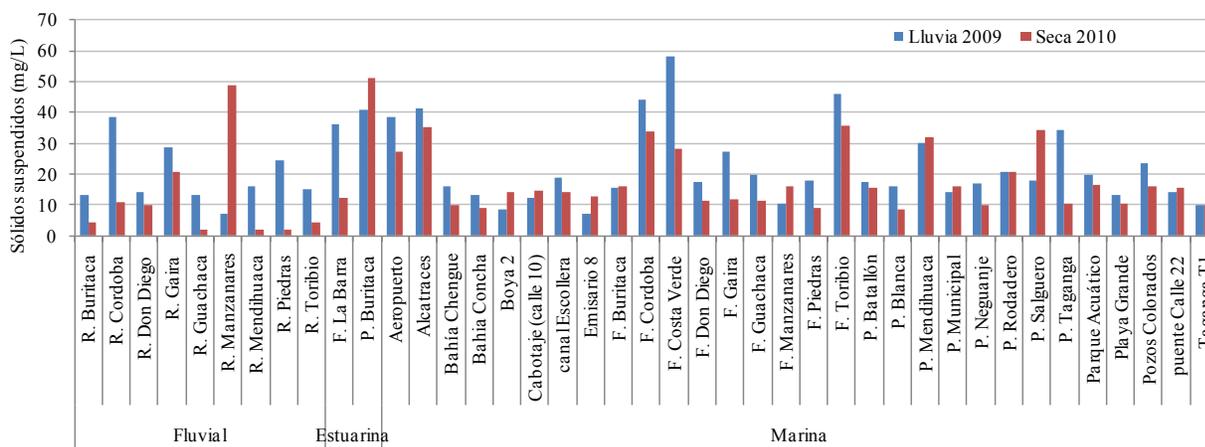


Figura 4.4-3. Concentraciones de sólidos suspendidos (SST) medidas en aguas superficiales del departamento de Antioquia en épocas lluviosa de 2009 y época seca de 2010.

Con respecto al amonio (N-NH_4), 7 de las 27 estaciones estuarinas y 8 de las 30 estaciones marinas mostraron valores superior a los promedios históricos del proyecto (aguas estuarinas: 31.4 ± 70.2 $\mu\text{g/L}$; aguas marinas: 16.1 ± 33.9 $\mu\text{g/L}$) con niveles particularmente altos en la playa Buritaca (115.3 $\mu\text{g/L}$) y los ríos Sevilla (178.1 $\mu\text{g/L}$), Gaira (94.3 $\mu\text{g/L}$) y Fundación (86 $\mu\text{g/L}$), así como en las estaciones marinas del Muelle de Cabotaje (121.4 $\mu\text{g/L}$), playa Rodadero (86.8 $\mu\text{g/L}$) y el Canal de la Escollera (82.3 $\mu\text{g/L}$). Los resultados de N-NH_4 en las aguas marinas para este monitoreo se consideran los mayores con respecto a las concentraciones reportadas históricamente e indican fuentes de material orgánico, posiblemente debido a vertimientos de aguas residuales.

Los datos en las aguas fluviales mostraron altas concentraciones de fósforo en la forma de P-PO_4 en 7 de las 10 estaciones fluviales presentaron valores superiores a 60 $\mu\text{g/l}$ incluyendo el río Manzanares (Puente Mayor: 936 $\mu\text{g/L}$) y río Piedras (1089,0 $\mu\text{g/L}$) los cuales tienen concentraciones de P-PO_4 comparables con típicos ríos contaminados del mundo (Meybeck, 1982). Por lo general, las concentraciones de fósforo en las aguas estuarinas y marinas estuvieron similares o por debajo de los promedios históricos del departamento (aguas estuarinas: 122.6 ± 169.6 $\mu\text{g/l}$; aguas marinas: 22.8 ± 46.9 $\mu\text{g/L}$), con unos valores

mayores encontrados en las aguas los ríos Aracataca (180,1 $\mu\text{g/L}$) y Gaira (178,5 $\mu\text{g/L}$), y las aguas marinas del Muelle de Cabotaje (68.7 $\mu\text{g/L}$) y al frente de los ríos Toribio (48,4 $\mu\text{g/L}$). Aunque estos datos son normales para el departamento, se nota que los promedios históricos de fósforo son relativamente altos en comparación con promedios de fósforo que normalmente se encuentra en aguas marinas con condiciones típicamente naturales. Una proporción baja de nitrógeno:fósforo sugiere un aporte significativo de fósforo, característica típica de zonas costeras con grandes influencias terrestre y la limitación por fósforo para el crecimiento de fitoplancton en el mar ([Redfield, 1958](#)).

En cuanto a los ecosistemas coralinos alrededor de Bahía Chengue, Bahía Concha y Neguanje, las concentraciones actuales de SST y nutrientes (Tabla 4.4-1) están por debajo de los valores de referencia sobre impactos a la fisiología de corales (SST = 50 mg/L ; $\text{N-NO}_3 = 14.0 - 280.0 \mu\text{g/L}$; $\text{P-PO}_4 = 62.0 \mu\text{g/L}$; [Fabricius, 2005](#)). Sin embargo, concentraciones de fósforo (P-PO_4) y nitrógeno inorgánico disuelto ($\text{N-NO}_3\text{-NO}_2\text{-NH}_4$) en estos sitios fueron superiores a valores indicativos para el florecimientos de macroalgas en arrecifes del Caribe ($\text{N-NO}_3\text{-NO}_2\text{-NH}_4 > 14.0 \mu\text{g/L}$ y $\text{P-PO}_4 > 3.1 \mu\text{g/L}$; [Lapointe, 1997](#)), indicando un impacto potencial a la salud de los ecosistemas. Pero como los niveles de P-PO_4 y nitrógeno disuelto inorgánico no superaron los límites en la misma época y la producción primaria depende de ambos nutrientes, se podría considerar el riesgo como mínimo en estas estaciones.

Tabla 4.4-1. Concentraciones de sólidos suspendidos y nutrientes en estaciones con formaciones coralinas del departamento de Magdalena durante la época de lluvias de 2009 y seca de 2010.

Estaciones	Sólidos Suspendidos (mg/L)		Fosfato (P-PO ₄ $\mu\text{g/L}$)		Nitrato (N-NO ₃ $\mu\text{g/L}$)		Nitrógeno Inorgánico (N-NO ₃ -NO ₂ -NH ₄ $\mu\text{g/L}$)	
	Lluvia 2009	Seca 2010	Lluvia 2009	Seca 2010	Lluvia 2009	Seca 2010	Lluvia 2009	Seca 2010
Bahía Chengue	15,9	10,1	0,8	4,6	2,9	2,1	12,0	11,1
Bahía Concha	13,4	9,0	6,3	0,8	2,2	4,0	7,5	18,1
Neguanje	16,8	9,9	5,7	1,6	3,1	4,2	8,8	68,4

4.4.3 Contaminación Microbiológica

Por el conjunto de playas que tiene el departamento en los últimos años se ha presentado un alto desarrollo turístico y económico de esta zona, sin embargo al igual que en otros países de América Latina esto puede conllevar al deterioro de la calidad de las aguas costeras, ya que aumentan las descargas de aguas residuales, en algunos casos inclusive sin tratamiento ([Herrera y Suárez, 2005](#); [González et al., 2003](#)). Esta descarga sumada a la carga de los bañistas, ríos y otros cursos de agua constituyen importantes fuentes de contaminación fecal en las aguas recreativas, las cuales causan alteraciones en el ecosistema y ponen en riesgo la salud de los pobladores o bañistas ([Savichteva y Okabe, 2006](#)). En el Magdalena los niveles de coliformes termotolerantes, mostraron que solamente las playas de Buritaca y Parque Acuático en la época lluviosa del 2009 y Calle 22 en la seca del 2010 presentaron condiciones no aptas para actividades de contacto primario, como natación y baño. Mientras que para actividades de contacto secundario como los deportes náuticos y la pesca, según las concentraciones de coliformes totales, se registraron como no aptas las playas de Buritaca y Calle 10.

Teniendo en cuenta que la calidad microbiológica del agua depende de los indicadores medidos ([Shibata et al., 2004](#)), desde el año 2006 se incluyó en el diagnóstico de la REDCAM el análisis de Enterococos, grupo indicador de contaminación sugerido por la OMS y empleado mundialmente para la evaluación de aguas marinas recreativas ([Hose et al., 2005](#)). En este periodo los resultados mostraron que las estaciones Parque Acuático en el sector del Rodadero y playa Neguanje se encontraron en la categoría B, la cual

equivale a una probabilidad del 1 a 5 % de adquirir Enfermedades Gastrointestinales (EGI) y de 0.3 a 1.9 % de Enfermedades Respiratorias Febriles Agudas (ERFA), mientras que las playas Batallón, Buritaca, Calle 10 y Calle 22 se ubicaron en la categoría C (Figura 4.4-4; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) que representa un riesgo de 5 a 10 % para adquirir EGI y del 1.9 y 3.9 % de ERFA ([OMS, 2003](#)).

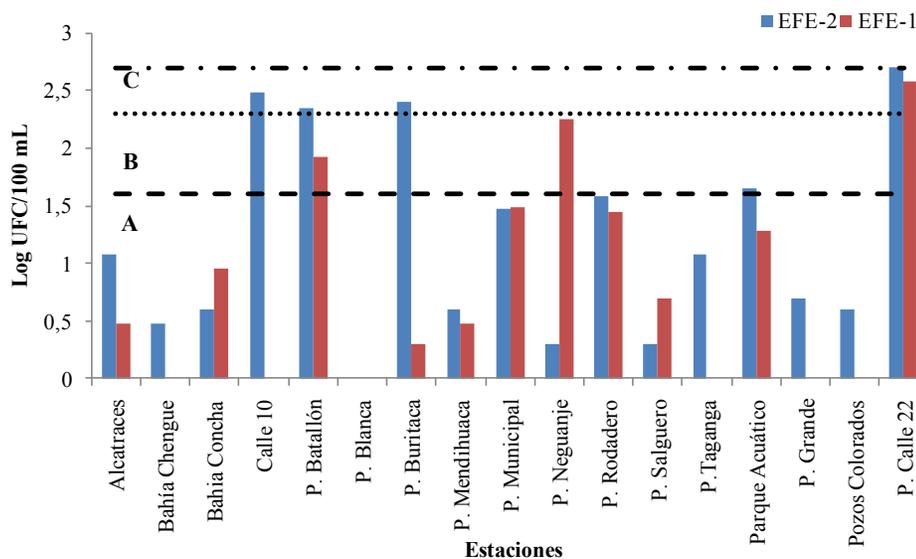


Figura 4.4-4. Concentraciones de Enterococos medidas en aguas recreativas de las playas del departamento del Magdalena. Las líneas discontinuas representan los valores guía de la OMS. A= ≤ 40 UFC/100 mL. B= 41–200 UFC/100 mL. C= 201–500 UFC/100 mL.

Históricamente en este departamento las estaciones del sector central de la Bahía de Santa Marta (Playa Municipal, Calle 10 y Calle 22) han presentado recurrentemente condiciones de calidad insuficientes. Lo cual se puede atribuir a la influencia del río Manzanares, las escorrentías intermitentes de la Calle 10 y Calle 22 en épocas de lluvias, la influencia de las aguas residuales y los episodios de desbordamiento de los sistemas de alcantarillado de la ciudad, lo que infiere que en general, una de las principales causas de contaminación de las aguas costeras de esta zona es el drenaje de aguas residuales y alcantarillados ([Tyagi et al., 2006](#)).

Las fuentes que afectan las condiciones microbiológicas de un lugar son diversas, sin embargo debido al carácter puntual y de concentración que tienen los ríos, estos constituyen un aporte significativo en la carga microbiana de una zona y pueden ser los principales causantes de la alteración de sus características naturales. En el periodo de lluvias del 2009 y seca del 2010 algunos tributarios llevaron a la zona costera concentraciones de coliformes superiores a los 5000 NMP/ 100 mL, encontrando los máximos aportes por parte del río Manzanares, el cual recibe a lo largo de su cauce los residuos generados por las poblaciones ribereñas ([Ramos-Ortega et al., 2008](#); Tabla 4.4-2). Teniendo en cuenta que estos cuerpos de agua son empleados con múltiples fines tales como recreación, transporte, pesca, riego de cultivos y quehaceres domésticos, concentraciones superiores a 200 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes y 5.000 NMP/100 mL de totales constituyen un factor de riesgo sanitario para las poblaciones que se benefician directa e indirectamente del recurso ([Minsalud, 1984](#)).

El Emisario submarino es otra fuente directa de microorganismos de origen fecal a la zona costera, por ser el sistema de tratamiento de las aguas servidas de Santa Marta. El área de influencia mostró bajas

concentraciones durante la época de lluvias en contraste con la época seca, donde los valores registrados son los máximos obtenidos históricamente en la REDCAM para esta sitio (540000 NMP/100 mL). Cabe resaltar que el área de funcionamiento del emisario no está destinada a actividades de recreación, sin embargo, algunos pobladores locales ejecutan tareas de buceo, careteo y navegación en las áreas circundantes a la zona de mezcla.

Tabla 4.4-2. Concentraciones de Coliformes totales y termotolerantes medidas en los tributarios del departamento del Magdalena durante la época de lluvias de 2009 y seca de 2010.

Tributarios	Coliformes totales		Coliformes termotolerantes	
	Lluvias 2009	Seca 2010	Lluvias 2009	Seca 2010
Buritaca	35000	2200	7900	78
Córdoba	24000	35000	780	1700
Don Diego	16000	5400	5400	1700
Gaira	79000	28000	33000	22000
Guachaca	15500	475	2500	98
Manzanares	1006000	1700000	40000	700000
Mendihuaca	24000	3200	680	450
Piedras	70000	7900	17000	450
Toribio	7000	1400	7000	610

4.4.4 Hidrocarburos y Plaguicidas

Históricamente las niveles más altos de hidrocarburos han estado asociadas a descargas puntuales de los ríos, debido principalmente a las poblaciones asentadas en sus cuencas; y por ello, estaciones de los ríos Manzanares, Córdoba, Guachaca, Piedras, Toribio y la Boya 2 de la bahía de Santa Marta han presentado concentraciones superiores a 5.0 µg/L (Figura 4.4-5). En el último período 2009-2010 se registraron valores entre 0.03 y 2.09 µg/L (Figura 4.4-6), inferiores a la referencia de 10 µg/L, según la UNESCO ([Atwood et al. 1988](#); [UNESCO, 1984](#)), y que no representan riesgo para los organismos marinos. La entrada de estos residuos sigue una tendencia decreciente en el tiempo, aunque se observe un ligero aumento en épocas de lluvias con respecto a las épocas secas. Este comportamiento sugiere procesos de escurrimiento de estos compuestos al mar Caribe, no siempre por un aporte terrígeno, si no, por otras actividades desarrolladas en la costa (actividades náuticas) que contribuyen con estos niveles.

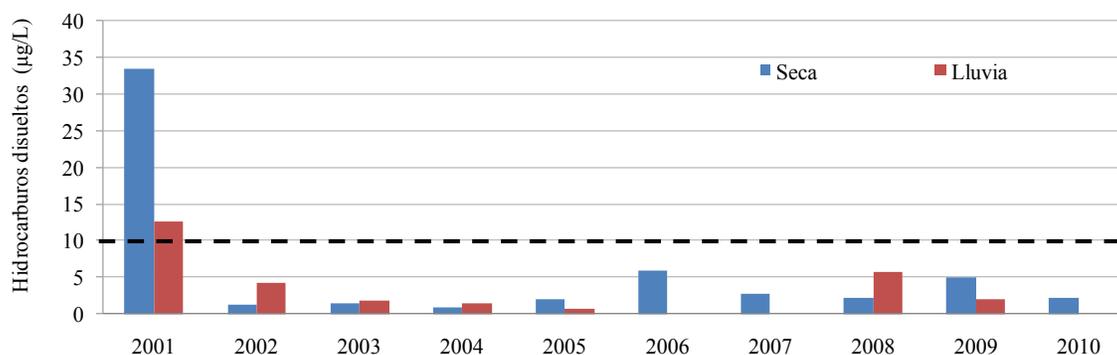


Figura 4.4-5. Promedio máximo de hidrocarburos medidos en aguas superficiales. La línea punteada representa la referencia de 10 µg/L como riesgo de contaminación.

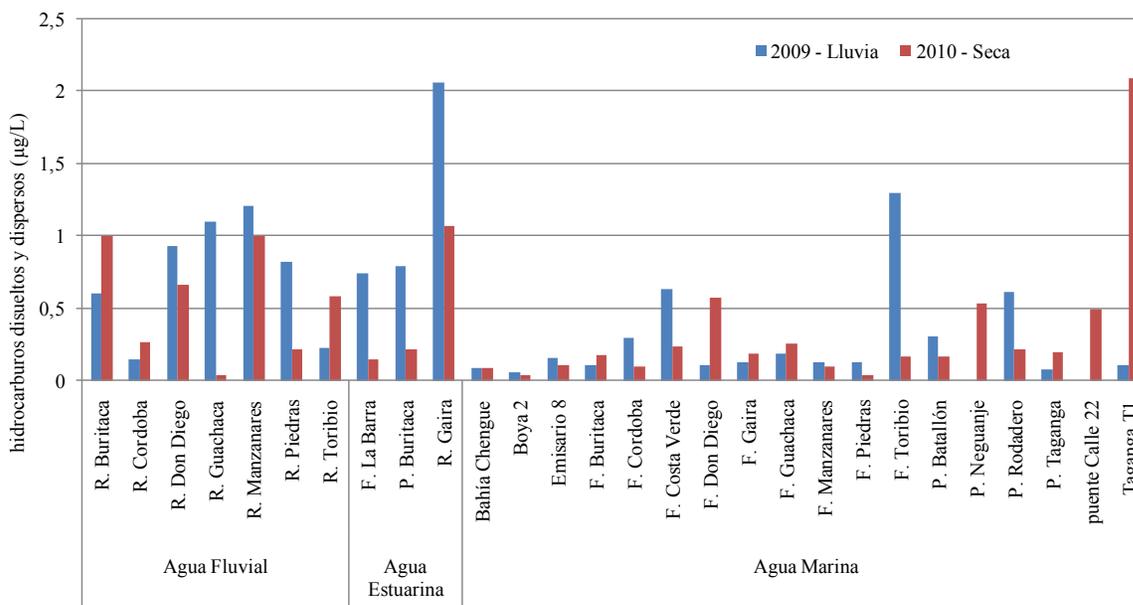


Figura 4.4-6. Concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) medidos en aguas superficiales del departamento de Magdalena medidos en época de lluvias 2009 y época seca 2010.

En cuanto a la evaluación de plaguicidas en el Magdalena se siguen detectando algunos compuestos clorados especialmente isómeros del DDT y aldrines. La Tabla 4.4-3 presenta las estaciones donde se detectaron moléculas de plaguicidas durante la época lluviosa de 2009, cuando se inicio el monitoreo de algunos plaguicidas organofosforados de uso actual, que en este época, no se detectaron ni en la siguiente época seca de 2010. Aunque cada vez es menos frecuente la detección de plaguicidas clorados en los sitios donde se registran concentraciones, estas pueden representar riesgo para los organismos más sensibles (plancton), como es en la zona de influencia de las descargas de algunos ríos de la Sierra Nevada como el Guachaca o aquellos que atraviesan extensas zonas de cultivo como el Río Sevilla (Tabla 4.4-3).

Tabla 4.4-3. Concentraciones de plaguicidas medidos en aguas del departamento del Magdalena en época de lluvias 2009.

Estación muestreo	Aldrines (ng/L)	DDT' s (ng/L)	Dieldrin (ng/L)	Organofosforados (ng/L)
Río Guachaca	<6,0	9,9	<6,0	<8,0
Emisario 8	19,6	<6,0	<6,0	<8,0
Centro CGSM	<6,0	<6,0	10,0	<8,0
Frente río Sevilla	<6,0	<6,0	6,0	<8,0
Nivel para efectos crónicos (EPA, 2008)	17,0 (agua dulce)	0,5	0,95	

Desde 2001 a 2006 se observó que la tendencia de OC es a disminuir, reportándose los valores máximos en el año 2001 que oscilaron entre 0,03 – 87,0 ng/L de OCT pasando ya hasta el año 2006 a un rango de 0,2 a 2,8 ng/L OCT, estando muy por debajo del valor de referencia adoptado de 30 ng/L (EPA, 1999); no

obstante, para el 2007 en temporada de lluvias el valor aumentó a 13,5 ng/L, en el río Gaira y por último, un valor de 19,7 ng/L registrado en época lluviosa de 2008 en el río Guachaca, indicando con esto, que el aporte de estos tóxicos, se debe a los tributarios que recorren zonas agrícolas del departamento, principalmente por el escurrimiento en época de lluvias. Como se observa en la (Figura 4.4-7) la tendencia es descendente en las concentraciones, sin embargo, en la época de lluvias de 2008 se observó un incremento, que pudo estar asociado a las escorrentías superficiales debido al aumento de las precipitaciones de ese año ([IDEAM, 2009](#)).

La información registrada en el último periodo coincide con el análisis histórico de 2001-2009 y se ha documentado en informes anteriores, que los compuestos organoclorados (OC) de mayor presencia corresponden a los metabolitos del DDT, seguido por los compuestos del Aldrin, Heptacloro y finalmente los HCH. Esta recurrencia de DDT y sus metabolitos confirman claramente su reconocida persistencia en los ecosistemas acuáticos.

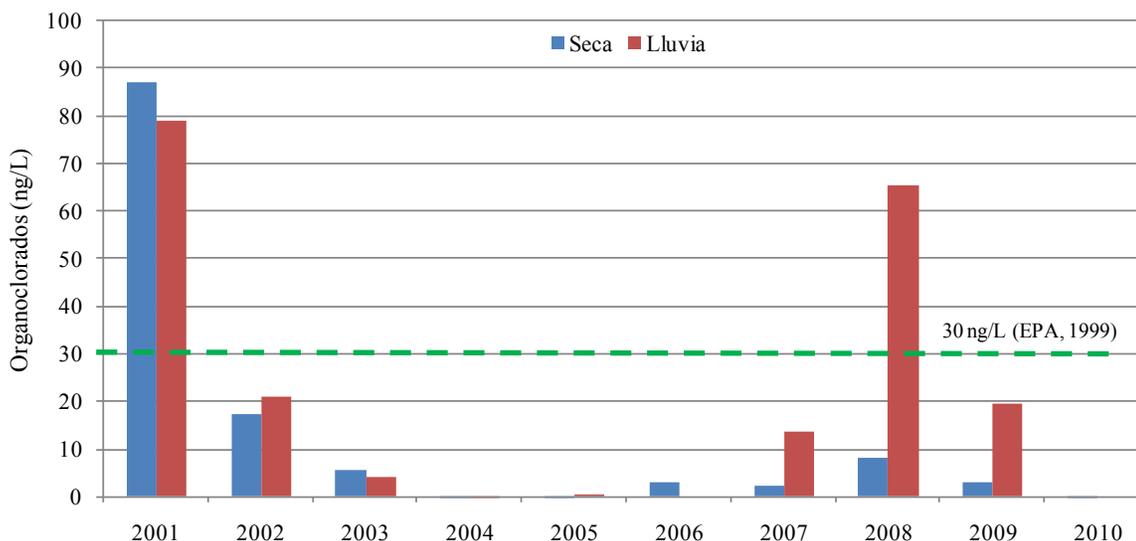


Figura 4.4-7. Tendencia de las concentraciones máximas de plaguicidas organoclorados medidas en aguas superficiales del departamento de Magdalena.

4.4.5 Metales pesados

En el departamento del Magdalena las actividades que pueden verter metales pesados al ambiente marino costero son principalmente las aguas servidas y las actividades portuarias. Se han realizado importantes estudios sobre la entrada de este tipo de contaminantes al medio acuático especialmente en la Ciénaga Grande de Santa Marta, aunque en ellos no se registraron concentraciones que revistan peligro al medio acuático ([Parra y Espinosa, 2007](#)).

En el periodo de lluvias de 2009 la mayor concentración de cadmio (Cd) se registró en la estación frente a la Barra (2,20 $\mu\text{g/L}$), mientras en la época seca de 2010 en todas las estaciones la concentración estuvo por debajo del límite de detección de la técnica analítica utilizada. Los valores de plomo (Pb) en los dos periodos estudiados se encontraron por debajo del límite de detección, únicamente la estación frente a Costa Verde registró un valor de 1,06 $\mu\text{g/L}$ en la época seca de 2010. El cromo (Cr) registró el mayor valor en la época de lluvias del 2009, en la estación Boya 2 (4,91 $\mu\text{g/L}$) en la bahía de Santa Marta, mientras que en la época seca de 2010 el mayor valor (6,28 $\mu\text{g/L}$) de este elemento se determinó en el

canal de la Escollera; pero ninguno de los valores fue superior a los referenciados como de riesgo por normas internacionales para este tipo de aguas.

Históricamente las mayores concentraciones de metales se han registrado en el año 2001 y la época seca de 2002. La concentración de Cd registró la mayor concentración (11,76 µg/L) en la época seca de 2002, valor que supera al reportado por [CONAMA \(1986\)](#) y [EPA \(2002\)](#) como de riesgo para el ecosistema acuático (10 µg/L), no obstante se trata de un valor puntual y que no se repite a lo largo del monitoreo. En general, las concentraciones se han mantenido por debajo de 4,62 µg/L, valor hallado en la estación Boya 2 en la bahía de Santa Marta en época seca de 2009 y que está por debajo de los valores referenciados como de riesgo. De igual manera, las concentraciones de Cr han descendido, luego de presentar las mayores concentraciones en el 2001 – 2002, aunque, presentó un valor puntual de 7,45 µg/L en la época seca de 2009 en el muelle de cabotaje en la bahía de Santa Marta, pero este es inferior al valor referenciado como de riesgo de 50 µg/L [CONAMA \(1986\)](#). El plomo ha presentado una mayor variabilidad que el cadmio y cromo, la mayor concentración de 194,4 µg/L, registrada en época de lluvias del 2001 en la estación río Sevilla ciénaga Grande de Santa Marta, en general se evidencia una disminución en las concentraciones a partir del año 2002 hasta valores por debajo del límite de detección de la técnica analítica aplicada en la época seca de 2010, la valores registrados no rebasan el nivel de riesgo de 500 µg/L ([EPA, 2002](#)).

4.4.6 Conclusiones

Las concentraciones de SST fueron generalmente bajas en el departamento, sin embargo, se encontraron algunos niveles altos de SST, de fosfatos y nitratos en los ríos Manzanares y Piedras. Otras 15 estaciones superaron los promedios históricos de amonio, alcanzando los valores máximos históricos, en Buritaca y el Muelle de Cabotaje. En cuanto a los ecosistemas coralinos alrededor de las estaciones de Bahía Chengue, Bahía Concha y Neguanje, podrían los niveles de fosfato y nitrógeno estar indicando un impacto potencial en la salud de estos ecosistemas, debido a que las mediciones son superiores a valores indicativos para mantenimiento de florecimientos de macro algas en arrecifes del Caribe.

Las playas de Buritaca, Neguanje, Batallón y Bahía de Santa Marta presentaron concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal superiores a las establecidas en la normatividad nacional y la guía internacional de la Organización Mundial de la Salud. Estas concentraciones son influenciadas por las descargas de aguas residuales, las escorrentías, las lluvias y los ríos. En éste último caso, los mayores aportes a la zona costera han sido realizados por el río Manzanares.

Los niveles de contaminantes orgánicos en las aguas del departamento durante el periodo de lluvias 2009 y seco 2010 no representaron riesgo para los organismos vivos, en cuanto a los hidrocarburos que se registraron por debajo del nivel de referencia, pero en 4 estaciones si se detectaron moléculas de plaguicidas organoclorados en concentraciones indicativas de efectos crónicos.

Los metales plomo, cadmio y cromo analizados en las aguas costeras en el departamento del Magdalena, no muestran concentraciones que generen mayor riesgo de contaminación según las normas consultadas, las mayores concentraciones se han registrado en los años 2001 y 2002 mostrando una tendencia general a disminuir en el tiempo.

Atlántico



Playa Santa Verónica

4.5 ATLÁNTICO

En el departamento del Atlántico la mayor influencia en la calidad de las aguas costeras corresponde principalmente a las aguas del río Magdalena y las actividades industriales de los municipios Barranquilla, Soledad y Malambo, así como al vertimiento de sus aguas servidas. Los desechos de la ciudad de Barranquilla, son vertidos al mar a través de las aguas del río Magdalena. Como bien se sabe, es la ciudad costera más grande, poblada e industrializada del Caribe colombiano, por lo cual se convierte en una de las principales fuentes de contaminantes orgánicos e inorgánicos de origen industrial y doméstico, los cuales van al sistema de alcantarillado y de ahí directamente al mar Caribe ([INVEMAR, 2001](#)).

4.5.1 Área de estudio

La red de 11 estaciones del Atlántico cubre la zona litoral y se localizan desde la desembocadura del río Magdalena en Bocas de Ceniza hasta Punta Astillero Galerazamba, en el límite con el departamento de Bolívar (Figura 4.5-1). El departamento del Atlántico se encuentra en la región Caribe; entre los 10° 16' 01" y 11° 04' 30" de latitud norte, y 74° 43' y 75° 16' de longitud oeste, con una superficie de 3388 Km², con una extensión aproximada de 90 km de línea de costa desde Bocas de Ceniza hasta las salinas de Galerazamba y 105 km. desde su desembocadura en Bocas de Ceniza hasta el desprendimiento del Canal del Dique en Calamar ([IGAC, 2002](#)). Presenta un clima tropical de tipo estepa y sabana de carácter árido en la desembocadura del río Magdalena y alrededores de Barranquilla; semiárido en las fajas aledañas al litoral y al río Magdalena y semihúmedo desde Sabanalarga hacia el sur.

Los vientos de mayor influencia en el clima son los alisios del noreste, con dirección dominante norte y muy intensa en febrero y marzo; estos vientos son los responsables de la poca lluvia en la franja litoral del departamento, debido a que soplan en dirección de las colinas e impiden la formación de nubes en este sector a nivel local. El régimen anual de lluvias es bimodal, con dos períodos de lluvias, mayo - junio y agosto - noviembre, alternados con dos períodos secos, diciembre - abril y junio - julio; el nivel de precipitaciones aumenta de norte a sur, mientras en Barranquilla alcanza unos 700 mm, en Santa Lucía es de 1.300 mm. ([IGAC, 2010](#)). La red hídrica del Atlántico es sencilla debido a la extensión del departamento, al relieve y el clima; el río Magdalena y el Canal del Dique son las corrientes mayores; las restantes aguas continentales las constituyen pequeños cauces como arroyos y caños, y las ciénagas que cubren un amplia área del sur y occidente del departamento (el embalse del Guájaro y las ciénagas de Mallorcaín, Luruaco, El Totumo y Tocagua).

4.5.2 Variables fisicoquímicas

4.5.2.1 In situ

Para el período de la época de lluvias de 2009 y la seca de 2010, se observaron variaciones importantes en oxígeno disuelto (OD). En aguas con características estuarinas el OD varió entre 5.7 mg/L y 12 mg/L, en las aguas fluviales entre 3.38 mg/L y 5.76 mg/L y en aguas marinas entre 5.57 y 6.92 mg/L (Figura 4.5-2). Los cambios más notorios se presentaron en las aguas fluviales, específicamente en las estaciones aguas abajo del río Magdalena y frente a Base Naval en donde hubo un descenso de oxígeno coherente con el aumento de la de temperatura. La baja saturación de OD (60 y 43%) refleja la presencia de materiales en suspensión vertidos por descargas municipales que promueven mayor consumo de OD e impiden la penetración directa de la luz. Estos factores y las temperaturas elevadas (35 y 36 °C) provocaron una baja disolución del oxígeno en el agua ([González et al., 2006](#)).



Figura 4.5-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento del Atlántico.

Es de resaltar los valores altos que tuvieron lugar en las aguas estuarinas de las ciénagas de Balboa y Mallorquín; que disminuyeron hacia la época seca de 2010 y pueden estar relacionados con un fenómeno de consumo por parte de microorganismos por el proceso de oxidación de la materia orgánica que continuamente se vierte en estas ciénagas.

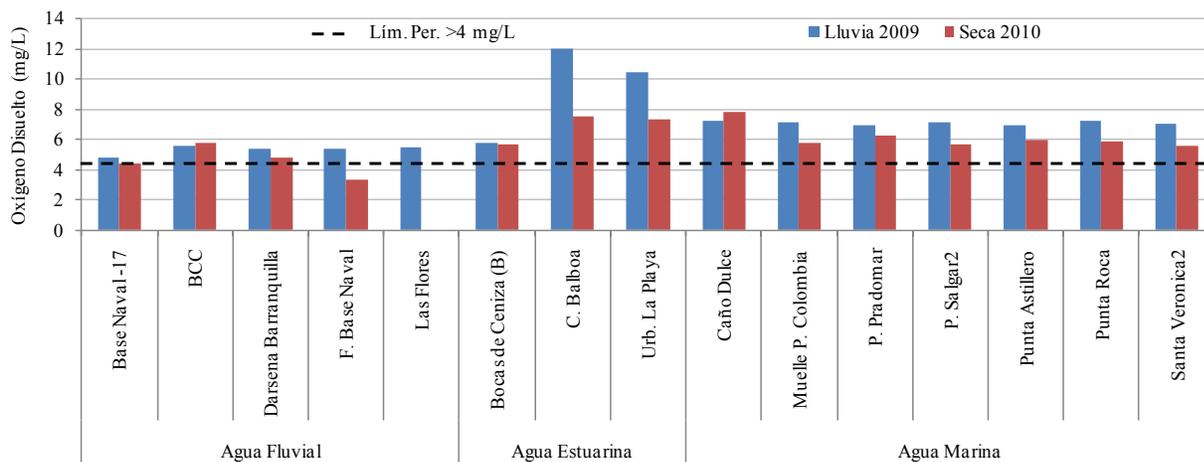


Figura 4.5-2. Comportamiento del oxígeno disuelto (mg/L) medido en aguas superficiales del departamento de Atlántico en época de lluvias de 2009 y seca de 2010.

El pH varió de acuerdo a las características del agua, con valores entre 7.09 y 8.3, que se encuentran dentro del intervalo que establece la norma colombiana para la preservación de vida acuática (6.5 – 9.0; [Minsalud, 1984](#)). En los ríos el agua suele ser significativamente más ácida que la de mar, pero ésta no es una condición general, ya que depende de la capacidad amortiguadora del agua en función de los valores de carbonato de calcio, tal como se observó en los cambios que tuvo el pH en las aguas fluviales de la región desde ligeramente ácidos durante la época lluviosa de 2009 hasta alcalinos durante la época seca de 2010.

Como era de esperarse, la salinidad presentó las mayores variaciones en aguas estuarinas; entre 0,0 y 82,6 en las estaciones de Bocas de Ceniza (desembocadura del río Magdalena) y Ciénaga de Balboa respectivamente (Figura 4.5-3). En aguas marinas la salinidad fluctuó en un rango más estrecho, con valores entre 34.2 y 41.3 que resulta característico para este tipo de aguas, hallándose el valor más alto en la playa Caño Dulce en época seca de 2010. Vale destacar que los valores extremos de salinidad medidos en la estación de la ciénaga de Balboa obedecen principalmente al escaso nivel en la columna de agua que alcanzó la ciénaga en el período seco prolongado de 2009 debido al fenómeno “El Niño” severo (IDEAM, 2010) posiblemente también, pudo deberse al aumento en las temperaturas que promueven la evaporación y concentración de sales en el agua. No obstante, se registró un descenso de la salinidad de 82.6 en 2009 a 62.7 en 2010 relacionado con el aumento en las precipitaciones durante la época seca de 2010, efecto del evento “La Niña”.

En cuanto a la temperatura fluctuó entre 28.2 y 36.2 °C, variaciones que se presentaron en las aguas fluviales estuarinas y marinas, las cuales fueron afectadas por cambios temporales de las condiciones climáticas de la región que incidieron sobre la pluviosidad y que repercutió en la distribución espacial y temporal de esta variable.

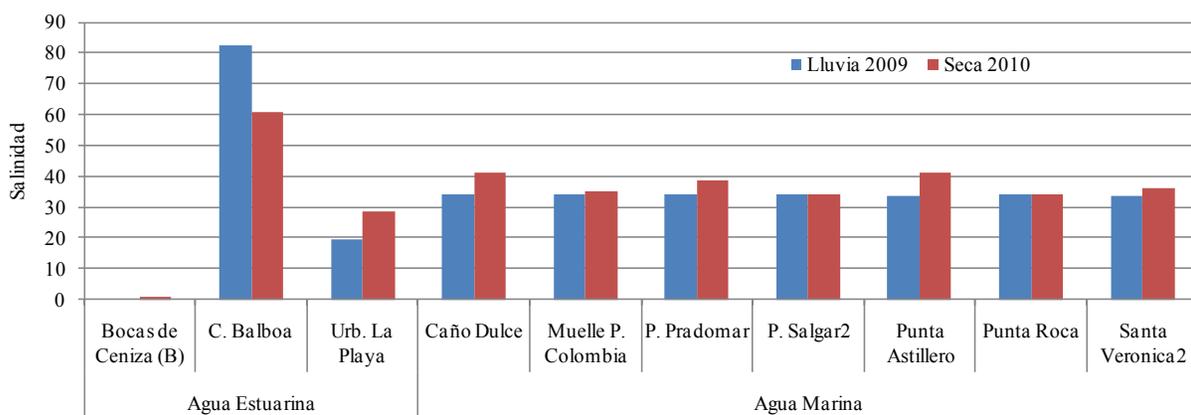


Figura 4.5-3. Salinidad medida en aguas superficiales del Atlántico, durante la época lluviosa de 2009 y seca de 2010.

4.5.2.2 Nutrientes y Sólidos suspendidos

La información del periodo 2009-2010 mostró valores de SST y P-PO₄ más altos en la época seca de 2010 que en la lluviosa de 2009, debido probablemente a las inusuales precipitaciones altas que se presentaron en la época seca del 2010. Durante las lluvias de 2009 los sólidos no superaron los 60 mg/L, a excepción de la ciénaga de Balboa que registró un valor de 106.75 mg/L; mientras que en la época seca de 2010, se incrementaron en todas las estaciones, con niveles de SST relativamente altos (Figura 4.5-4), principalmente las estaciones de aguas fluviales (294 - 363.9 mg/L). Las estaciones estuarinas y marinas mostraron coherencia con el promedio histórico (estuarinas: 132.8±104.2 mg/L; marinas: 69.9±59.1 mg/L), pero también presentaron valores altos en Bocas de Ceniza (211.3 mg/L), playas de Pradomar (195 mg/L), Ciénaga de Balboa (193.5 mg/L), Punta Astillero (127.2 mg/L), playa Salgar (107.2 mg/L) y Punta Roca (102,4 mg/L).

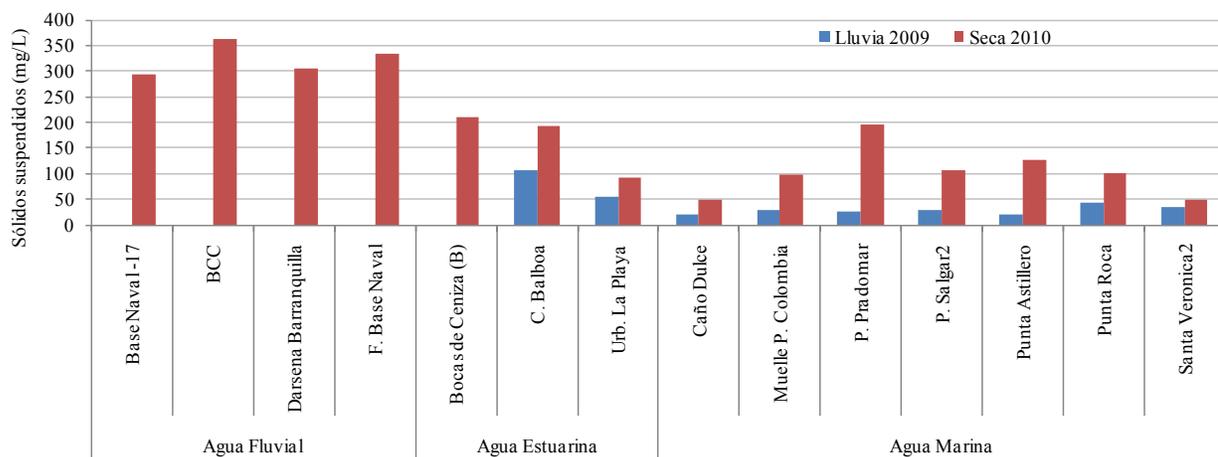


Figura 4.5-4. Concentraciones de sólidos suspendidos (mg/L) medidas en aguas superficiales del departamento de Atlántico durante la época de lluvias de 2009 y época seca de 2010.

En este período las aguas fluviales tuvieron niveles de nitratos (N-NO₃) relativamente altos (137 – 306.7 µg/l) y se detectó el máximo aguas abajo de la Base Naval (306.7 µg/L); aunque estuvo dentro de los rangos históricos medidos en el río Magdalena. Igualmente ocurre con los valores de amonio (N-NH₄) en en la estación frente a la Base Naval que en la época lluviosa 2009 alcanzó 1314,6 µg/L y en época seca midió 2335,4 µg/L), porque son aguas del rio Magdalena (Figura 4.5-5).

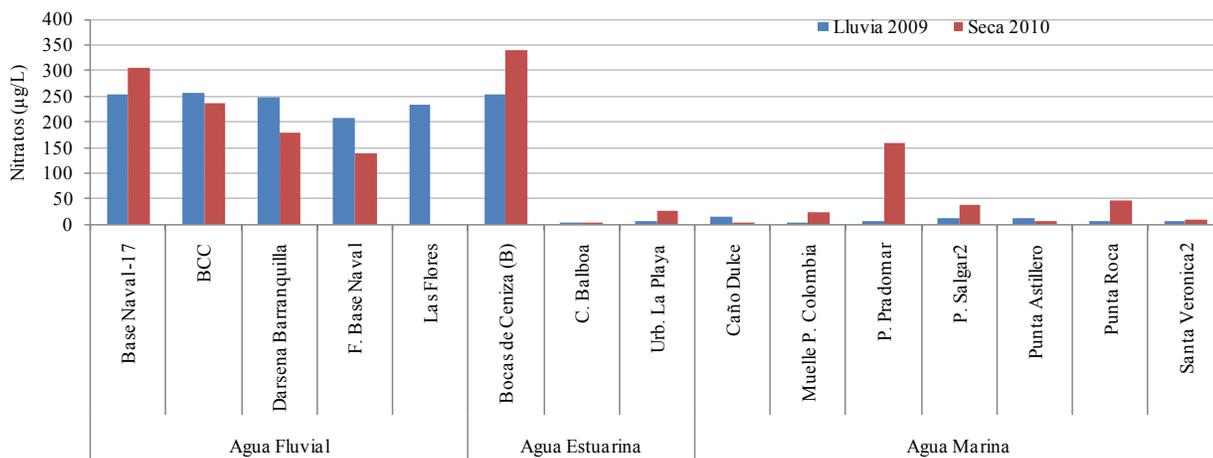


Figura 4.5-5. Concentraciones de nitratos (µg/L) medidas en aguas superficiales del departamento de Atlántico durante la época de lluvias de 2009 y época seca de 2010.

En las aguas estuarinas y marinas los nitratos fluctuaron entre 1 y 340.7 µg/L, valores que estuvieron dentro del rango histórico del departamento, pero los máximos se midieron en las estaciones de Bocas de Ceniza con 255µg/L N-NO₃ en época de lluvias de 2009 y con 340.7 µg/L N-NO₃ en época seca de 2010; y en playa Pradomar con 159,7 µg/L N-NO₃ en la seca 2010, donde la concentración de N-NO₃ aumentó de forma excesiva comparado con los años anteriores (Figura 4.5-5). En el caso de los nitritos (N-NO₂) los valores más altos estuvieron en la ciénaga Mallorquín - Urb. La Playa con 259.7 y 124.7 µg/L en época lluviosa 2009 y seca 2010, respectivamente (Figura 4.5-6).

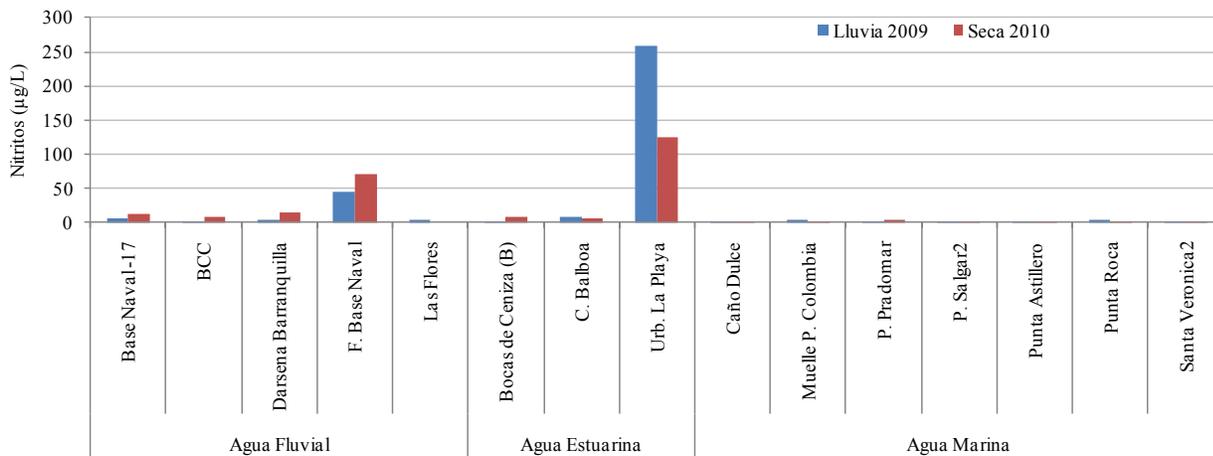


Figura 4.5-6. Concentraciones de nitritos (µg/L) medidas en aguas superficiales del departamento de Atlántico durante la época de lluvias de 2009 y época seca de 2010.

Los nitritos en este sitio han tenido un incremento considerable en los últimos años, valores que superan el rango histórico del departamento ($1.91 - 42 \mu\text{g/L N-NO}_2$), éste fluctuó entre 0.85 y 2335.4 $\mu\text{g/L}$, y se encontraron valores extremos en las estaciones de Centro Mallorquín – Urb. La Playa (1537.9 $\mu\text{g/L}$) y frente a Base Naval (1314,6 y 2335.4 $\mu\text{g/L}$), debido a la influencia del río Magdalena, sin embargo, es importante identificar la fuente puntual de vertimiento.

Las aguas fluviales del río Magdalena a la altura de frente a Base Naval presentaron niveles de P-PO₄ muy altos (413,4 $\mu\text{g/L}$) que representa mayor descarga de este nutriente a la zona costera; y en el caso de las aguas estuarinas ($110.8 \pm 146.4 \text{ P-PO}_4 \mu\text{g/L}$) y marinas ($20.8 \pm 41 \text{ P-PO}_4 \mu\text{g/L}$) los rangos históricos fueron superados en 1 de las 3 estaciones estuarinas (Ciénaga de Mallorquín 294,9 $\mu\text{g/L}$), y en 2 de las 7 estaciones marinas ubicadas en la playa Pradomar (57,8 $\mu\text{g/L}$) y Punta Astillero (28.1 $\mu\text{g/L}$)

4.5.3 Contaminación Microbiológica

La calidad sanitaria de las playas puede ser evaluada a través de microorganismos indicadores como: Coliformes Totales (CTT), Coliformes Termotolerantes (CTE) y Enterococos fecales (EFE). En este caso se evaluó el comportamiento histórico de los balnearios del departamento del Atlántico con CTT en las épocas seca y de lluvia para determinar si son consideradas aptas para actividades con fines recreativos que incluyan actividades de contacto primario (natación, buceo, y baños medicinales) y de contacto secundario (deportes náuticos y pesca).

Según el decreto 1594 ([Minsalud, 1984](#)) la mayoría de las playas han cumplido con la norma en el periodo 2004 - 2010, pero en época de lluvia de 2004, las playas de Puerto Colombia (9000 NMP/100mL) y Santa Verónica (5000 NMP/100mL) sobrepasaron los límites permisibles de CTT para contacto primario son <1000 NMP/100mL y para contacto secundario < 5000 NMP/100mL (Figura 4.5-7.); aunque no es una constante en los resultados que se obtienen en el monitoreo de calidad. La playa Puerto Colombia en los últimos seis años incumplió 4 veces con la norma para realizar actividades de contacto primario, en especial en la época de lluvia, posiblemente los niveles obtenidos sean producto de las descargas de residuos generados en los establecimientos cercanos y por el arrastre y resuspensión de los contaminantes retenidos en el suelo, lo cual genera un incremento en los niveles dentro de la columna de agua ([Noble et al., 2003](#)).

Al igual que en otras zonas costeras, los ríos constituyen una de las fuente más importantes de contaminación al mar. En los reportes de años anteriores la estación del río Magdalena, ubicada a la altura de la Base Naval, en general registra niveles que sobrepasan los límites permisibles para CCT (< 5000 NMP/100mL) y CTE (< 200 NMP/100mL) ([INVEMAR 2006](#), [INVEMAR 2007](#), [INVEMAR 2008](#), [Troncoso et. al., 2009](#)). Igual que al inicio del monitoreo, en la época seca de 2010 registró las concentraciones más altas, con un nivel de CTT y CTE de 16000000 NMP/100 mL. El río Magdalena es la vertiente hídrica más importante del país y recibe el 70 % de los residuos industriales y domésticos que se generan a nivel nacional ([Marín et al., 2004](#)). Sus aguas son empleadas en diferentes labores agrícolas, domésticas y de pesca, que teniendo las mediciones semestrales de los indicadores fecales, revelan condiciones no aptas para su desarrollo.

4.5.4 Hidrocarburos y Plaguicidas

El Atlántico es el departamento costero con mayor población, esta situación sumada a las actividades en torno a uno de los principales puertos marítimos y fluviales del país, y la actividad industrial de los municipios de Barranquilla, Soledad y Malambo, lo hacen potencialmente vulnerable a la contaminación por hidrocarburos. La problemática ambiental del departamento en relación con los ecosistemas marinos ha sido poco sustentada. Ventajosamente Barranquilla la ciudad más grande, no se encuentra asociada a un cuerpo de agua cerrado, donde los impactos serían evidentes. Sin embargo, sus descargas de desechos

industriales y de aguas residuales van al río Magdalena y de este casi enseguida al mar, por lo cual es lógico suponer que esta ciudad es una de las principales fuentes de contaminantes de la región (Garzón-Ferreira, 1998).

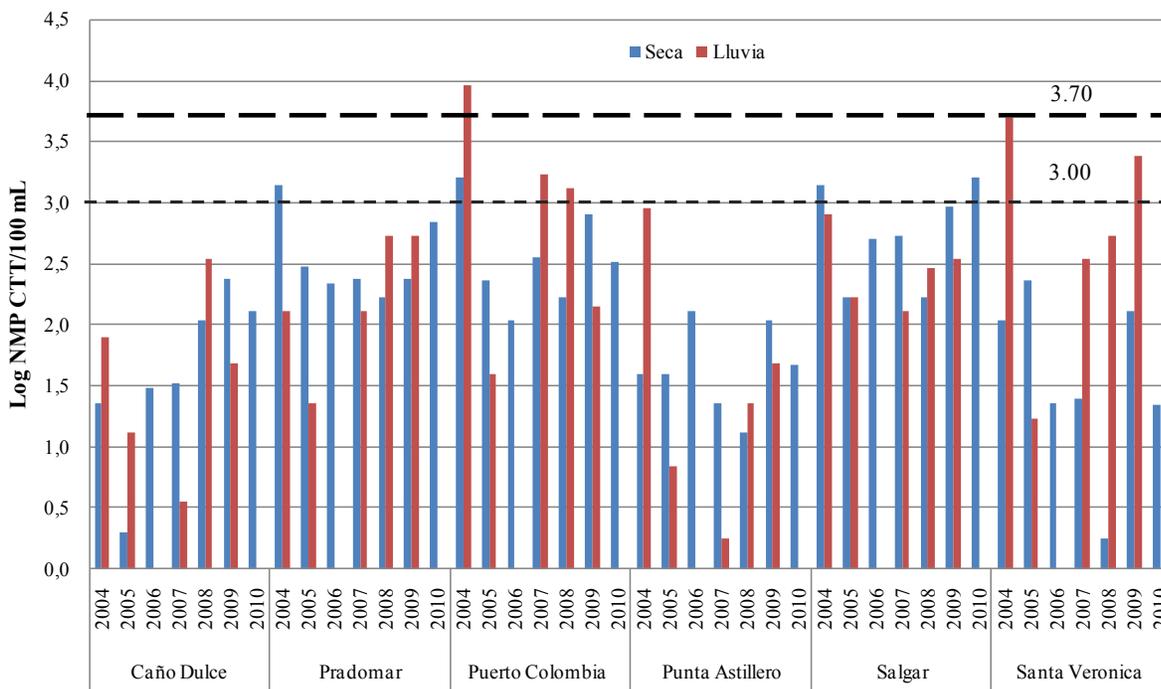


Figura 4.5-7. Concentraciones de coliformes totales CTT medidos en seis playas monitoreadas del departamento del Atlántico. Las líneas discontinuas de 3,70 y 3,00 corresponden al Log 5000 y Log 1000 NMP/100mL de los límites permisibles para contacto secundario y primario, respectivamente según el Minsalud (1984).

Históricamente, de las once estaciones que se monitorean en la actualidad, el 27% de ellas han presentado concentraciones de hidrocarburos que sobrepasan el valor de referencia establecido como norma para aguas marinas y costeras no contaminadas de UNESCO/CARIPOL ($10 \mu\text{g/L}$; [Atwood et al. 1988](#); [UNESCO, 1984](#)). Entre las estaciones que han presentado los niveles más altos ($> 5,0 \mu\text{g/L}$) están: Santa Verónica, Arroyo Juan de Acosta, Boca Caño Clarín, Frente a Puerto Velero, Ciénaga de Balboa, Urb. La Playa (Ciénaga Mallorquín), Bocas de Ceniza, Las Flores (descarga de aguas residuales al Río Magdalena) y Frente a la Base Naval. Estudios realizados en la década de 1990 por [Garay et al., \(1992\)](#) y [Garay \(1994\)](#) presentan concentraciones por encima de tres veces el valor de referencia ($36,25 \mu\text{g/L}$) en la zona del río Magdalena. Lo anterior refleja el riesgo al cual está sometida la zona costera, aunque en la actualidad, obviando algunos casos puntuales, la situación es más favorable ambientalmente. Por ejemplo, en el último periodo de estudio el rango de concentraciones en la época lluviosa de 2009 estuvieron entre $0,04 - 3,04 \mu\text{g/L}$, y en la época seca de 2010, solo una estación registró un valor por encima de $10 \mu\text{g/L}$ (Estación frente a la Base Naval: $13,69 \mu\text{g/L}$, Figura 4.5-8), de acuerdo al criterio de la UNESCO, estas concentraciones mayores a $10 \mu\text{g/L}$ de Hidrocarburos aromáticos pueden empezar a representar riesgo de toxicidad. Con esto la tendencia que se había presentado en años anteriores de disminución, a partir del 2009 parece iniciar un incremento.

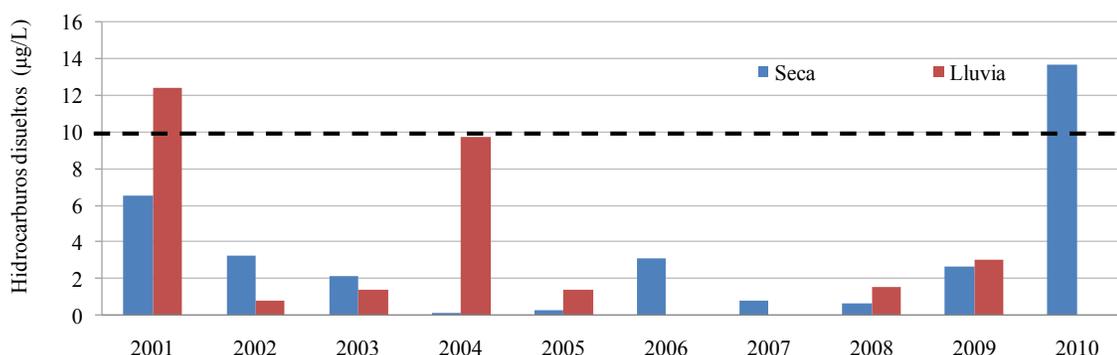


Figura 4.5-8. Promedio máximo de hidrocarburos disueltos medidos en aguas superficiales del Atlántico. La línea punteada representa el nivel de referencia de 10 µg/L, para riesgo de contaminación.

En cuanto a la evaluación de plaguicidas, en anteriores informes se ha puntualizado que el riesgo está asociado principalmente a las descargas del río Magdalena y al procesamiento de productos agroquímicos en la ciudad de Barranquilla. Como lo describió el informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en Colombia se aplica el 25 % de los plaguicidas de un total de 14 países del Gran Caribe, y se sugiere que gran parte de estas sustancias es descargado al Río Magdalena por sus tributarios y finalmente introducido al Mar Caribe ([PNUMA, 1994](#)).

Desde el año 2004 los niveles de plaguicidas organoclorados detectados han sido bajos, llegando actualmente a concentraciones indetectables en las estaciones monitoreadas sin embargo siguen apareciendo trazas especialmente de isómeros del DDT. En el 2004 a 2006 las concentraciones fueron menores a 2,0 ng/L, en el 2007 de 14,10 ng/L y 2008 de 20,70 ng/L, en los dos últimos años (incluyendo el último periodo de estudio) las concentraciones han sido indetectables en la mayoría de estaciones. Sólo en una estación (Ciénaga de Balboa) se detectaron residuos de isómeros del DDT y Endosulfan un plaguicida que no se había monitoreado anteriormente y que posiblemente se esté usando debido a que su prohibición fue tan solo hasta el 2003. Las concentraciones detectadas en esta ciénaga son relativamente altas de acuerdo a la [EPA \(2008\)](#), ya que por encima de 4,35 ng/L y pueden representar un riesgo de efectos crónicos sobre los organismos más sensibles (Tabla 4.5-1).

Tabla 4.5-1. Concentraciones de plaguicidas detectados en aguas del departamento del Atlántico en la época seca de 2010.

Estación	DDT's	Endosulfan	Metil Paration
Ciénaga de Balboa	19,5	109,3	21,9
Referencia para efectos crónicos (EPA, 2008)	0,5	4,35	Nd

Nd: No disponible

En el 2009 se inició el monitoreo de nuevas moléculas de compuestos organofosforados, en la época de lluvias del 2009 no se detectaron ninguna de las 9 moléculas analizadas (Diuron, Diazinon, Clorotalonil, Metil Paration, Bromacil, Clorpirifos, fenamifos, Cis y Trans-Permetrina); mientras que en la época seca del 2010 se detectó Metil Paration en la Ciénaga de Balboa, lo que registra gran interés ya que en este sector también se encontraron residuos de Endosulfan y puede deberse a uso incontrolado de plaguicidas en el sector aledaño

4.5.5 Metales pesados

Se ha identificado al río Magdalena como la principal fuente de contaminación por metales en la zona litoral costera del departamento, por tener su desembocadura en esta área y traer consigo las descargas provenientes de los desechos industriales y aguas negras de las principales ciudades del país ([Cedeño et al., 2001](#)); y se suma la contribución directa de las industrias metalúrgicas, productoras de químicos, curtiembres, agroquímicos, entre otras, de la zona industrial de la ciudad de Barranquilla ([Garay y Vélez, 2004](#)).

Los tres metales analizados en el proyecto de la REDCAM cadmio (Cd), plomo (Pb) y cromo (Cr) se detectan en las aguas del departamento principalmente en la zona de influencia de las descargas del río Magdalena. Las mayores concentraciones de Cd en el periodo de la época de lluvias 2009 y época seca 2010 se registraron en el sector de Bocas de Ceniza (2,73 µg/L), mientras el Cr se registró en el sector de Puerto Colombia (10,03 µg/L), y el Pb en el sector del río Magdalena (12,15 µg/L); estas concentraciones se encuentran por debajo de los valores referenciados en normas internacionales como de riesgo.

Históricamente se evidencia desde 2001 a la fecha, que las mayores concentraciones de estos elementos se registraron en el primer periodo de 2002 para el Cd y Pb; y para el Cr en el primer periodo de 2001. La tendencia general de las concentraciones ha sido al descenso. En general para el Cd las mayores concentraciones se registraron en el sector del río Magdalena donde se detectaron valores puntuales que sobrepasan los límites de riesgo establecidos por la normatividad internacional (8,8 µg/L; [EPA, 2002](#)); el rango en el cual se han registrado las concentraciones de Cd ha sido de 0,04 a 50,0 µg/L.

Para el Cr, las concentraciones promedio han sido relativamente altas, comparadas con otros departamentos de la costa Caribe; el sector de mayor riesgo con referencia a este elemento durante el periodo muestreado 2001 a 2010 es del río Magdalena, el rango de concentración registrado ha sido de 0,05 a 49,0 µg/L, aunque la tendencia general también ha sido al descenso a lo largo del monitoreo. El Pb también ha registrado datos muy superiores a otros departamentos de la región Caribe (en el rango de 0,05 - 300 µg/L), igualmente, las mayores concentraciones han sido determinadas en el sector del río Magdalena, no obstante, no rebasan los valores referenciados como de riesgo (500 µg/L) en la normatividad internacional ([Conama, 1986](#)).

En general las estaciones donde se registran las concentraciones más altas de metales para el Atlántico durante el periodo muestreado, corresponden a las ubicadas en el sector del río Magdalena. como se había mencionado antes las aguas del río, posiblemente, traen consigo contaminantes químicos provenientes de las zonas industriales del interior del país que pueden influenciar de una manera directa la calidad de las aguas en esta zona. Las concentraciones registradas en el departamento, aunque no rebasan los límites de las normatividad internacional, son concentraciones que revisten importancia y por lo tanto es indispensable continuar con su monitoreo y extenderlo a otras matrices ambientales como el sedimento, que puede dar un mejor indicativo del comportamiento y destino final de estos contaminantes.

4.5.6 Conclusiones

Las concentraciones de SST y P-PO₄ fueron más altas en la época seca del 2010 que lo encontrado en la época lluviosa del 2009. En general durante el presente monitoreo, 80% de las concentraciones de SST y de nutrientes estuvieron en los rangos históricos medidos, tanto para aguas marinas como estuarinas en el departamento. Estaciones como Boca de Ceniza, Playa Pradomar y la Ciénaga de Mallorquín presentaron los niveles más altos de nutrientes, con particular atención en la estación frente al Base Naval que tuvo concentraciones de amonio extremadamente altas.

Los registros de 2005 -2008 en este departamento, han mostrado mejorías en la calidad del agua con respecto a los niveles de HDD, sin embargo, aun se mantiene el riesgo por contaminación debido a la actividad industrial y las descargas domésticas de la ciudad de Barranquilla en diferentes puntos. En la actualidad, obviando algunos casos puntuales, la situación es más favorable ambientalmente. No obstante, estos casos puntuales hacen que ya no se mantenga la tendencia descendente que se presentaba desde el 2005.

El análisis de plaguicidas, muestra que las concentraciones de OC en el último año y en todas las estaciones monitoreadas son bajas, exceptuando casos puntuales, en los cuales por efectos de escorrentía los suelos pueden estar drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo, razón por la cual en muchas de las muestras recolectadas ya no se detectan dichos compuestos como se presentaban a comienzos de la década. Si bien, las aguas del río Magdalena recorren gran parte del territorio nacional, su gran caudal (8000 m³/s) parece estar cumpliendo con el papel de servir de disposición final para la mayoría de aguas residuales de nuestro país; permitiendo la dilución de contaminantes a concentraciones por debajo de los límites de detección de las técnicas analíticas al punto que sólo se detectó Metil Paration de los plaguicidas usados en la actualidad.

La evaluación microbiológica indicó que el 33% de los seis balnearios estuvieron no aptos para actividades de contacto secundario, siendo este el segundo porcentaje más alto desde el reportado en el año 2004 donde el 90% de casos se encontraron como no aptos en cuanto a aptitud sanitaria. Aunque se evidencia una mejora en la calidad de playas del departamento es probable que los registros actuales hayan sido influenciados por fenómenos ambientales como El Niño y La Niña que afectaron el año 2009 y 2010 respectivamente. Es de importancia continuar con el monitoreo tanto de playas como de zonas impactadas por la influencia del río Magdalena para establecer como es la dinámica de las estaciones a través del tiempo y tomar medidas de rehabilitación cuando se considere pertinente.

Las concentraciones promedio de Cd, Pb y Cr en el departamento del Atlántico durante el periodo de 2001 a 2010, han mostrado una tendencia general al descenso. No obstante se han registrado concentraciones que aunque no rebasan los niveles indicados como de riesgo en normas internacionales, es conveniente continuar su monitoreo y extenderlo a otras matrices como son los sedimentos.

Bolívar



Bahía de Cartagena sector del muelle Naval

4.6 BOLÍVAR

El departamento de Bolívar tiene zonas con unas condiciones excelentes de calidad de agua marinas y costeras; y otras en las cuales la calidad es menor, como la bahía de Cartagena. La bahía ha sido ampliamente estudiada debido a su importancia económica y social; la calidad del agua en ella se ve afectada por la influencia del Canal del Dique, que descarga agua dulce y materiales terrígenos otorgándole características de ambiente estuarino; y paralelamente, el desarrollo urbano, turístico e industrial de la ciudad de Cartagena, también ha originado una problemática compleja de deterioro con la consecuente pérdida de hábitats y agotamiento de recursos. Dicha problemática, se ha visto reflejada con eventos constantes de anoxia en aguas subsuperficiales, empobrecimiento faunístico y altos niveles de nutrientes, entre otros. Por ello se han adelantado grandes esfuerzos para mejorar la calidad de las aguas, como la aplicación de protocolos de producción más limpia en las industrias del sector de Mamonal, obras de recuperación de la ciénaga de la Virgen y la construcción del emisario submarino, lo cual implica una mejora en características del agua. En otros sectores como el archipiélago de las Islas del Rosario en algunos muestreo los rangos de nutrientes y sedimentos han presentado valores un poco altos para la salud de los ecosistemas coralinos.

4.6.1 Área de estudio

El Departamento de Bolívar está ubicado en la llanura del Caribe, entre los 07° 00' 03" y los 10° 48' 37" de latitud norte y entre los 73° 45' 15" y los 75° 42' 18" de longitud oeste ([IGAC, 2010](#)). La superficie es de 25.978 km² y limita por el Norte con el mar Caribe y el departamento del Atlántico, por el Este con el río Magdalena que lo separa de los departamentos del Magdalena, Cesar y Santander, por el Sur con los departamentos de Santander y Antioquia, y por el Oeste con Antioquia, Córdoba, Sucre y el mar Caribe ([Badel, 1999](#)). La mayor parte de los 25978 km² de su jurisdicción son de topografía plana y las máximas alturas se encuentran en la serranía de San Lucas a 2450 m ([IGAC, 2002](#)). El área central está constituida por la depresión inundable del río Magdalena, conocida como La Depresión Momposina, que pasa por el costado oriental del departamento marcando el límite con los departamentos de Santander, Cesar y Magdalena, hasta el Canal del Dique. La depresión Momposina es el área más anegadiza del país debido a la fuerte dinámica fluvial que hay en la fosa presente en la región; allí se forma una intrincada red de brazos y caños, gracias a la poca resistencia de los suelos aluviales que constituyen las paredes de los cauces y a los caudales de los ríos. La red actual de 33 estaciones se localiza en la zona costera del departamento entre Galerazamba, Bahía de Cartagena, Barú y Barbacoas con el límite del departamento de Sucre, e incluye algunas estaciones en el Archipiélago de las islas de Rosario (Figura 4.6-1).

4.6.2 Variables fisicoquímicas

4.6.2.1 In situ

La calidad fisicoquímica del agua mostró en general buenas condiciones en la época lluviosa de 2009 y seca de 2010. El oxígeno disuelto (OD) presentó variaciones entre 5,25 y 8,41 mg/L durante la época lluviosa y de 4,80 y 15,20 mg/L (Norte Bocana) durante la época seca 2010 (Figura 4.6-2); que fue atípicamente lluviosa debido a la influencia del fenómeno climático “La Niña”. Aunque no se observa una tendencia clara en el comportamiento temporal del OD, en aguas marinas los valores fueron más bajos durante la época seca (6,80 - 8,24 mg/L). En las aguas fluviales y estuarinas se presentaron los oxígeno más bajos, en los caños Lequerica (5,2 mg/L), Matunilla (4,1 mg/L) y en las bocas de Caño Correa (5,1 mg/L) y de Matunilla (4,8 mg/L) debido al aporte de materia orgánica.

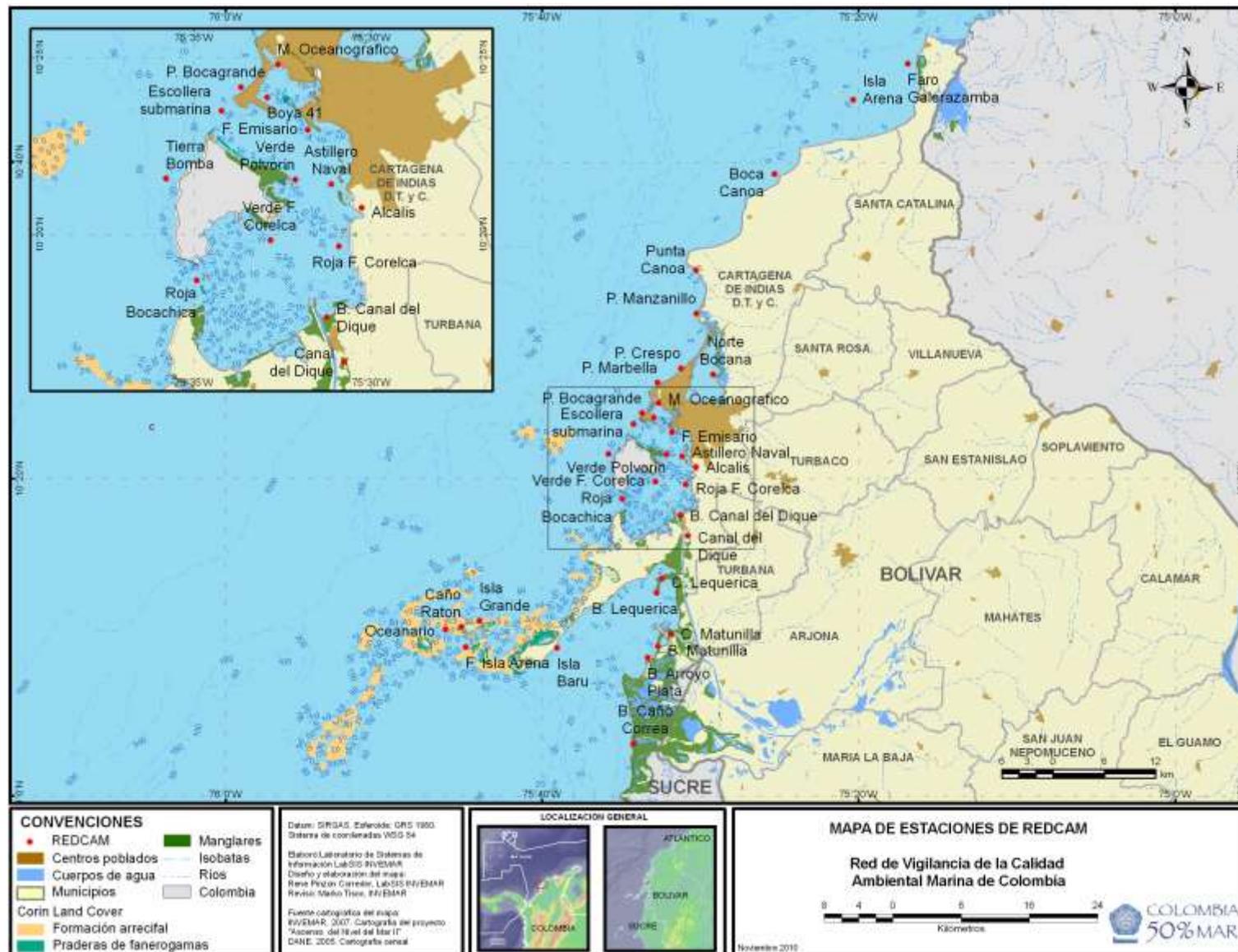


Figura 4.6-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento Bolívar.

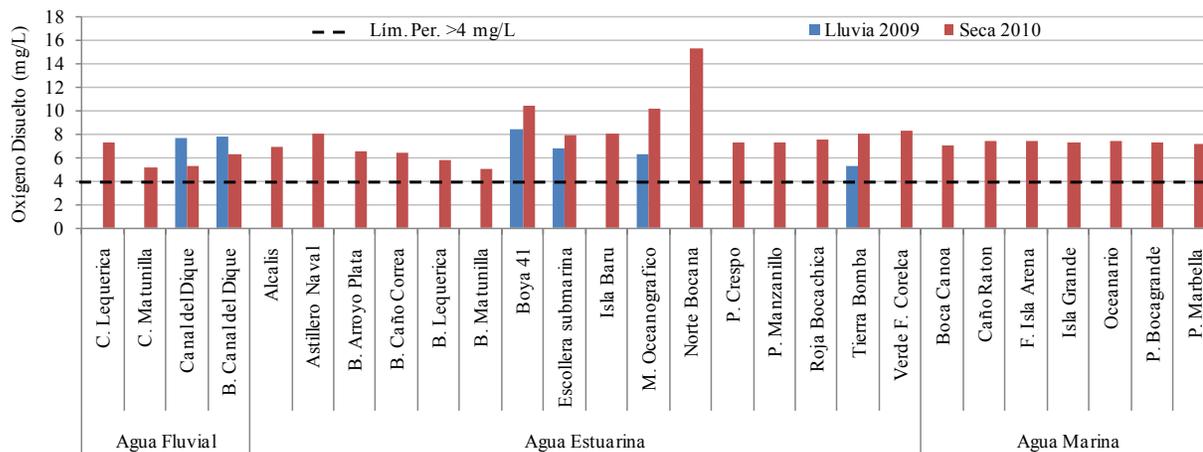


Figura 4.6-2. Oxígeno disuelto medidos en aguas superficiales, entre época de lluvias 2009 y seca 2010. La línea indica el límite permisible > 4 mg/L establecido para la preservación de la vida acuática (MinSalud, 1984).

Como lo describieron [Garay y Giraldo \(1997\)](#), en la Bahía de Cartagena se presentan en algunos sitios valores de oxígeno superiores a los límites de saturación, durante determinadas épocas del año, debido al intercambio entre la atmósfera y las capas superficiales del mar, las corrientes y el oleaje que impera durante la mayor parte del año. Los procesos fotosintéticos que ocurren por la mayor iluminación sobre las capas superficiales, influyen en la producción y distribución del oxígeno sobre la bahía. En cuando a la salinidad el análisis es parcial porque al momento no se contaba con los datos de todas las estaciones para el período. La salinidad del agua marina en época seca de 2010 se mantuvo constante entre 35.7 y 35.9, en las estaciones de las islas del Rosario y las playas de Marbella y Bocagrande; las estaciones fluviales se conservaron dulces entre 0 y 0.4 partes; pero las aguas estuarinas por el contrario, si presentaron variaciones entre estaciones y épocas de muestreo, con valores entre 3.1 y 36.1 (Figura 4.6-3).

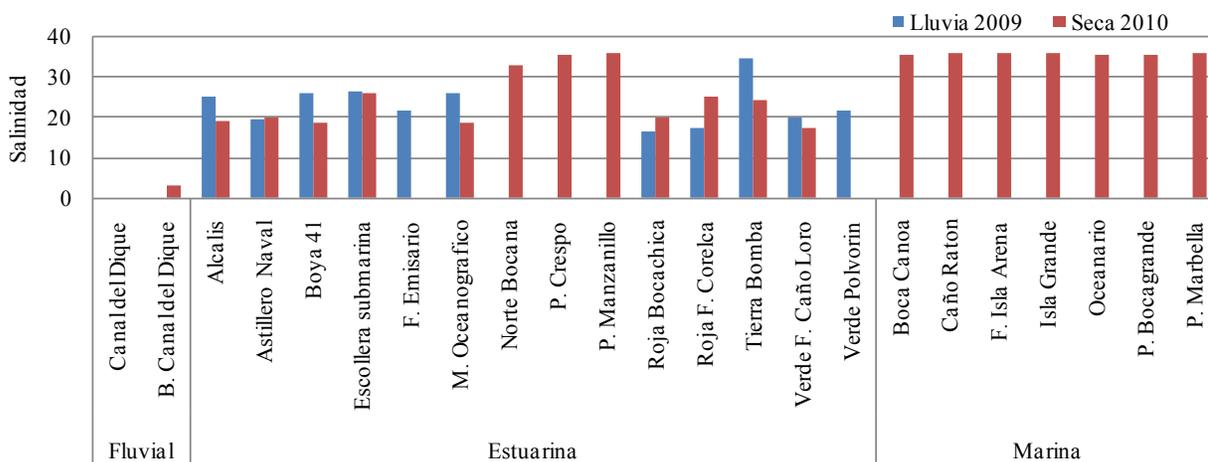


Figura 4.6-3. Valores de salinidad en aguas superficiales de Bolívar medidas entre la época de lluvias de 2009 y seca de 2010.

Las aguas estuarinas son afectadas por el régimen de mareas, de vientos, patrones de circulación y por procesos de mezcla entre agua dulce que aportan el Canal del Dique o los caños y el mar dentro de la bahía interna durante las diferentes épocas del año (Lonin *et al.*, 2007). En ese sentido en la misma bahía se pueden encontrar salinidades bajas como en las bocas de los caños y del Canal del Dique; mientras que las playas de Crespo (35.4) y Manzanillo (35.6) muestran salinidades netamente de influencia marina (Figura 4.6-3). La temperatura presentó pequeños intervalos entre 27.5 y 33.9 °C.

En cuanto al pH, no se observaron cambios relevantes entre épocas climáticas; solo algunas variaciones en las estaciones que coinciden con la entrada de aportes importantes de agua dulce que recibe la bahía a través de caños, con valores algo ácidos en la época seca de 2010 en las bocas de los caños Matunilla (5.15 de pH), Correa (5.72 de pH) y Arroyo Plata (5.92 de pH), a excepción de estos casos, el rango de pH para el departamento se mantuvo entre 6.1 y 8.93, óptimo para aguas estuarinas. En cuanto a las estaciones marinas el pH se mantuvo en condiciones entre 7.8 y 8.5, valores de pH normales para agua marina (7.0 – 8.5; Minsalud, 1984; Cogneti *et al.*, 2001).

4.6.2.2 Nutrientes y Sólidos suspendidos

La época lluviosa de 2009 mostró valores altos de sólidos suspendidos (SST) en las aguas estuarinas y marinas del departamento de Bolívar a excepción de la boca del Canal del Dique, donde los niveles fueron más altos en la época seca de 2010 (Figura 4.6-4). Se presentaron concentraciones altas de SST en las estaciones de Caño Lequerica (563 mg/L) y Matunilla (424 mg/L), parecido al promedio histórico del departamento (369.4±143.0 mg/L). Los SST en las estaciones estuarinas se mantuvieron dentro de los promedios históricos del departamento (aguas estuarinas: 92.8 ± 104.2 mg/L; con excepciones en las desembocaduras del Canal de Dique (723 mg/L), de Caño Matunilla (618 mg/L), y del Caño Lequerica (364.5 mg/L). En las estaciones marinas, todos los datos de la época lluviosa 2009 fueron superiores al promedio histórico (aguas marinas: 66.2±59.1 mg/L) en especial, frente a Isla Arena (416 mg/L). Los datos en este informe y estudios pasados (Restrepo *et al.* 2006) sugieren que el Canal del Dique es la principal fuente de material particulado a la zona.

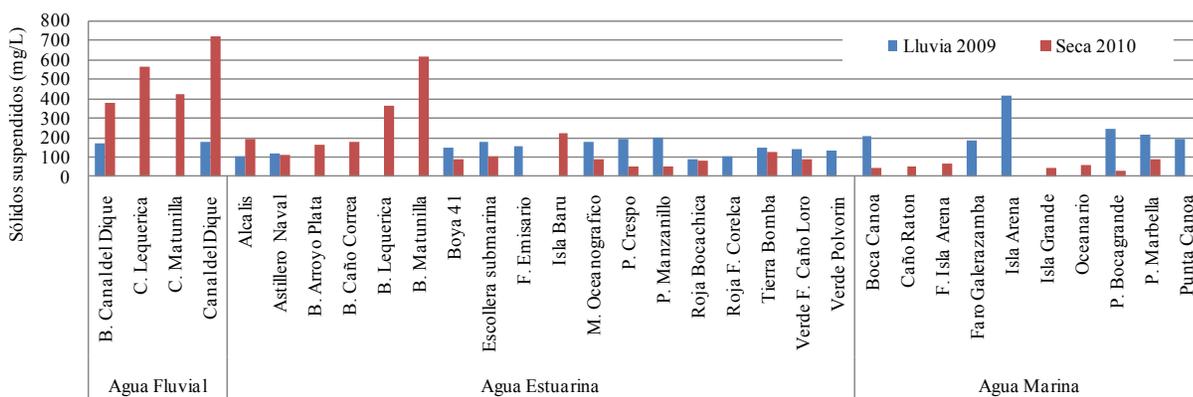


Figura 4.6-4. Sólidos suspendidos medidos en aguas superficiales de Bolívar, entre 2009 y 2010.

Las descargas continentales representan las mayores fuentes de nutrientes al mar, tal es el caso de los caños Lequerica y Matunilla que mostraron altas concentraciones de nitrógeno y fósforo disueltos, similares a algunos ríos contaminados del mundo (Meybeck, 1982, con valores hasta de 270 P-PO₄ µg/L y 1238 N-NH₄ µg/L), y están dentro del promedio de fósforo del departamento (151.1±196.3 P-PO₄ µg/L) pero los valores de amonio son superiores al promedio histórico (281.7±410.6 N-NH₄ µg/L).

En el caso de las aguas estuarinas, los valores de N-NO₃ fueron superiores al promedio histórico del departamento (144.1 ± 303.1 N-NO₃ µg/L) en 5 de las 20 estaciones (Figura 4.6-5), particularmente en la desembocadura del Caño Lequerica (1695 µg/L), frente a Alcalis (637 µg/L), el Astillero Naval (574 µg/L), Cotecmar (442 µg/L), Isla Barú (429 µg/L) y el Canal del Dique (401 µg/L). Sin embargo, todas las estaciones marinas estuvieron debajo del promedio histórico del departamento (63.0 ± 196.3 N-NO₃ µg/L).

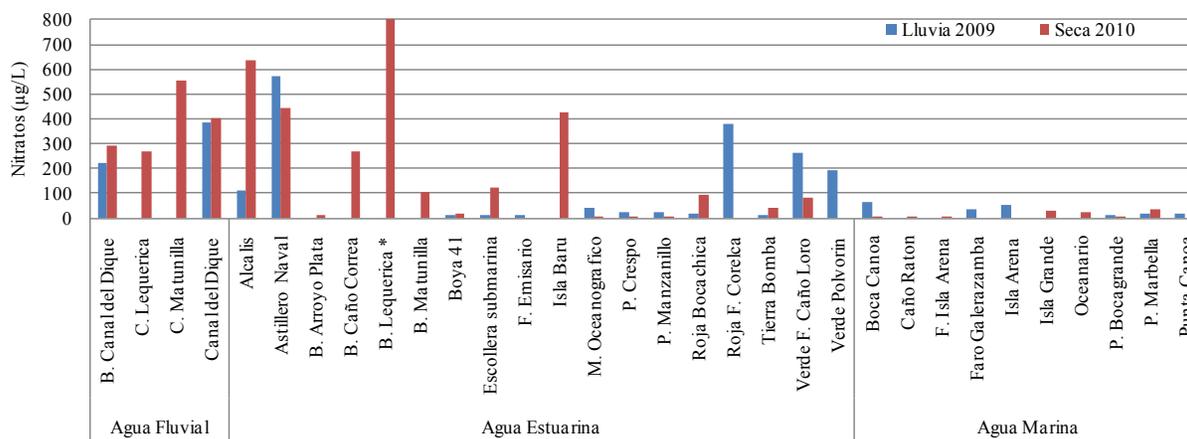


Figura 4.6-5. Concentraciones de nitratos N-NO₃ medidos en aguas superficiales de Bolívar, entre la época de lluvias de 2009 y la seca de 2010.

Los promedios históricos del departamento para nitritos (aguas estuarinas: 7.0 ± 10.6 N-NO₂ µg/L; aguas marinas: 4.6 ± 6.9 N-NO₂ µg/L), fueron superados en 2 de las 20 estaciones estuarinas, Alcalis (29,2 µg/L) y Canal del Dique (21,0 µg/L), y en 1 de las 10 estaciones marinas, como el balneario Boca Canoa (21,8 µg/L). Las concentraciones de N-NH₄ fueron relativamente altas en 10 de las 20 estaciones estuarinas con valores entre 130 y 460 µg/L comparables con el promedio histórico del departamento (192.6 ± 235.1 N-NH₄ µg/L). Estos datos mostraron una tendencia creciente de amonio en la época lluviosa, de acuerdo con los datos históricos. En las estaciones marinas no se tomó muestras durante la época lluviosa, sin embargo, los datos de la época seca mostraron niveles de N-NH₄ extremadamente altos en 3 de 7 estaciones, particularmente frente a Isla Arena (841 µg/L), Isla Grande (2540 µg/L) y la estación Oceanario (2556 µg/L), que se encuentran en el área protegida de las Islas del Rosarios. Concentraciones de amonio han sido altos históricamente, particularmente durante las épocas secas, en las estaciones de Oceanario (promedio histórico: 943 ± 2042 µg/L), Isla Grande (promedio histórico: 843 ± 1876 µg/L) y frente a Isla Arena (promedio histórico: 283 ± 530 µg/L). Una explicación potencial sería que aportes domésticos de las islas impactan la calidad del agua, y se nota especialmente en la época seca cuando hay menos aportes de agua dulce para diluir las concentraciones de amonio.

Los niveles de P-PO₄ en 3 de las 20 estaciones estuarinas fueron superiores al promedio histórico del departamento (61.3 ± 89.4 P-PO₄ µg/L); especialmente en la desembocadura del Canal de Dique (410 µg/L) y del Caño de Matunilla (315 µg/L). En las aguas marinas, 3 de 10 estaciones sobrepasaron el promedio histórico (48.5 ± 54.7 P-PO₄ µg/L) particularmente frente a Isla Arena (180 µg/L), el balneario Boca Canoa (130 µg/L) y las playas de Bocagrande (100 µg/L).

Los nutrientes encontrados sugieren riesgos potenciales a la salud de los ecosistemas coralinos del área protegida de las Islas del Rosarios y en Isla Arena (al norte del departamento). En comparación con los valores de referencia sobre impactos a la fisiología de corales (SST = 50 mg/L; N-NO₃ = 14.0 – 280.0

$\mu\text{g/L}$; $\text{P-PO}_4 = 62.0 \mu\text{g/L}$; [Fabricius 2005](#)), los datos de SST son altos en las estaciones de Rosario, sin embargo solo se tomó muestras en la época seca mientras que las muestras de la Isla Arena de la época lluviosa fueron superiores a las referencias de SST, P-PO_4 y N-NO_3 (Tabla 4.6-1). Comparando los valores indicativos de estados de florecimientos de macroalgas en arrecifes del Caribe ($\text{N-NO}_3\text{-NO}_2\text{-NH}_4 > 14.0 \mu\text{g/L}$ y $\text{P-PO}_4 > 3.1 \mu\text{g/L}$; [Lapointe, 1997](#)), todos los datos del departamento de Bolívar sugieren un impacto potencial a la salud de los ecosistemas. Particularmente son preocupantes los niveles de nitrógeno inorgánico reportados para las estaciones de Oceanario, Isla Grande y frente a Isla Arena, que son en gran parte debido a las altas concentraciones de amonio encontradas en el muestreo. En consideración que estas estaciones están en un área protegida, sería recomendable investigar el problema más profundo para encontrar formas de mitigación.

Tabla 4.6-1. Concentraciones de sólidos y nutrientes en estaciones con formaciones coralinas en el departamento de Bolívar entre la época de lluvias de 2009 y seca de 2010. *cálculo no incluye N-NH_4 .

Estaciones	Sólidos Suspendidos		Fosfato		Nitrato		Nitrógeno Inorgánico	
	(mg/L)		(P- $\text{PO}_4 \mu\text{g/L}$)		(N- $\text{NO}_3 \mu\text{g/L}$)		(N- $\text{NO}_3\text{-NO}_2 \mu\text{g/L}$)	
	Lluvia 2009	Seca 2010	Lluvia 2009	Seca 2010	Lluvia 2009	Seca 2010	Lluvia 2009	Seca 2010
Oceanario		59,1		34,8		20,8		2581,0
Caño Ratón		55,3		27,1		7,0		27,4
Isla Grande		43,7		14,6		29,6		2571,0
Frente Isla Arena		63,7		11,8		4,3		847,0
Isla Arena	416,0		180,0		51,1		60,3*	

4.6.3 Contaminación Microbiológica

Cartagena es uno de los destinos turísticos más importante del País, al cual llegan cientos de visitantes al año con el objetivo de disfrutar de sus playas. Esta afluencia de turistas puede ser un factor determinante en la calidad de las aguas recreativas de estos balnearios, ya que se ha determinado que pueden contribuir con el incremento de las concentraciones microbianas en las playas, especialmente durante las temporadas festivas, cuando cientos de turistas se concentran en un área ([Elmir et al., 2007](#); [Sunderland et al., 2007](#)). Las muestras de las playas de Cartagena en la época seca de 2010 fueron recolectadas la semana posterior a la Semana Santa y analizadas para los grupos coliformes y Enterococos. Los resultados muestran concentraciones de coliformes termotolerantes por encima de los límites permisibles establecidos en la normatividad colombiana ($\text{CTE} < 200 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$; [Minsalud, 1984](#)) y valores de Enterococos superiores a 40 UFC/ 100 mL, que pueden generar un riesgo mínimo de adquisición de enfermedades gastrointestinales y respiratorias según la OMS (Tabla 4.6-2).

Aunque ha sido descrito que los coliformes y enterococos en las aguas marinas pueden provenir de heces de animales ([Selvakumar y Borst, 2006](#)), su origen está relacionado con las heces humanas, así como también con secreciones nasales o de la piel ([Fewtrell y Bartram, 2002](#)). Es importante notar que la relación causa – efecto entre la contaminación fecal derivada por bañistas y la adquisición de enfermedades respiratorias y gastrointestinales ha demostrado ser biológicamente probable ([Fleisher et al., 1996](#); [OMS, 2003](#); [Wade et al., 2006](#)). De tal manera, que los usuarios en las playas pueden ser individuos expuestos a contaminantes microbiológicos y a la vez causantes del incremento de la contaminación cuando coinciden en grandes aglomeraciones.

Tabla 4.6-2. Concentraciones de coliformes termotolerantes (CTE) y enterococos (EF) en las playas del departamento de Bolívar entre la época lluviosa de 2009 y seca de 2010. Los valores en negrilla sobrepasan el límite permisible de coliformes establecido en el decreto 1594 de 1984 (<200 NMP/ 100 mL de CTE) y los valores guía de enterococos de la Organización Mundial de la Salud (<40 UFC/100 mL EF)

Estación	Lluvias 2009	Seca 2010	EF (UFC/100 mL)
	CTE (NMP/100 mL)	CTE (NMP/100 mL)	
P. Bocagrande	4	320	1036
P. Crespo	0,9	170	528
P. Manzanillo	0,9	13	106
P. Marbella	0,9	230	487
Isla Grande	----	39,95	7
Caño Raton	----	11,45	9
Oceanario	----	26	----
F. Isla Arena	----	20,95	1

En el sector de Islas del Rosario, las aguas marinas han presentado una calidad microbiológica satisfactoria a través del tiempo, lo cual se puede ver favorecido por los procesos de radiación solar, temperatura, bajas concentraciones de material particulado y salinidad, que contribuyen al descenso de las poblaciones microbianas en la columna de agua ([Mallin et al., 2000](#); [Hose et al., 2005](#); [Olyphant, 2005](#)). Sin embargo, algunos caños como el Lequerica y Matunilla presentan eventualmente ascensos en las concentraciones de coliformes totales superiores a los 20000 NMP/100 mL. Por otro lado durante la época seca del 2010 se observó un incremento en los niveles históricos en la estación Alcalis en la bahía de Cartagena, llegando a 24000 NMP/100 mL de totales y 2400 de termotolerantes.

4.6.4 Hidrocarburos y Plaguicidas

El departamento de Bolívar y principalmente su capital Cartagena, cuentan con alta actividad marítima y portuaria, mas de 50 muelles y cinco astilleros son muestra de ello, igualmente, mas de 5000 embarcaciones al mes se movilizan por la bahía de Cartagena ([Garay, 1993](#)). En estudios desarrollados por Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), se ha identificado que el sector de mayor riesgo por contaminación con hidrocarburos corresponde, como es de esperar, a la zona costera de Cartagena, debido a las actividades de transporte y manejo portuario de petróleo. No obstante, el sector industrial también se convierte en una fuente importante de hidrocarburos (HC), las industrias ubicadas en la costa oriental de la Bahía de Cartagena, y hacia la zona nororiental de la Bahía, resultan importantes las descargas de pequeñas industrias (talleres mecánicos, de pinturas, muebles, etc), cuyos vertimientos no se han cuantificado pero que pueden ser de importancia, en especial en aportes de residuos oleosos y petrogénicos, por los insumos que manejan.

Desafortunadamente hay un vacío en mediciones del 2003-2008, no obstante, los niveles encontrados en entre 2001 - 2003 mostraron un comportamiento descendente de hidrocarburos disueltos y dispersos; encontrándose los valores máximos en el año 2001. En el primer muestreo del 2001 las concentraciones variaron entre 1,0 – 5,0 µg/L para la Bahía de Cartagena, en aquel momento, en Islas del Rosario se advirtieron valores moderadamente riesgosos entre 5,0 -10,0 µg/L, considerando la importancia ecológica de este sector insular; y que el valor de referencia establecido como norma para aguas marinas y costeras no contaminadas de 10,0 µg/L ([Atwood et al. 1988](#); [UNESCO, 1984](#)), establece que las concentraciones mayores a 10,0 µg/L de HAT pueden empezar a representar riesgo de toxicidad.

Para el 2002 los valores bajaron reportándose un máximo de 3,86 µg/L en el Caño Matunilla, como consecuencia de los vertimientos que se hacen a este caño aguas arriba. En ese mismo año las concentraciones en la desembocadura del Canal del Dique fueron inferiores a 1,0 µg/L, asociado muy probablemente a la disminución del caudal en ese año.

En el 2009 se retomó el monitoreo en algunas estaciones ubicadas al interior de la bahía (Tabla 4.6-3) para validar lo registrado en el 2001-2003. Este muestreo registró que las concentraciones en las estaciones de la bahía eran más altas que en la desembocadura del Canal del Dique, lo que significa que el aporte a la bahía es en un mínimo debido al Canal y que prevalecen las fuentes ubicadas alrededor de la bahía; ya que las otras tres estaciones presentaron concentraciones entre 4,0 y 9,0 µg/L, que aunque no superan el valor de referencia si presentan un llamado de alerta para seguir monitoreando y tomar acciones para evitar que las concentraciones sobrepasen dicho nivel. Durante la época seca de 2010 se monitoreo nuevamente con énfasis en las islas del Rosario para validar la situación que se registró en el 2001, los resultados obtenidos mostraron niveles bajos de contaminación por hidrocarburos con valores que no superaron los 0,85 µg/L de HDD y que no representan riesgo para el ecosistema.

Tabla 4.6-3. Hidrocarburos disueltos (µg/L) detectados en aguas superficiales de Bolívar entre la época seca de 2010.

Estación / Época	Seca 2009	Seca 2010
Desembocadura Canal del Dique	2,41	1,36
Boya roja 50	7,04	-
Alcalis	8,44	-
Frente al emisario de Acuacar	4,99	-
Isla Arena	-	0,36
Playa Cholón	-	0,85
Isla Grande	-	0,37
Oceanario	-	0,49
Caño Ratón	-	0,37

La información histórica sobre residuos de plaguicidas organoclorados (OC) realizados en la franja costera del departamento, definen que la contaminación por plaguicidas se centraliza principalmente en el sector de Cartagena y concretamente en la Ciénaga de la Virgen debido a las actividades agrícolas en sus alrededores ([Garay, 1993b](#)). Como prueba de la utilización de estos compuestos en 1989, en las inmediaciones de la ciudad de Cartagena y en un predio donde funcionaba una de las instalaciones de la Federación Nacional de algodoneros, se encontró un entierro de plaguicidas con productos de DDT, Aldrin, Metil Paration, Paration, toxafeno y aldicarb, entre otros. Según estudios contratados por el Banco de Colombia con entidades nacionales e internacionales, es la alternativa más viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental era el confinamiento “in situ”. ([MMA/PNUMA/UCR/CAR, 2000](#)).

Adicionalmente, el aporte de aguas del río Magdalena por el Canal del Dique representa un riesgo de contaminación por residuos de plaguicidas y se suma la presencia de industrias productoras de agroquímicos (Monsanto, Bayer, Rohm and Haas, Dow AgroSciences, Dupont, Quimor, Novartis, Aventis). Estas fábricas se encuentran en el sector industrial de Cartagena muy cerca de la bahía. Con antecedentes, como el ocurrido en 1989 donde se derramaron a esta bahía aproximadamente 5000 litros de Clorpirifos, ocasionando la muerte masiva de cerca de 10 toneladas de peces de importancia comercial.

Los años en los que se evaluó la presencia de OC (2001 - 2003) no fueron detectados residuos de compuestos organoclorados, en esos años se registraron condiciones muy favorables para el ecosistema

marino. En el 2009 cuando se retomó el monitoreo de plaguicidas, se detectaron algunos residuos de HCH's, además, Endosulfan un plaguicida que no se había monitoreado anteriormente y que posiblemente se esté usando debido a que su prohibición fue tan sólo hasta el 2003, la concentración registrada en la Ciénaga de la Virgen fue relativamente alta de acuerdo a la [EPA \(2008\)](#); ya que por encima de 4,35 ng/L pueden representar un riesgo de efectos crónico sobre los organismos más sensibles (Tabla 4.6-4). En ese mismo año, se inicio el monitoreo de un nuevo grupo de moléculas (plaguicidas de uso actual), de las 9 moléculas analizadas (Diuron, Diazinon, Clorotalonil, Metil Paration, Bromacil, Clorpirifos, Fenaminfos, Cis y Trans-Permetrina); se detectó únicamente Clorpirifos tanto en la Ciénaga de la Virgen como en la Bahía de Cartagena, en concentraciones que superan varias veces el nivel de referencia de la EPA. Sin embargo es aún difícil discernir sobre la procedencia del Clorpirifos ya que es un insecticida de amplio uso incluso con aplicaciones domésticas. En la época seca de 2010 no se detectaron los plaguicidas de uso actual ni compuestos organoclorados en las aguas.

Tabla 4.6-4. Concentraciones de plaguicidas detectados en aguas del departamento de Bolívar durante el 2009.

Época	Estación de muestreo	HCH 's (ng/L)	Endosulfan (ng/L)	Clorpirifos (ng/L)
Seca 2009	Desembocadura Canal del Dique	<6,0	<16,0	<16,0
	Boya Corelca	7,7	<16,0	<16,0
	Bahía Cartagena	<6,0	<16,0	<16,0
	Ciénaga virgen	<6,0	<16,0	32,0
	Desembocadura Canal del Dique	<6,0	<16,0	38,8
Lluviosa 2009	Boya Corelca	<6,0	<16,0	31,6
	Bahía Cartagena	<6,0	<16,0	19,3
	Ciénaga Virgen	19,1	20,0	<16,0
Referencia para efectos crónicos (EPA, 2008)		80 para agua dulce	4,35	5,6

4.6.5 Metales pesados

En Bolívar se han realizado estudios de contaminación con metales pesados en la bahía de Cartagena, especialmente por la contaminación con mercurio, debido a la existencia de la fábrica de Cloro-Soda que empleaba de manera indiscriminada este tóxico, como cátodo en la electrólisis para producción de Cloro, siendo los residuos finalmente descargados al mar ([Guerrero et al., 1980](#)). Debido al interés despertado a partir de esta problemática de contaminación se han llevaron a cabo diversos proyectos enfocados básicamente al “Estudio de la contaminación por metales pesados en la bahía de Cartagena”. Estos estudios han revelado la persistencia de la contaminación no solo con mercurio sino con otros metales pesados potencialmente tóxicos tanto en muestras de sedimentos y aguas. Se encontraron altas concentraciones en algunas zonas, especialmente las ubicadas en la bahía interna y frente a la zona industrial de Mamonal, identificando una marcada influencia de la pluma del canal del Dique ([Plagiardini et al., 1982](#), [Marciales y Duarte, 1988](#), [Serguei et al., 2003](#)).

Por estos antecedentes se evidenció la necesidad de realizar el monitoreo de estos contaminantes en las aguas costeras de este departamento, analizando en especial cadmio (Cd), cromo (Cr) y plomo (Pb), en el periodo de la época de lluvias 2009 y época seca de 2010 los valores de Cd estuvieron por debajo del límite de detección de la técnica analítica aplicada, no obstante este límite (32 µg/L) es muy superior a los valores referenciados en normas internacionales de 8,8 µg/L [EPA \(2002\)](#) y 10 µg/L [CONAMA \(1986\)](#) como riesgo por lo cual se recomienda revisar el método para mejorar este límite y lograr evidenciar si existe algún problema de contaminación por este elemento. De igual manera el Cr presente

concentraciones por debajo del límite de detección de la técnica analítica aplicada (25 µg/L), excepto la estación caño Lequerica en islas del Rosario que presentó una concentración de 26 µg/L sin que este valor sobrepase en referenciado por Conama (1986) como de riesgo, mientras la concentración de Pb registró las mayores concentraciones en las estaciones caño Lequerica y B. Matunilla en islas del Rosario con valores de 31 y 33 µg/L respectivamente.

Los resultados del 2001 a 2010 han evidenciado que en este departamento se registran las más altas concentraciones de estos elementos en la región Caribe. Las concentraciones de Cd se ubicado en el rango de 0,02 a 100,0 µg/L, la tendencia general que ha mostrado este elemento es a aumentar a partir de la época seca de 2005, los niveles registrados rebasan los valores referenciados en normas internacionales de 8,8 µg/L EPA (2002) y 10 µg/L [CONAMA \(1986\)](#). En el caso del Cr de igual manera la tendencia ha sido aumentar a partir del 2003, el rango registrado de estos elemento fue de 0,05 a 132 µg/L, la mayor concentración se ha determinado en la bahía de Cartagena, el valor establecido por [CONAMA \(1986\)](#) como máximo permitido (50 µg/L) se ha superado en varias estaciones durante el monitoreo por lo cual evidencia la entrada de este elemento a las aguas costeras del departamento. De igual manera que el Cd y Cr, el Pb ha mostrado un incremento en las concentraciones determinadas a partir del año 2003, ubicándose en el rango de 0,05 a 1350 µg/L, rebasando el límite referenciado en [CONAMA \(1986\)](#) de 500 µg/L, igualmente los valores más altos se han registrado en el sector de la bahía de Cartagena.

Las concentraciones de Cd, Cr y Pb registradas en algunas estaciones de la bahía de Cartagena, hace prever que persisten problemas de contaminación por metales pesados en esta zona como consecuencia de la influencia del sector industrial de Mamonal y zona comercial del Bosque caracterizados por los vertimientos de residuos industriales y entre ellos metales pesados, sumada la influencia de la pluma del canal del Dique.

4.6.6 Conclusiones

Las concentraciones de sólidos y nutrientes fueron generalmente altas en las aguas fluviales y estuarinas como el Canal del Dique, Caño Lequerica y Caño Matunilla superando los promedios históricos de SST y N-NH₄ en la época de lluvias. Sin embargo, en las Islas del Rosario a pesar de estar lejos de la costa, se notaron aumentos de amonio en la época seca 2010 con algunos valores extremadamente altos. El hecho que se encuentren niveles altos de sólidos y nutrientes en sitios cercanos a los arrecifes corrales implica un riesgo para la salud de estos ecosistemas marinos de área protegida. En la época seca del 2010 las playas Bocagrande, Crespo, Manzanillo y Marbella presentaron niveles de indicadores fecales sobrepasando los límites establecidos en la norma nacional y la guía internacional de la Organización Mundial de la Salud, condiciones que pueden generarse por la afluencia masiva de bañista en las playas en temporada alta.

Los niveles actuales de hidrocarburos (entre 5 - 9 µg/L) aunque están por debajo del valor de referencia para aguas contaminadas suponen un nivel de alerta para la zona de la Bahía de Cartagena, mientras que la zona de las Islas del Rosario no presentan riesgo por estos contaminantes. En referencia a los plaguicidas la presencia de compuestos organoclorados cada vez es menor, pero aun se detectan algunos isómeros de HCH, y Endosulfan. Este ultimo posiblemente porque sólo fue prohibido hasta 2003. De los plaguicidas de uso actual el más recurrente ha sido el Clorpirifos muy probablemente por su amplio uso.

Los resultados de metales a partir del 2003 muestran una tendencia creciente para luego descender desde la época seca de 2009, lo cual despierta interés, ya que se han registrado datos que sobrepasan valores indicados como de riesgo por normas internacionales, por lo cual se plantea la necesidad de realizar monitoreos en sedimentos especialmente en el sector de la bahía de Cartagena, por otra parte es necesario revisar los métodos analíticos con miras de disminuir los límites de detección para que como en el caso del Cd este por debajo del valor referenciado como de riesgo.

Sucre



Isla Palma – Archipiélago de San Bernardo

4.7 SUCRE

Las aguas marinas y costeras en el departamento de Sucre, están fuertemente influenciadas por las descargas de aguas continentales, de los caños Francés, Pechelín y Guainí, que han demostrado ser los principales y mayores aportantes de concentraciones de nutrientes inorgánicos al mar, afectando significativamente la calidad. Esta situación se ha reflejado también en el comportamiento de variables de interés ambiental, como el oxígeno disuelto, que en algunos muestreos ha presentado valores inferiores a la norma. Los indicadores sanitarios para estas aguas han demostrado condiciones de riesgos en la mayoría de playas evaluadas, no siendo aptas para la realización de actividades de contacto primario y secundario, porque sobrepasan el límite permisible, debido a las altas concentraciones de microorganismos provenientes de las aguas residuales domésticas. Las concentraciones de metales pesados, por su parte no generan riesgos para las aguas marinas y costeras, ya que no alcanzan los valores de los límites previstos en legislaciones internacionales, como de riesgo ambiental.

4.7.1 Área de estudio

El departamento de Sucre se encuentra ubicado al norte del país, en el Mar Caribe, entre los 07° 00' y 10° 50' de latitud norte; 73° 45' y 75° 37' longitud oeste, posee una superficie de 10.917 km² que hacen parte del clima cálido en una proporción del 100% ([IGAG, 2008](#)). Las fuentes continentales al mar la constituyen varios arroyos y caños. La red de 31 estaciones de muestreo comprenden la extensión litoral, desde Barbacoas en el límite con el departamento de Bolívar hasta Coveñas (Figura 4.7-1).

4.7.2 Variables fisicoquímicas

4.7.2.1 In situ

La calidad fisicoquímica de las aguas costeras del departamento de Sucre, se ha visto afectada por fuentes puntuales de contaminación, donde los vertimientos de aguas residuales, la actividad portuaria y el transporte en lanchas, la agricultura y la industria camaronera desarrollada en la región son las de mayor incidencia. Las escorrentías del río Sinú también se ha constituido en una fuente importante al actuar como vía de entrada de contaminantes desde la cuenca alta, especialmente los que proceden de zonas agrícolas y ganaderas. Por otro lado, el vertimiento directo de contaminantes orgánicos e inorgánicos es otro factor que se ha convertido en un problema para los principales ecosistemas costeros como la Ciénaga la Caimanera, Arroyo Villeros ya que han incidido sobre la calidad de sus aguas ([INVEMAR, 2002](#)).

En el período evaluado se observaron variaciones importantes en las concentraciones del oxígeno disuelto en el agua con tendencia al aumento, desde la época lluviosa de 2009 hacia la época seca de 2010 en la mayoría de estaciones, excepto en algunos cuerpos de agua mezcladas; en donde disminuyeron (Figura 4.7-2) como en el Caño Alegría (5.19 a 2.56 mg/L), Caño Guani (12.9 a 7.8 mg/L) y en la Ciénaga La Caimanera (6.34 a 4.21 mg/L). En aguas marinas también se presentó disminución de oxígeno en las estaciones de Punta Rincón (3.55 mg/L), Islote Santa Cruz (2.6 mg/L) y en Coveñas Puerto Viejo (3.46 mg/L). En la estación de Arroyo Villeros (agua fluvial), el oxígeno fue inferior a <2.0 mg/L, menor al límite (4.0 mg/L, [Minsalud, 1984](#)) para la preservación de la vida acuática, mostrando procesos de degradación de materia orgánica por la insuficiente disponibilidad de oxígeno que expone a este sitio en inadecuadas condiciones de calidad del recurso.

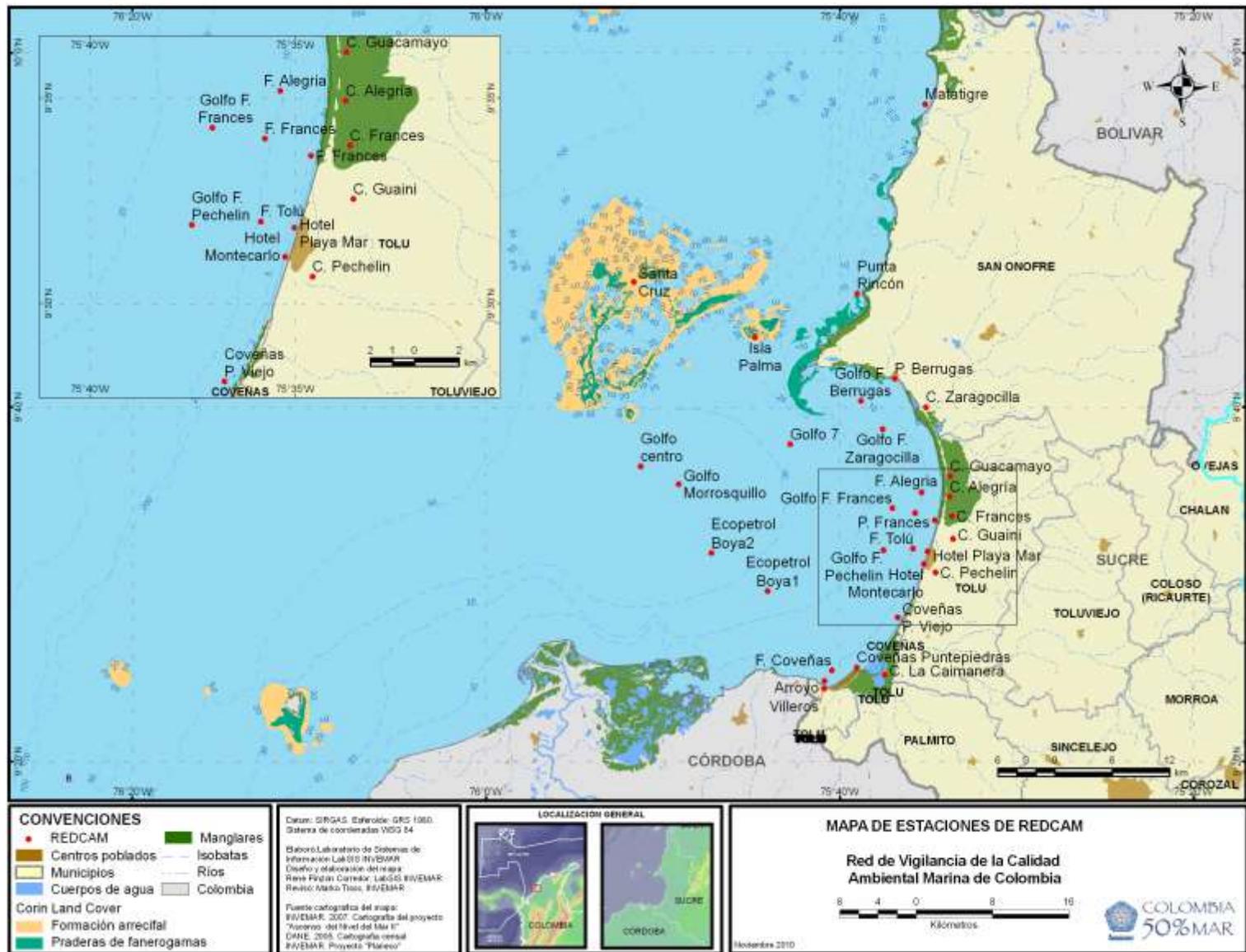


Figura 4.7-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de Sucre.

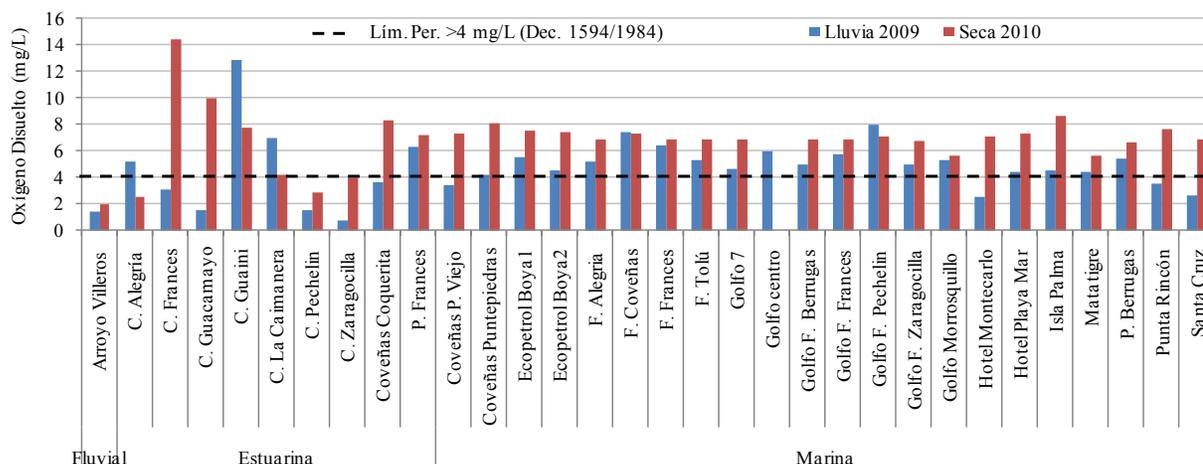


Figura 4.7-2. Concentraciones del oxígeno disuelto en aguas superficiales de Sucre. La línea indica el límite permisible de 4 mg/L para preservar la vida acuática, según la legislación colombiana (Minsalud, 1984).

La salinidad en las aguas marinas disminuyó del 2009 hacia el 2010 oscilando entre 16 y 39.1 partes; con el valor más bajo en Matatigre (16.0), siendo esta la menor concentración de salinidad reportada para esta estación en los 10 años de monitoreo. En aguas estuarinas, como era de esperarse, la salinidad varió en un amplio rango entre 2.2 y 37.6 (Figura 4.7-3), y presentó más bajas salinidades en Caño Guaní (2.2), Ciénaga Caimanera (30.5) y en las playas Francés (30.3) y Tolú (29.9). Estos cambios fueron favorecidos por variaciones climáticas, como “La Niña”, durante la época seca 2010, donde se presentaron elevadas precipitaciones en el Caribe colombiano y, escorrentías desde los caños hacia el mar. No se descarta que factores como regímenes de mareas y las descargas fluviales a través de los caños hayan podido influir, sobre todo en la ciénaga Caimanera, al generar patrones de circulación variables en las masas de agua. También pueden sumarse factores como fuerte “olas” de vientos que incrementan la evaporación y, la elevada insolación a los que estos cuerpos lacustre están expuestos ([De La Lanza, 2001](#)).

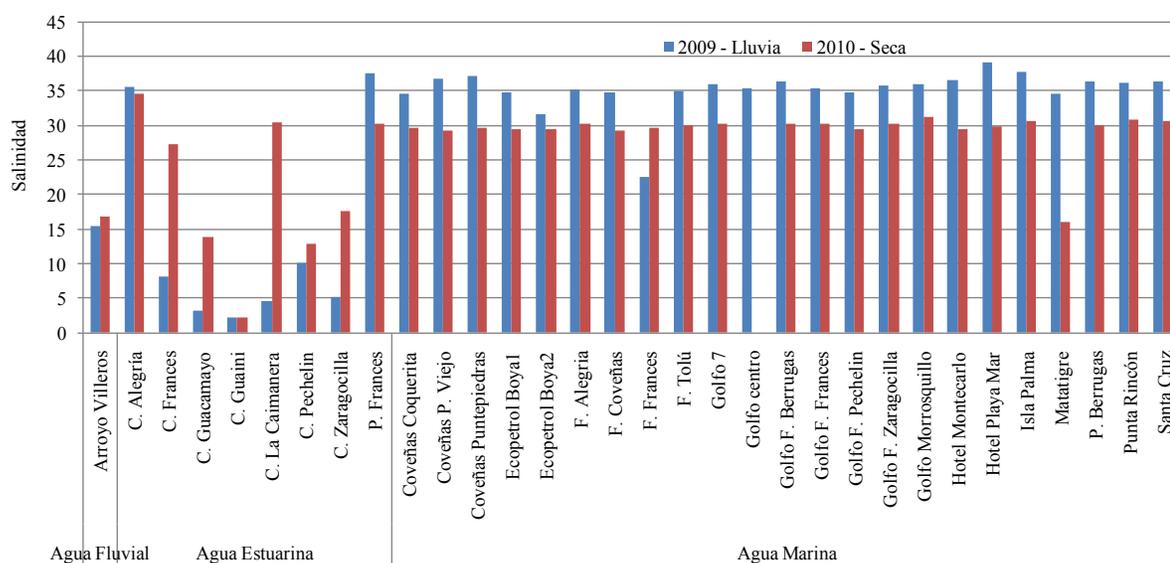


Figura 4.7-3. Comportamiento de la salinidad en aguas superficiales del departamento de Sucre, durante la época lluviosa de 2009 y seca de 2010.

Estos cuerpos de agua han estado presentando problemas ambientales, debido a la inadecuada utilización, como vertederos de residuos domésticos principalmente ([Troncoso et al., 2009](#)). El caño Guaní por ejemplo, recibe aportes de aguas servidas del municipio de Santiago de Tolú; lo cual se traduce en aportes constantes e importantes de materia orgánica y consecuente disminución del oxígeno al ser utilizada por los microorganismos durante su descomposición. La ciénaga Caimanera no ha sido ajena a esta problemática, ya que con la construcción de la carretera se interrumpió el debido intercambio de agua dulce – agua salada. Dicha situación ha conllevado que durante algunas épocas haya estancamiento de sus aguas, favoreciendo procesos de evaporación con el consecuente aumento de salinidad y temperatura. La conjugación de estos factores muy posiblemente sean los responsables de la alteraciones en los niveles de oxígeno en el agua. En los caños Guacamayo y Alegría, entre otros; las concentraciones de oxígeno parece verse alterada por situaciones como el estancamiento que sufren sus aguas durante épocas de sequías, por la acumulación de materia orgánica proveniente de la hojarasca de los manglares y uso de estos como botaderos de basuras.

En cuanto a los valores de pH, se observó de manera general un comportamiento típico para los diferentes tipos de agua: En aguas marinas no hubo tendencia temporal definida, manteniendo valores de pH casi que homogéneos y dentro del rango propuestos para agua marina (de 7.0 a 8.5; [Cognetti et al., 2001](#)). Variaciones espaciales más amplias fueron observadas en aguas estuarinas con valores entre 7.31 a 8.41 para la época lluviosa, entre 6.86 y 8.49 para la época seca. Es de destacar los valores ligeramente ácidos medidos en caños como Alegría (6.83) y en la Ciénaga la Caimanera (6.93), durante la época seca de 2010. En aguas fluviales, el pH varió poco, entre 7.37 y 7.82 encontrándose dentro del rango propuesto para aguas naturales (entre 6.0 y 9.0; [Roldan et al., 2008](#)).

Los cambios más relevantes de la temperatura se observaron en aguas estuarinas, que presentaron rangos entre 29.2 y 35.4 °C para la época lluviosa de 2009 y entre 30 y 33.1 °C en la época seca 2010. Para estas aguas se observó que las condiciones climáticas juegan un papel importante, principalmente las lluvias y vientos, que al parecer rigieron el comportamiento espacial y temporal de estas, tal como se muestra en los resultados. En puntos locales de muestreo como en el caño Guaní, se observó cómo estos tuvieron su efecto, al disminuir la temperatura en sus aguas debido a un posible aumento en el nivel de estas, como se menciono antes. En general, muy a pesar de estos cambios, los valores de temperatura medidos durante esta temporada en el área de estudio, se enmarcan dentro del rango histórico registrado en las aguas costeras de la región (23.3 a 37.0 °C)

4.7.2.2 Nutrientes y Sólidos

En las concentraciones de sólidos suspendidos (SST) y nutrientes no se observaron mayores diferencias entre épocas. El Arroyo Villeros (agua fluvial), presentó valores bajos de SST entre 30.0 y 34.0 mg/L. En las aguas estuarinas y marinas se encontraron valores altos de SST (Figura 4.7-4), particularmente, en las estaciones estuarinas de playa Tolú (Hotel Montecarlo: 281.4 y 165.0 mg/l) y Caño Francés (112.0 mg/l), y en las estaciones marinas de Matatigre (117.2 y 74.6 mg/L), Isla Palma (San Bernardo: 99.0 mg/L) y el Centro Golfo de Morrosquillo (51.6 mg/L), concentraciones de SST superiores a los promedios históricos reportados para el departamento para aguas estuarinas (85.2 ± 140.3 mg/L) y aguas marinas (43.5 ± 48.5 mg/L).pero estos niveles son normales en el área.

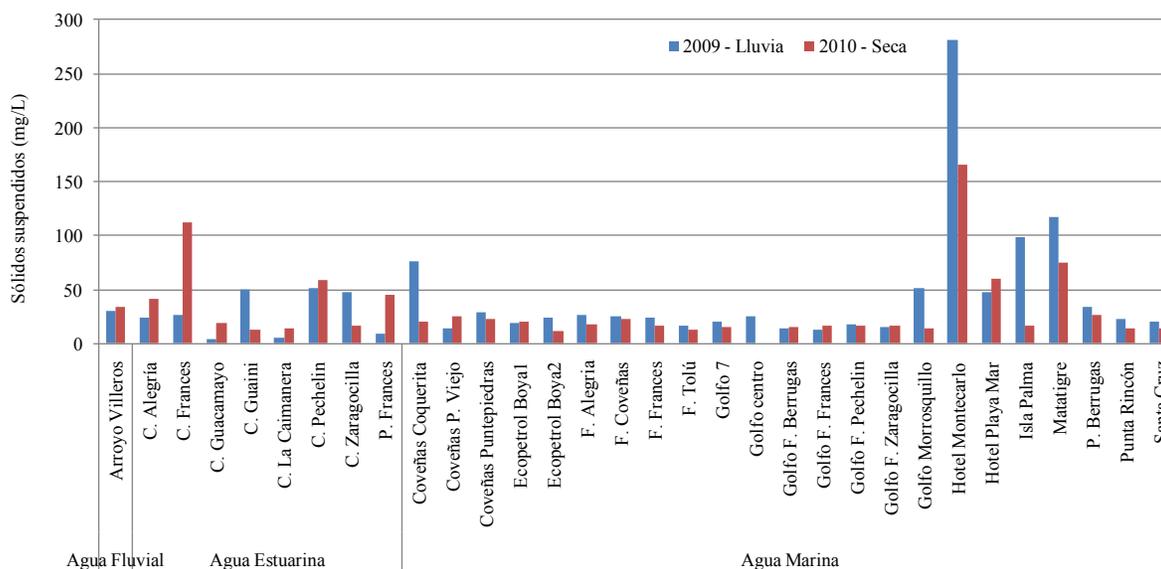


Figura 4.7-4. Comportamiento de SST en aguas superficiales, durante la época lluviosa de 2009 y seca de 2010.

En cuanto a los nutrientes, se observó que la estación de Arroyo Villeros presentó durante las dos épocas climáticas concentraciones de $N-NO_3$ y $N-NO_2$, relativamente bajas, pero con algunas concentraciones altas de nitratos ($N-NO_3$), en la estación marina de Matatigre ($143.7 \mu\text{g/L } N-NO_3$) y estuarina de Caño Pechelín ($276.1 \mu\text{g/L } N-NO_3$) superiores a los promedios históricos del departamento (aguas estuarinas: $38.8 \pm 126.7 \text{ } N-NO_3 \mu\text{g/L}$; aguas marinas: $11.3 \pm 22.0 \text{ } N-NO_3 \mu\text{g/L}$). Estas estaciones también presentaron indicios de posible contaminación con fósforo inorgánico ($P-PO_4$) ya que registraron concentraciones altas de $1128.7 \mu\text{g/L } P-PO_4$ en caño Guaini, $681.6 \mu\text{g/L}$ en caño Francés y $352.2 \mu\text{g/L}$ en caño Pechelin y de 133.1 y $24.9 \mu\text{g/L}$ en Matatigre, y en todos estos casos, los registros fueron superiores al promedio histórico del departamento (aguas estuarinas: $175.8 \pm 297.1 \text{ } P-PO_4 \mu\text{g/L}$; aguas marinas: $11.8 \pm 25.3 \text{ } P-PO_4 \mu\text{g/L}$). En Arroyo Villeros las concentraciones de $P-PO_4$ estuvieron entre 866.9 y $336.0 \mu\text{g/L}$; siendo muy similares a los reportes existentes para ríos contaminados en el mundo ([Meybeck 1982](#)).

Las concentraciones de $N-NH_4$ fueron extremadamente altas (2464.6 y $3154.2 \mu\text{g/L}$) indicando posibles fuentes puntuales de materia orgánica. También se encontraron niveles altos de $N-NH_4$ en las aguas estuarinas de Caño Guainí ($4779.2 \mu\text{g/L}$), y aunque en menor magnitud en Caño Pechelin (Arroyo: $365.4 \mu\text{g/L}$), y en la estación marina de Matatigre ($366.3 \mu\text{g/L}$) siendo en estos casos superior a los promedios históricos del departamento (aguas estuarinas: $205.7 \pm 810.9 \text{ } N-NH_4 \mu\text{g/L}$; aguas marinas: $19.3 \pm 42.6 \text{ } N-NH_4 \mu\text{g/L}$).

Afortunadamente para los ecosistemas coralinas de las Islas del Archipiélago de San Bernardo, no se encuentran concentraciones extremas de amonio y fosfato como en la costa continental (Tabla 4.7-1). En Isla Palma para la época lluviosa, los niveles de SST y nutrientes estuvieron debajo de la referencia de impactos para la fisiología de los corales ($SST = 50 \text{ mg/L}$; $N-NO_3 = 14.0 - 280.0 \mu\text{g/L}$; $P-PO_4 = 62.0 \mu\text{g/L}$; [Fabricius, 2005](#)). Sin embargo, las concentraciones de fosforo ($P-PO_4$) y nitrógeno inorgánico disuelto ($N-NO_3-NO_2-NH_4$) fueron superiores a los valores límites para el florecimientos de macro algas en arrecifes del Caribe ($N-NO_3-NO_2-NH_4 > 14.0 \mu\text{g/L}$ y $P-PO_4 > 3.1 \mu\text{g/L}$; [Lapointe, 1997](#)), que indicaría un impacto potencial a la salud de los ecosistemas, pero como solo $P-PO_4$ superó el límite en la época lluviosa y solo nitrógeno disuelto inorgánico superó el límite en la época seca y la producción primaria depende de ambos nutrientes, se podría considerar el riesgo como mínimo en las islas de San Bernardo.

Tabla 4.7-1. Concentraciones de sólidos suspendidos y nutrientes en estaciones con formaciones coralinas en el departamento de Sucre durante la época de lluvias de 2009 y seca de 2010

Estaciones	Sólidos Suspendidos (SST mg/L)		Fosfato (P-PO ₄ µg/L)		Nitrato (N-NO ₃ µg/L)		Nitrógeno Inorgánico (N-NO ₃ -NO ₂ -NH ₄ µg/L)	
	Lluvia 2009	Seca 2010	Lluvia 2009	Seca 2010	Lluvia 2009	Seca 2010	Lluvia 2009	Seca 2010
	Isla Palma	99.0	16.9	1.9	7.2	13.2	0.8	24.7
Islote Santa Cruz	19.8	14.3	0.8	3.4	13.2	5.8	40.1	12.9

4.7.3 Contaminación Microbiológica

La zona costera de Sucre tiene un conjunto de balnearios frecuentados por turistas nacionales y extranjeros en diferentes épocas del año, entre los que se destacan los ubicados en la zona de Santiago de Tolú y Coveñas. La calidad microbiológica de estos balnearios es afectada por las descargas de aguas residuales domésticas, debido a la baja cobertura de alcantarillado, los arroyos y las escorrentías generadas en época de lluvias ([Troncoso et al., 2009](#)). Éste último factor es notable en el actual periodo de evaluación, donde las concentraciones de coliformes fueron superiores en la época lluviosa de 2009 y mostrando condiciones no aptas para baño y natación en la mayoría de las playas (Figura 4.7-5). De igual forma los niveles de riesgo para los bañistas durante este muestreo fue mayor, ubicando a las playas de Coveñas Coqueritas y Punta Rincon en la categoría D de la Organización Mundial de la Salud ([OMS, 2003](#)), con probabilidades de adquirir enfermedades gastrointestinales superiores al 10% y enfermedades respiratorias febriles agudas mayores al 3,9 % (Tabla 4.7-2).

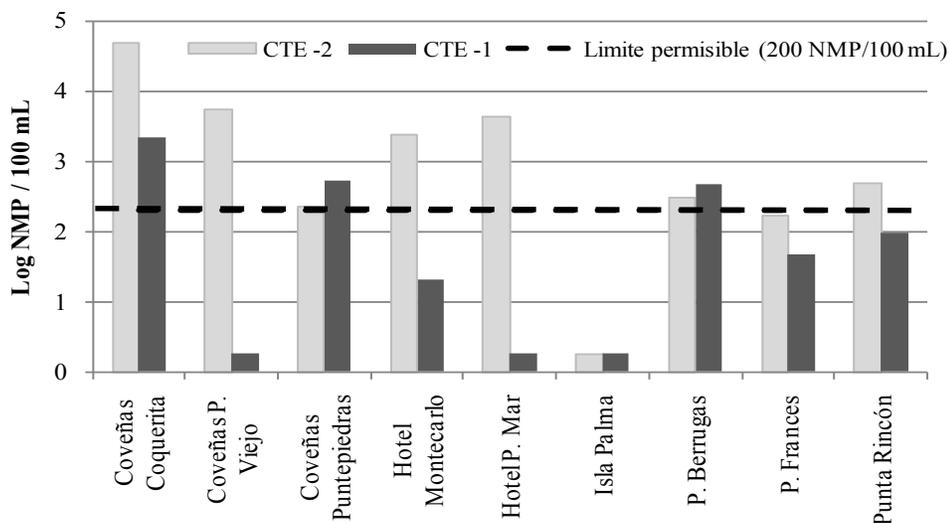


Figura 4.7-5. Concentración de Coliformes termotolerantes (Logaritmo NMP) en las playas de Sucre durante la época lluviosa del 2009 (CTE -2) y seca del 2010 (CTE -1) comparadas con el limite permisible del decreto 1594 de 1984.

Desde la perspectiva de fuente de contaminación, los eventos de lluvias, implican una amenaza para la calidad de las masas de aguas recreativas, pues contienen una mezcla diversa de contaminantes descargados desde numerosos sitios. Además, durante las precipitaciones se acumulan contaminantes

similares a los provenientes de aguas residuales urbanas, los cuales son arrastrados desde superficies impermeables y descargados en las vías fluviales locales a lo que se suman los desbordamientos de los colectores de agua de lluvia y la resuspensión de sedimentos ([Noble et al., 2003](#); [Anh et al., 2005](#)).

Tabla 4.7-2. Concentración de Enterococos fecales y categorías de riesgo según la Organización Mundial en las playas de Sucre.

Playas	Lluvias 2009		Seca 2010	
	UFC/ 100 mL	Categoría OMS	UFC / 100 mL	Categoría OMS
Coveñas Coquerita	3450	D	2	A
Coveñas P. Viejo	<1	A	7	A
Coveñas Puntepiedras	9	A	47	B
Hotel Montecarlo	402	C	31	A
Hotel P. Mar	225	C	<1	A
Isla Palma	3	A	3	A
P. Berrugas	354	C	7	A
P. Francés	3G	A	7	A
Punta Rincón	1137	D	2	A

Es importante destacar que también se presentó un descenso de bacterias de origen fecal en la Ciénaga la Caimanera, con respecto al periodo anterior, con concentraciones inferiores a 220 NMP/100 mL de coliformes totales y 110 NMP/ 100 mL de termotolerantes. Este descenso expone condiciones aptas la Ciénaga para el desarrollo de actividades de pesca, preservación de flora y fauna y cultivo de mariscos conforme a lo establecido en la legislación nacional e internacional ([Salas, 2000](#); [Minsalud, 1984](#)). De igual forma, en el departamento se destaca la calidad microbiológica óptima de las aguas recreativas de la zona de Isla Palma, donde históricamente se han presentado condiciones adecuadas para el desarrollo de actividades recreativas; escenario importante teniendo en cuenta la importancia turística de lugar.

4.7.4 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

Las fuentes de contaminación por hidrocarburos en Sucre la integran actividades marítimas, manejo y transporte de hidrocarburos, transporte de turistas y vertimientos de los asentamientos humanos costeros en la región. Adicionalmente la ubicación del terminal Caño Limón-Coveñas en la zona costera hace que los controles ambientales se enfoquen en la vigilancia de hidrocarburos del petróleo, respondiendo habitualmente a eventos de derrames accidentales durante las operaciones de transporte, manejo del crudo y sus derivados. Es así que la descripción temporal entre los años 2001 y 2010 determinan variaciones en las concentraciones promedio pasando de años con altos picos de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) a otros donde los valores promedio son relativamente bajos como en 2001, 2002, 2008, 2009 y 2010 comparados con los años 2003, 2004, 2005 y 2006 (Figura 4.7-6.), que además la época seca coincide con los aportes más altos de HDD al mar en todo el monitoreo, incluso con el máximo valor promedio de 6,43 µg/L para el periodo seco de 2010, con el incremento que se evidenció a partir de 2008, pero históricamente este valor supera dos veces los valores más altos encontrados tanto en el 2001 (3,06 µg/L) como en el 2009 (3.44 µg/L), posiblemente debido a actividades de transporte de petróleo, movimiento de buques de cabotaje o a un evento de derrame accidental de crudo en el Golfo de Morrosquillo.

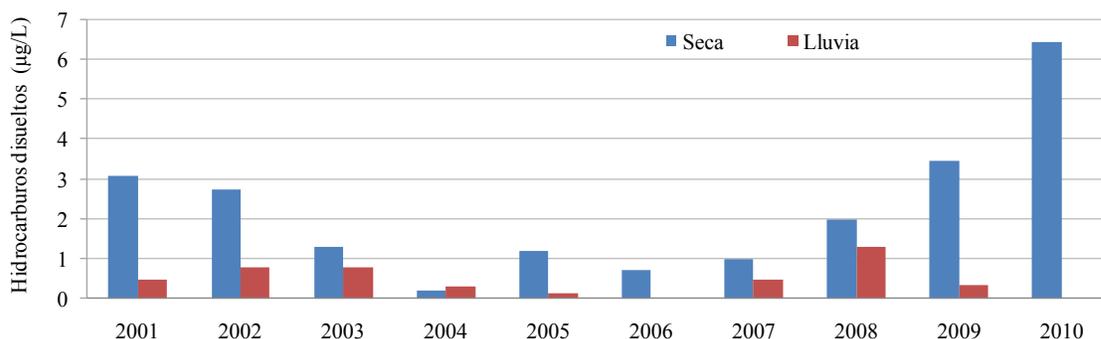


Figura 4.7-6. Promedio histórico de hidrocarburos disueltos medidos en aguas superficiales del departamento de Sucre.

En términos generales, en la mayoría de estaciones monitoreadas los valores de HDD no han superado el límite de referencia de 10 µg/L (UNESCO 1984; Atwood *et al.*, 1988), sin embargo en 2009 y 2010, se registraron los valores más altos de hidrocarburos en el país con 38.18 µg/L en la estación Caño Pechelín en época seca 2009 y en las estaciones de Boya 1 (45.58 µg/L) y Boya 2 (21.83 µg/L) de Ecopetrol, en la época seca de 2010 (Figura 4.7-7). No obstante, las demás estaciones presentaron valores inferiores a 5 µg/L, evidenciando que los valores hallados son consecuencia de actividades puntuales del sector; asociadas a la movilidad de buques petroleros y no petroleros o tránsito de lanchas (Figura 4.7-7).

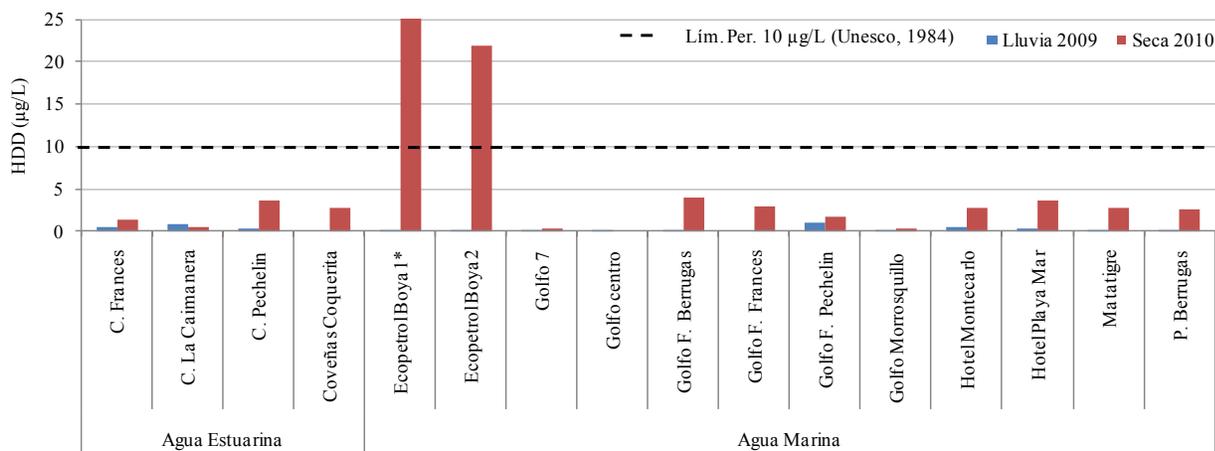


Figura 4.7-7. Concentraciones de HDD medidas en aguas superficiales de Sucre, en la época lluviosa de 2009 y seca de 2010. La línea indica el valor de referencia de 10 µg/L para riesgo de contaminación (UNESCO, 1984). El *es el valor de 45.58 µg/L.

Plaguicidas organoclorados y organofosforados

Sucre comparte con el departamento de Córdoba zonas de influencia común, ya que conforman biogeográficamente la Unidad Ambiental del Golfo de Morrosquillo. En esta región las fuentes de compuestos organoclorados y organofosforados son la actividad agrícola y las escorrentías continentales asociadas al uso de agroquímicos en la zona. Sucre es uno de los departamentos con mayor proporción de cultivos de arroz a nivel nacional (DANE, 2002), cultivo que tiene gran demanda de plaguicidas (MMA/PNUMA/UCR/CAR, 2000).

El monitoreo de 2001 a 2010 ha mostrado que la mayor presencia de plaguicidas organoclorados (OC) ocurrió entre 2001 y 2003 en temporada seca (Figura 4.7-8), con un valor de 43.6 ng/L en la estación de Caño Zaragocilla medido en 2001, superior a la referencia de 30 ng/L (EPA, 2002) que implica riesgo de contaminación para la biota, como consecuencia de la actividad agrícola desarrollada en la cuenca. Desde el 2007 reaparecieron concentraciones considerables, pero en época de lluvias con magnitudes superiores a 10 ng/L en varias estaciones de muestreo como el Golfo Morrosquillo (9,2 ng/L), Matatigre (14.4 ng/L), Coveñas Coquerita (34.0 ng/L), reflejando actividades puntuales de uso intensivo de insumos agroquímicos en la agricultura desarrollada ampliamente en las cuencas de los caños Zaragocilla, Francés, Pechelin y Arroyo Villeros.

En el 2009 en ambas temporadas climáticas se midieron concentraciones menores a los dos años anteriores, con un máximo de 10.40 ng/L (Matatigre) en época lluviosa, infiriendo aguas relativamente libres de estos tóxicos.

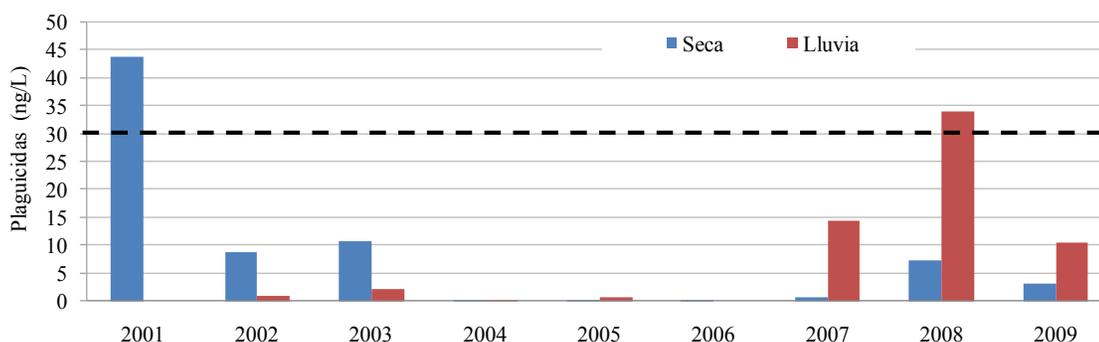


Figura 4.7-8. Valores de máximos de organoclorados medidos en aguas superficiales de Sucre en el período 2001 - 2009.

En la época seca de 2010 no se detectaron compuestos clorados en ninguna estación. Evidenciando con esto una tendencia descendente de la presencia de este tipo de plaguicidas, que podría estar relacionada con el uso restringido, cambios en las prácticas agrícolas, introducción de control biológico de plagas o uso de insumos menos persistentes. Por esta razón, en el 2009 se inició el monitoreo de nuevas moléculas de plaguicidas de uso actual, de las nueve moléculas analizadas (Diuron, Diazinon, Clorotalonil, Metil Paration, Bromacil, Clorpirifos, fenaminfos, Cis y Trans-Permetrina), tanto en la época de lluvias del 2009 como en la seca de 2010 no se detectaron en ninguna estación. Sin embargo, en la parte del gofo de Morrosquillo correspondiente a Córdoba y la zona de influencia del río Sinú se han detectado Clorpirifos y Permetrina, lo cual amerita mantener la vigilancia de estos compuestos.

4.7.5 Metales pesados

Durante la época de lluvias 2009 y época seca 2010 se observó de manera general que las concentraciones de los metales fueron relativamente bajas, cuyos máximos valores están por debajo de los límites permisibles referenciados en normas internacionales. El cadmio (Cd) presentó la mayor concentración (0.62 µg/L) en la estación centro Golfo de Morrosquillo en la época de lluvias de 2009, mientras que el plomo (Pb) la registró en la estación boya Ecopetrol TLU2 con 3.55 µg/L en la misma época. En cuanto al cromo (Cr), las concentraciones estuvieron debajo del límite de detección de la técnica analítica en las dos épocas climáticas.

A partir de los datos históricos de la REDCAM, se ha podido evidenciar que las mayores concentraciones de Cd, Pb y Cr se registraron durante los años 2001 y 2002, los cuales han mostrado una tendencia a disminuir hasta la fecha. El Cd ha registrado para el departamento de Sucre concentraciones entre 0.02 y 3.23 µg/L, pero no han sobrepasado los 10 µg/L. límite propuesto por la legislación de Brasil ([CONAMA, 1986](#)). En el caso del Pb, el rango de concentración ha estado entre 0.05 a 72.70 µg/L, cuyas mayores concentraciones se han registrado en el Golfo de Morrosquillo; sin embargo, tampoco han superado el valor referenciado en EPA (2002) de 500 µg/L.

De igual manera al Pb las mayores concentraciones de Cr se han registrado en el sector del golfo de Morrosquillo, el rango en que se ha determinado este elemento es de 0.02 a 2.20 µg/L, muy por debajo de los valores críticos referenciados en normas internacionales como [CONAMA \(1986\)](#), de 50 µg/L. Entre las posibles fuentes de este contaminante en las aguas costeras del departamento de Sucre, se hace mención de las actividades relacionadas con la disposición de aguas domesticas de las poblaciones más cercanas a la costa, lo cual aumenta la carga existente en el medio, sin embargo al no haber un desarrollo industrial marcado en esta área no se evidencia una alta tasa de entrada de este tipo de contaminantes a la zona costera de este departamento.

4.7.6 Conclusiones

Las aguas fluviales de Arroyo Villeros mostraron valores extremadamente altos en N-NH₄ y P-PO₄, parecidos a ríos contaminados típicos del mundo.. Las aguas estuarinas de los Caños Pechelin y Guainí, y las aguas marinas de Matatigre mostraron contaminación respecto a los nutrientes, especialmente en Caño Guaini, pero no se encontró concentraciones altas de nutrientes en las estaciones cercanas a los arrecifes de coral en el área protegida de las Islas de San Bernardo, a pesar que las concentraciones de sedimentos representaron un riesgo potencial relativamente bajo.

La calidad microbiológica de las playas del departamento presentó mayores condiciones de riesgo sanitario durante la época lluviosa del 2009, encontrando que sólo las estaciones Isla Palma y playa Frances presentaron condiciones óptimas para el desarrollo de actividades de recreación.

Las concentraciones de HDD aumentaron en algunas estaciones de manera puntual, posiblemente como consecuencia de las actividades desarrolladas en el sector como el tránsito de embarcaciones. Sin embargo la tendencia general en las concentraciones de hidrocarburos observada desde el 2002 es a decrecer a excepción de los casos puntuales en Caño Pechelin (2009) y Ecopetrol Boya1 y Boya2 (2010) todos en temporada seca, ocasionados por manejo de crudo y sus derivados, operaciones de transporte y actividades marítimas propias de la región.

Los niveles de plaguicidas organoclorados en aguas siguen en descenso tanto en época de lluvias como en la seca, mientras que las nuevas moléculas de plaguicidas no han sido detectadas en las estaciones del departamento. Sin embargo, amerita mantener la vigilancia de estos compuestos debido a que se siguen detectando en la zona de influencia del Rio Sinú al sur del Golfo de Morrosquillo.

En el departamento de Sucre las concentraciones promedio de Cd Pb y Cr han mostrado una tendencia general a disminuir su concentración desde el 2001 a 2010, por otra parte en el sector del Golfo de Morrosquillo se han registrado los mayores valores para el departamento de Sucre no obstante estos valores no rebasan los referenciado en normas internacionales como de riesgo.

Córdoba



Islote Santa Cruz

4.8 CÓRDOBA

Las aguas costeras del departamento de Córdoba a través de los años de monitoreo han presentado cambios importantes en las variables fisicoquímicas, que no son más que el producto de procesos naturales erosivos y de actividades agropecuarias que se desarrollan en la región. Durante el periodo de lluvias del 2009 y seco del 2010 cambios importantes se observaron en las variables como el oxígeno disuelto, la salinidad, el pH y la temperatura. El principal tributario, el río Sinú, presenta en el monitoreo histórico una alta carga microbiana que puede ser un riesgo para los habitantes de la zona que lo utilizan para actividades de saneamiento básico como también para actividades pecuarias. Las concentraciones detectadas para metales pesados cadmio, cromo y plomo no generan un riesgo potencial para las aguas marinas y costeras de la región.

4.8.1 Área de estudio

La red de 18 estaciones de la REDCAM en esta zona, se encuentran ubicadas en la zona costera del departamento de Córdoba, situado en el norte del país, en la parte inferior de la llanura del Caribe; localizado entre los 09°26' y 07°22' de latitud norte; los 74°47' y 76°30' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 23980 km² lo que representa el 2.1 % del territorio nacional ([IGAC, 2002](#)).

Las principales fuentes continentales al mar la constituyen los ríos Sinú, San Jorge, Uré y muchos caños que drenan a la zona costera, sitios de interés seleccionados como las estaciones de muestreo que comprenden la extensión litoral, desde Coveñas en el límite con el departamento de Sucre hasta Arboletes en el límite con Antioquia (Figura 4.8.1).

4.8.2 Variables fisicoquímicas

4.8.2.1 In situ

Las aguas costeras del departamento de Córdoba a través de los años de monitoreo presentan cambios importantes en las variables fisicoquímicas, que no han sido más que el producto de procesos naturales erosivos y el escurrimiento de las actividades agropecuarias que se desarrollan en la región ([Troncoso et al., 2009](#)). Entre el período de lluvias de 2009 y el seco de 2010 se observaron cambios importantes en el oxígeno disuelto (OD), la salinidad, el pH y la temperatura.

El OD osciló entre 0.35 y 11.7 mg/L con valores superiores a 4.0 mg/L en la mayoría de los sitios, valor de referencia exigido por la norma colombiana para la preservación de la vida acuática ([Minsalud, 1984](#)); las estaciones que no cumplieron con la norma fueron los ríos Sinú con 0,35 mg/L (época de lluvias de 2009) y Mangle con 2,99 mg/L en la época de lluvias de 2009 y 2,16 mg/L en época seca 2010 (Figura 4.8.2). Teniendo en cuenta las variaciones climáticas en toda la región; la época seca de 2010 fue inusualmente lluviosa, que posiblemente influyó en el aumento de los valores de oxígeno en estas estaciones como frente a Cispatá, frente a Tinajones, Playa Blanca y Punta Rula, resultando muy similares a los de aguas marinas. Los valores bajos registrados en la época lluviosa de 2009, atípicamente seca ([IDEAM, 2010](#)) pueden estar relacionados con el evento El Niño y el descenso en el caudal de estos tributarios, que acompañado de altas temperaturas pudo favorecer procesos de oxidación de la carga orgánica, aumentando la demanda de oxígeno disuelto.

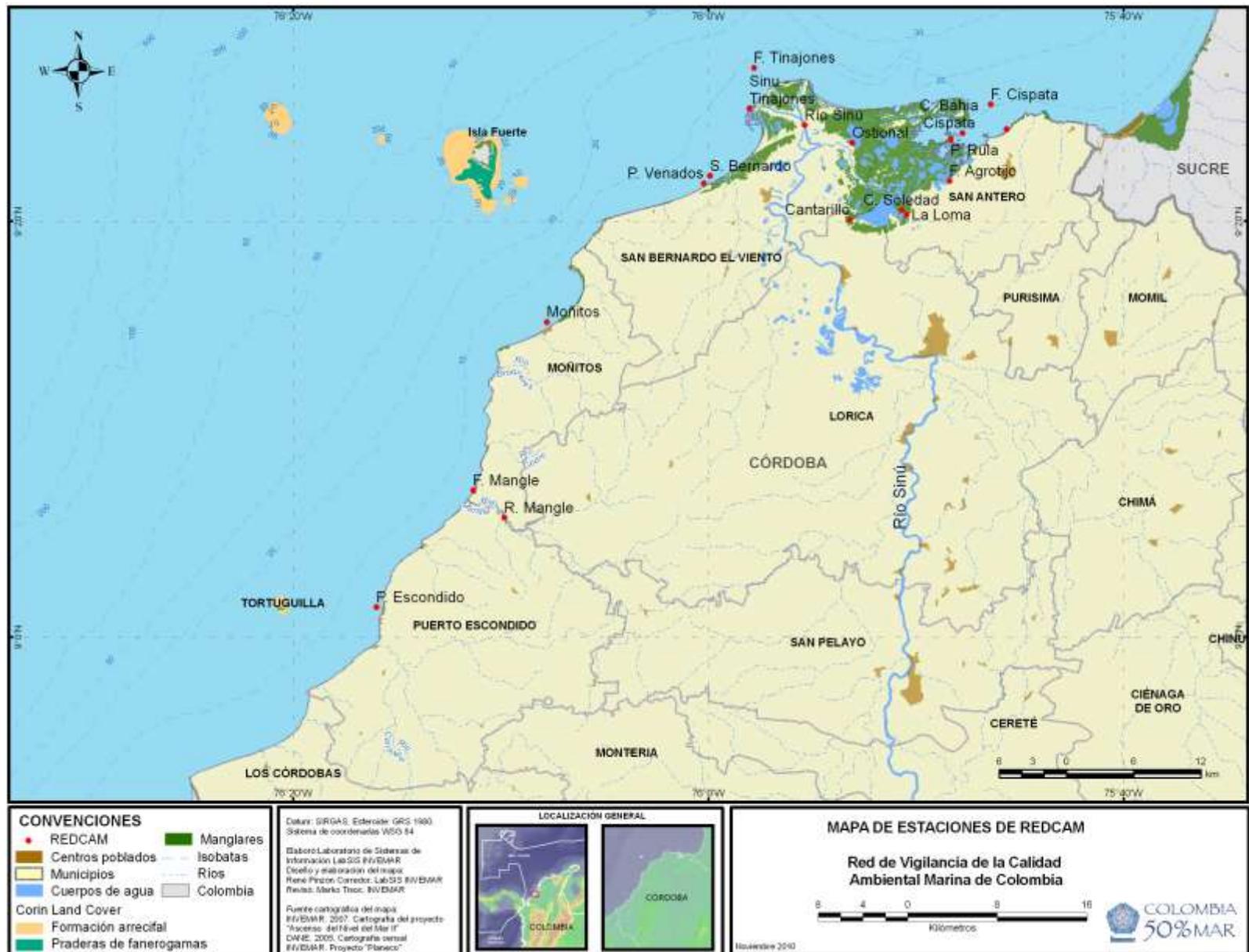


Figura 4.8.1 estaciones de muestreo en el departamento de Córdoba

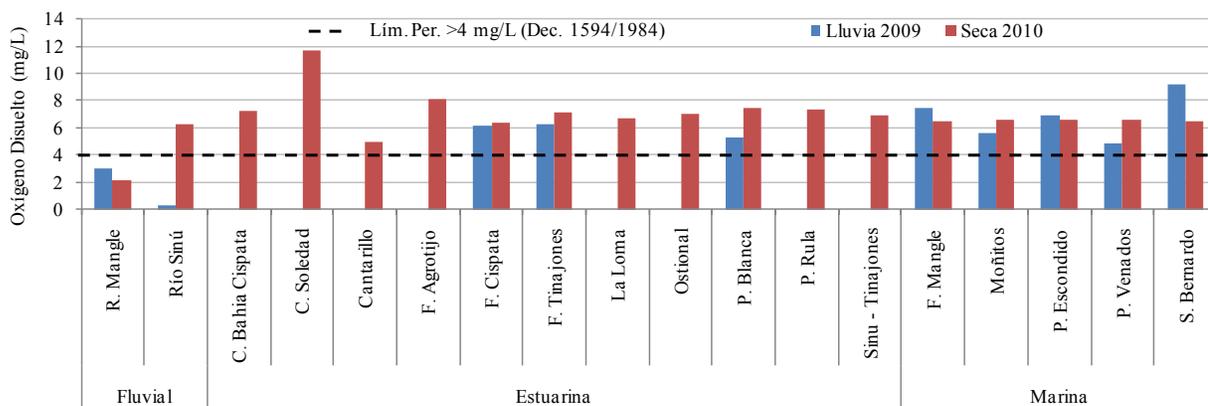


Figura 4.8.2. Comportamiento del oxígeno disuelto en aguas superficiales del departamento de Córdoba. La línea verde indica el valor de referencia mínimo de 4 mg/L para la preservación de la vida acuática (Minsalud, 1984).

El rango de los valores de pH fluctuó entre 6.43 a 8,6 y no presentaron mayores cambios entre una época climática y otra; pero como era de esperarse la mayor variación se registró en las aguas estuarinas. En el caso de las aguas marinas el rango se mantuvo dentro de características normales para estas aguas (6.5 – 8.5; [Cifuentes et al., 2009](#)). La salinidad en las estaciones marinas registró variaciones entre 23.7 y 38.7, con una amplia variación influida por las altas precipitaciones de la época y en aguas estuarinas osciló entre 0 y 32, que corresponde con los datos históricos registrados en el departamento (Figura 4.8.3). La temperatura del agua superficial por su parte fluctuó entre 28.1 °C y 34.3 °C.

4.8.2.2 Nutrientes y Sólidos

En los análisis de nutrientes y sólidos del departamento se evidenció una tendencia al aumento en las concentraciones de sólidos (SST) y amonio $N-NH_4$ en algunas estaciones de aguas estuarinas y aguas marinas para la época seca de 2010.

En la mayoría de las estaciones la concentración de SST no superó los 40 mg/L, pero en las playas Moñitos y los Venados se registraron concentraciones de 169.6 mg/L y 189.1 mg/L, respectivamente; valores que superaron los máximos registrados durante los 10 años de monitoreo. También se observó que los valores fueron un poco más altos en la época seca de 2010 (Figura 4.8.4), debido al incremento en las lluvias por el evento “La Niña”, que favoreció el aumento del caudal de los ríos y las escorrentías ([IDEAM, 2010](#)).

En el análisis de nutrientes se registraron concentraciones de nitrógeno disuelto relativamente bajas en las aguas fluviales, estuarinas y marinas; aunque presentó excepciones en la estación marina de San Bernardo del Viento que alcanzó niveles de 169.3 $\mu\text{g/L } N-NO_3$ en la época seca 2010 y de 25.9 $\mu\text{g/L } N-NH_4$ en la época de lluvias 2009; en las estaciones de los ríos Mangle (18.4 $\mu\text{g/L } N-NO_2$) y Sinú (182.1 $\mu\text{g/L } N-NO_3$) y en las estaciones frente al río Mangle (42.8 $\mu\text{g/L } N-NH_4$) y frente al río Sinú (55.9 $\mu\text{g/L } N-NO_3$) en la época seca de 2010, superiores a los promedios históricos registrados en el departamento.

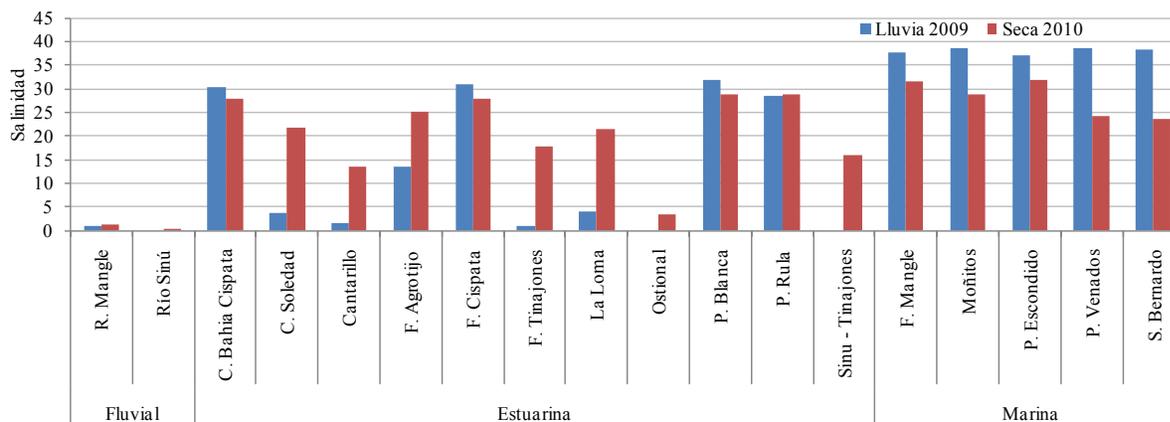


Figura 4.8.3. Comportamiento de la salinidad medida en aguas superficiales del departamento de Córdoba durante la época lluviosa de 2009 y seca de 2010.

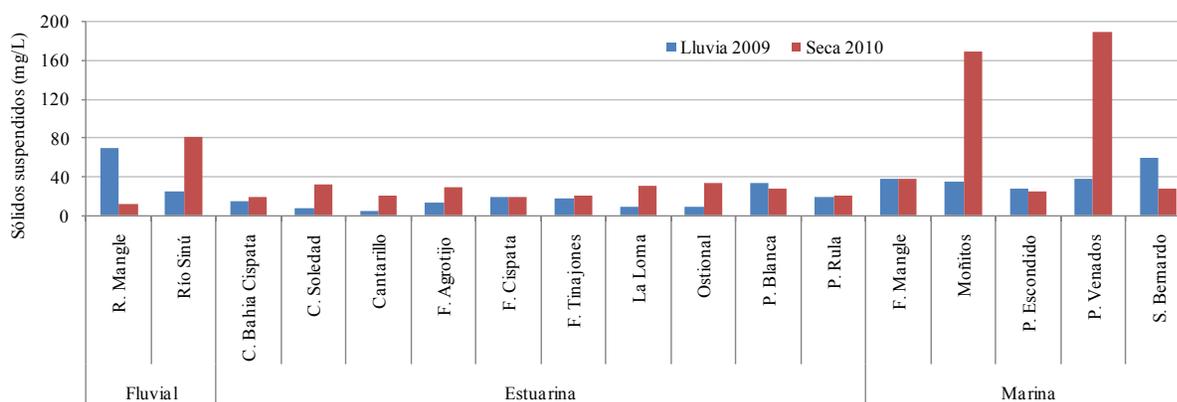


Figura 4.8.4. Comportamiento de los sólidos en suspensión medidos en aguas superficiales del departamento de Córdoba durante la época lluviosa de 2009 y seca de 2010.

Para los niveles de fósforo en forma de P-PO₄ se encontró que los ríos Mangle (226,0 µg/L) y Sinú (105,7 µg/L), son los sitios que presentan las mayores concentraciones en comparación con el promedio histórico del departamento (58.1 ± 76.0 µg/L), pero comparado con otros estudios no superan los valores reportados para ríos contaminados (Meybeck, 1982). Según el promedio del monitoreo de la REDCAM, en 7 de las 10 estaciones estuarinas las concentraciones de P-PO₄ superaron los rangos históricos del departamento (15.5 ± 20.6 µg/L), como en la boca del Distrito de riego Cantarillo (73,1 µg/L), Brazo Caño Grande (87,2 µg/L) y playa de los Venados (29,9 µg/L), aunque todas las estaciones marinas estuvieron dentro del rango histórico de aguas marinas (11.3 ± 38.1 µg/L).

4.8.3 Contaminación Microbiológica

Este departamento cuenta con uno de los principales tributarios del País, el río Sinú, el cual recolecta las aguas domésticas e industriales de las poblaciones que se encuentran a lo largo de su cuenca, y las descargas en la Bahía de Cispata - Golfo de Morrosquillo. El comportamiento histórico de los indicadores de contaminación fecal (Figura 5.1.5), mostró que en las dos épocas de monitoreo seca y de lluvias las

concentraciones sobrepasaron los límites permitidos para actividades de contacto secundario (< 5000 NMP/100mL de coliformes totales, CTT) y actividades de contacto primario (< 200 NMP.100mL⁻¹ de coliformes termotolerantes, CTE), según la norma colombiana (Minsalud, 1984). Las concentraciones de CTT y CTE reportadas en el río Sinú entre los años 2002 y 2010 revelan que el estado de las aguas del río no se consideran aptas para el desarrollo de la pesca o para usar en riego, pero sugiere tratamiento convencional o secundario para aprovechar su uso, de lo contrario pone en riesgo la salud de los pobladores que utilizan este recurso como fuente primaria para el desarrollo de actividades económicas y de actividades domésticas básicas.

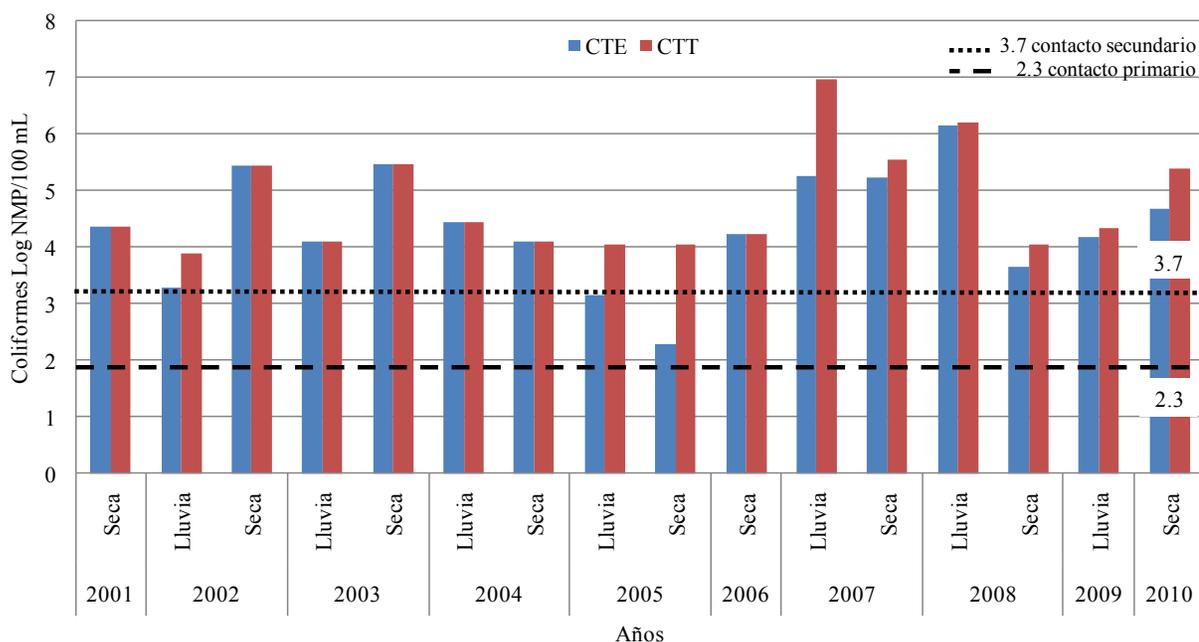


Figura 4.8.5. Comportamiento histórico de los Coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) medidos en el río Sinú: La líneas discontinuas representan el valor de 3.7 como el Log de 5000 NMP/100mL límite permisible de CTT para actividades de contacto secundario y el valor de 2.3 corresponden al Log de 200 NMP/100mL, límite permisible de CTE para actividades de contacto primario (Minsalud, 1984)

Con respecto a la calidad de las playas, se determinó como indicador de calidad la presencia del grupo Enterococos fecales con valor límite <40 UFC/100 mL, establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003). Para el año actual de monitoreo se presentó un 30% de estaciones no aptas para actividades recreativas, en playa Blanca San Antero y playa Moñitos, esta última playa en los cuatro años de monitoreo de enterococos (2006-2010) ha presentado 63% de las mediciones no aptas, convirtiéndose en un riesgo para los bañistas, ya que, la exposición a aguas contaminadas puede traducirse en adquisición de enfermedades gastrointestinales, infecciones en el tracto respiratorio y dermatitis en diferentes partes del cuerpo (Arvanitidou *et al.*, 2002)

4.8.4 Hidrocarburos y Plaguicidas

Los controles ambientales para hidrocarburos del petróleo en Córdoba se han enfocado en la vigilancia de potenciales derrames accidentales durante operaciones de transporte, manejo de crudo y derivados en el Puerto petrolero, debido a la presencia del terminal oleoducto en Coveñas y del buque cisterna en el Golfo de Morrosquillo.

El estado temporal desde el 2001 al 2010 evidencia las mayores concentraciones de hidrocarburos en los dos primeros años del monitoreo REDCAM y en el primer muestreo de 2010, observándose un incremento atípico en la concentración de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) en este último año, con valores que desde la época seca del año 2002 no se presentaban (Figura 4.8.6). Es así como se han registrado concentraciones que superan el valor de referencia de 10 µg/L para aguas no contaminadas (UNESCO, 1984; Atwood, 1988), en sitios como río Sinú en 2001 (15.27 µg/L), frente a río Sinú en Tinajones (17.83 µg/L) y San Bernardo del viento (15.21 µg/L) en 2002 y para el 2010 aumentaron en ciénaga la Soledad (26.63 µg/L) y en Moñitos (14.18 µg/L); estos hallazgos convierten al sector norte costero del departamento, en una zona de riesgo medio por hidrocarburos; no obstante, son eventos puntuales que ameritan seguimiento.

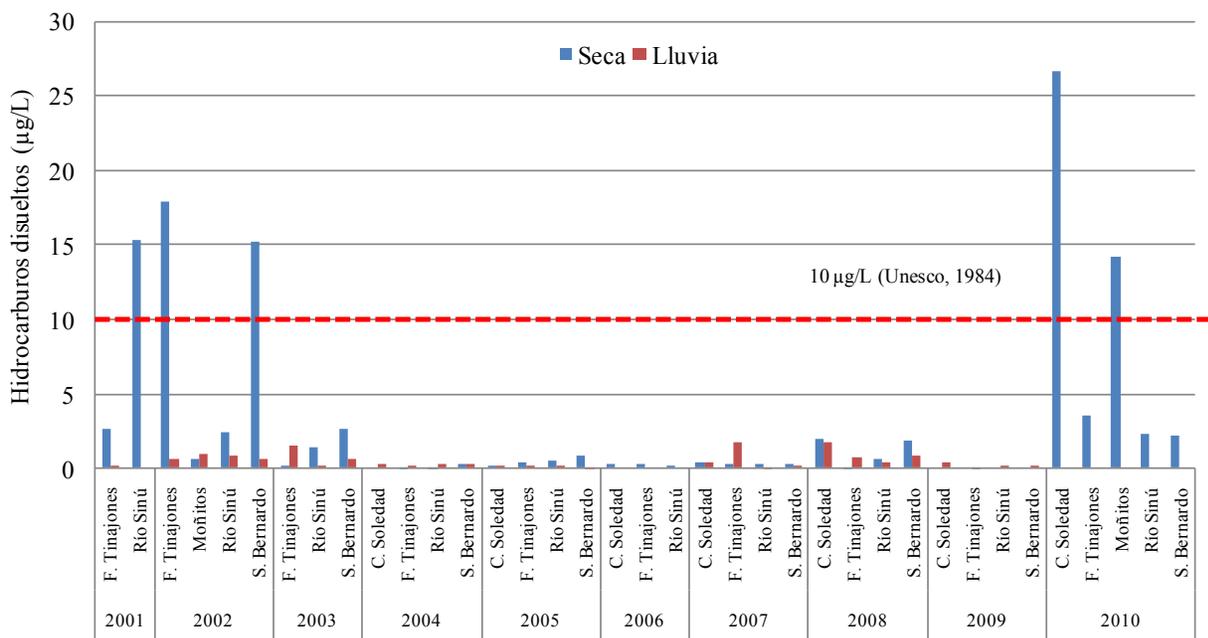


Figura 4.8.6. Comportamiento histórico de la concentración promedio de HDD en el Departamento de Córdoba.

Estos resultados presentaron al río Sinú como una de las mayores fuentes de hidrocarburos en la zona costera de Córdoba, sobre todo en los años 2001 y 2002, debido a que este tributario recibe efluentes de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento de 10 municipios internos y algunos municipios costeros, como San Antero, San Bernardo del Viento y Moñitos. Adicionalmente, esta zona junto con las estaciones de Ciénaga La Soledad y Moñitos desarrollan una actividad marítima importante, dedicada al transporte, turismo y pesca en embarcaciones menores.

4.8.4.1 Plaguicidas organoclorados y organofosforados

En cuanto a la evaluación por plaguicidas, la llanura aledaña a la parte sur del Golfo de Morrosquillo es una región de vocación agrícola, donde se cultiva principalmente algodón, arroz y plátano. Córdoba posee una gran actividad pecuaria e históricamente ha sido uno de los mayores productores de algodón; en el 2001 fue el primer productor, aportando más del 60% de la producción nacional (DANE, 2002), además de ser una de las más importantes zonas arroceras del país, por lo cual no se descarta que en este departamento se hayan usado grandes cantidades de compuestos organoclorados y organofosforados, herbicidas y parasiticidas (MMA/PNUMA/UCR/CAR, 2000).

Teniendo en cuenta lo anterior, los monitoreos desde el 2001 hasta el 2009 han dado como resultado promedios altos para el departamento; en época de lluvias de los años 2007 y 2008 presentaron los valores más altos históricamente de 9.61 y 15.02 ng/L; en contraste con la temporada seca de los años 2001 y 2009 reportaron como promedios máximos 5.51 ng/L (2001) y 4.67 ng/L en 2009. Estos resultados del 2007 ocurrieron debido a que las concentraciones de organoclorados (OC) fluctuaron entre 6.30 a 13.7 ng/L para todas las estaciones. Ya en el 2008 varias concentraciones estuvieron por encima del valor de referencia para efector crónicos de 30 ng/L (EPA, 2002), con magnitudes de 30.77 ng/L (Río Sinú), 32.7 ng/L (F. Tinajones-desembocadura R. Sinú) y 34.6 ng/L (F. Agrotijo) y para 2009 de 26,4 ng/L (R. Mangle).

En el último periodo de estudio, época seca de 2010, no se encontraron concentraciones superiores al valor adoptado como referencia para plaguicidas organoclorados totales de 30 ng/L (EPA, 1999; Marín, 2002, Tabla 4.8.1), solo un registro cercano a este valor se detectó en la estación de brazo caño Grande Ostional (25.9 ng/L). Indicando procesos de escorrentías de OC iniciados desde años anteriores (2003 al 2006) en ambas épocas climáticas, originando que los terrenos drenen estos compuestos organoclorados que fueron aplicados en años anteriores y permanecen en el ambiente debido a su baja degradabilidad. Lo cual se ratifica en un significativo descenso de sus niveles al primer semestre del año 2010.

Tabla 4.8.1 Concentraciones de plaguicidas detectados en aguas superficiales del departamento de Córdoba durante la época lluviosa del 2009 y época seca de 2010.

Época/año	Estación	DDT's (ng/L)	HCH's (ng/L)	Endosulfan (ng/L)	Clorpirifos	Permetrina
Lluvias 2009	Frente a Cispata	-	9,2	-	--	-
	Frente a Agrotijo	6,5		17,7	-	-
	Brazo Caño Grande - C.				-	-
Seca 2010	Ostional	-	-	25,9		
	Frente Río Sinú	-	-	-	91,3	
	Boca Río Sinú	-	-	-	-	53,8
Referencia para efectos crónicos (EPA, 2008)		0,5	80*	4,35	5,6	1,0

* Nivel de referencia para aguas dulces.

4.8.5 Metales pesados

El departamento de Córdoba cuenta con poca información referente a contaminación por metales pesados y sus fuentes, sin embargo, es de notar que el río Sinú puede constituirse en la principal fuente de este tipo de contaminantes a la zona costera, ya que durante su recorrido recoge los residuos de diversos municipios, los cuales finalmente son vertidos en su desembocadura.

La evaluación de los metales pesados cadmio (Cd), cromo (Cr) y plomo (Pb) analizados en el monitoreo de la REDCAM durante la época de lluvias de 2009 y época seca de 2010, mostró que las concentraciones de estos elementos estuvieron por debajo de los niveles de riesgo referenciados en normas internacionales. Para el Cd la mayor concentración se registró en la estación Centro Bahía Cispata (0.61 µg/L) en la época de lluvias de 2009, mientras que en el 2010 en todas las estaciones las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección de la técnica analítica utilizada. Por otra parte, todas las concentraciones de Pb en la época de lluvias de 2009 estuvieron por debajo del límite de detección y para la época seca de 2010 la mayor concentración se registró en la estación Moñitos (0.36 µg/L). El Cr presentó la mayor

concentración en la estación Centro Bahía Cispatá (5.03 µg/L) en la época de lluvias de 2009, mientras en la época seca de 2010 en todas las estaciones la concentración estuvo por debajo del límite de detección.

Con referencia a los datos históricos los mayores valores de Cd y Pb se observaron en la época seca de 2001 (4.6 µg/L en la estación frente a Cispatá), con la tendencia a disminuir a lo largo del periodo 2001 a 2004 con un rango de 0.02 a 4.60 µg/L, mientras en el periodo 2007 - 2010 el rango fue de 0.02 a 1.70 µg/L, evidenciando una disminución en la detección de este elemento en las aguas costeras del departamento. En cuanto al Pb durante la época seca de 2002 se registraron las mayores concentraciones (104.10 µg/L en la estación frente a Cispatá) sin embargo, no han sobrepasado el valor de referencia definido como de riesgo (500 µg/L; [EPA, 2002](#)), el rango de concentración de este elemento durante el periodo seco de 2001 al seco de 2010 fue de 0.07 a 104.10 µg/L evidenciándose una disminución en su detección a partir del año 2007.

La concentración de cromo (Cr) no ha tenido mayores variaciones a lo largo del monitoreo, excepto en el segundo periodo del 2003 cuando se presentó la concentración más alta (14.70 µg/L) en la estación ubicada en San Bernardo del Viento, sin embargo este valor está muy por debajo del referenciado como de riesgo por [CONAMA \(1986\)](#) de 50 µg/L, el rango de concentraciones de este elemento durante el periodo época seca de 2001 a época seca de 2010 fue de 0,02 a 14,70 µg/L.

4.8.6 Conclusiones

Se observó una tendencia en el aumento de SST en aguas marinas y estuarinas en la época seca de muestreo de 2010. Mientras que los niveles de SST en las aguas fluviales fueron bajos, pero con presentaron concentraciones altas de nitrógeno y fósforo. De las estaciones de aguas marino-costeros, pocas presentaron valores altos de nitrógeno, pero el 70% de las estaciones estuarinas alcanzaron concentraciones de fósforo superiores al promedio histórico del departamento.

El río Sinú es uno de los tributarios importantes del país, que a través de los años de monitoreo se ha considerado como una de las estaciones que por lo general presenta una calidad baja a nivel microbiológico, con respecto a otros puntos como las playas o Ciénaga la Soledad que presentan variaciones según la época del año. Es necesario que el monitoreo a estaciones como el río Sinú y el Centro de la Bahía Cispatá que se retomó para este año continúe para establecer como la carga microbiana que trae el río puede afectar otros lugares y la dinámica del ecosistema.

En cuanto a los hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD), desde la época seca del 2003 se nota una disminución en las concentraciones al año 2009, no obstante en la actualidad estas concentraciones han sobrepasado el valor de referencia adoptado (10 µg/L) en lugares puntuales donde ocurre gran actividad petrogénica y debe tenerse especial atención en los años siguientes. La información disponible de plaguicidas organoclorados muestra desde el año 2007 una disminución de los niveles de estos compuestos, sin embargo, aun se siguen detectando especialmente en tributarios como el río Sinú. Adicionalmente, se han detectando nuevas moléculas de productos organofosforados (Clorpirifos y Permetrina), en la zona de influencia del río Sinú que pueden conducir a efectos crónicos en los organismos acuáticos lo cual amerita atención y vigilancia. Para los valores registrados de las concentraciones Cd, Pb y Cr en este departamento no superan los valores referenciados en normas internacionales como riesgosos y su detección ha venido disminuyendo a lo largo del monitoreo.

Antioquia



Panorámica municipio de Necoclí, pluma de aguas continentales. Foto: Jairo Guillermo Vásquez

4.9 ANTIOQUIA

La principal problemática ambiental del Golfo de Urabá se ve reflejada por los aportes de los ríos Atrato y León, por sus abundantes caudales y la condición de cuerpo de agua semicerrado del golfo, que generan en éste una circulación de tipo estuarino ([Chevillot et al., 1993](#); [Bernal et al., 2005](#); [Gomez -Velázquez et al., 2008](#)). Adicionalmente la calidad química de las aguas costeras en el departamento de Antioquia se ve afectada por las descargas de aguas continentales que arrastran nutrientes, sólidos en suspensión y materia orgánica procedentes de diferentes tributarios que desembocan en el golfo de Urabá. Esta situación se ha visto reflejada en el comportamiento de ciertas variables descriptoras de la calidad, como en el caso del oxígeno disuelto que ha presentado concentraciones por debajo de los valores de referencia para preservar la vida acuática. Desde el punto de vista sanitario, los resultados muestran que algunas playas no tuvieron condiciones adecuadas para llevar a cabo actividades de contacto primario y secundario, debido a altas concentraciones de microorganismos fecales que en la mayoría de los casos superan los estándares de calidad. Por el contrario, las concentraciones de contaminantes del tipo hidrocarburos, plaguicidas y metales pesados son relativamente bajas y no generan riesgo para las aguas marino-costeras del departamento, debido a que sus concentraciones no alcanzan los límites permisibles establecidos en legislaciones ambientales para otros países, sin embargo, se deben seguir vigilando porque siguen presentes en el ecosistema.

4.9.1 Área de estudio

La red de estaciones de muestreo en Antioquia se ubican a lo largo del litoral (Figura 4.9.1) desde Arboletes en el límite con Córdoba hasta el límite el departamento de Chocó en el Caribe. El departamento de Antioquia se localiza entre los 5° 25' (parte meridional del Cerro de Caramanta en el municipio de Andes) y 8° 55' de latitud Norte en Punta Arboletes, en el municipio del mismo nombre. Las coordenadas extremas en sentido longitudinal son 77° 07' en el Puente Libre sobre el río Atrato en el municipio de Turbo y 73° 53' en Casabe frente a Barrancabermeja, en el municipio de Yondó ([SIDAP Antioquia, 2010](#)). La zona costera del departamento comprende 425 km aproximadamente de línea costa ([IGAC, 2008](#)), que circunscriben el Golfo de Urabá conformado por los municipios costeros de Turbo, Necoclí, San Juan de Urabá y Arboletes ([García-Valencia, 2007](#)), donde desembocan el río Atrato y otra serie de tributarios y quebradas de menor caudal que drenan a la zona costera, como los ríos Turbo, León, Volcán, Damaquiel, Necoclí, San Juan, Mulatos, Guadualito, Currulao, entre otros ([Corpouraba, 2008](#)); también el río Cauca atraviesa este departamento de sur a norte, y ejerce influencia sobre los demás tributarios de la zona, ya que como afluente del río Magdalena recoge el mismo tipo de contaminantes.

4.9.2 Variables fisicoquímicas

4.9.2.1 In situ

Entre la época de lluvias de 2009 y la seca de 2010 se observó que el oxígeno disuelto (OD) sigue presentando valores menores al límite permitido de 4.0 mg/L para preservar la vida acuática, según la norma colombiana ([Minsalud, 1984](#)). Por un lado, la mayoría de las estaciones en aguas marinas, fluviales y estuarinas (de mezcla) registraron niveles de OD adecuados para los ecosistemas; pero en algunos sitios el OD fue inferior a la norma (Figura 4.9.2).

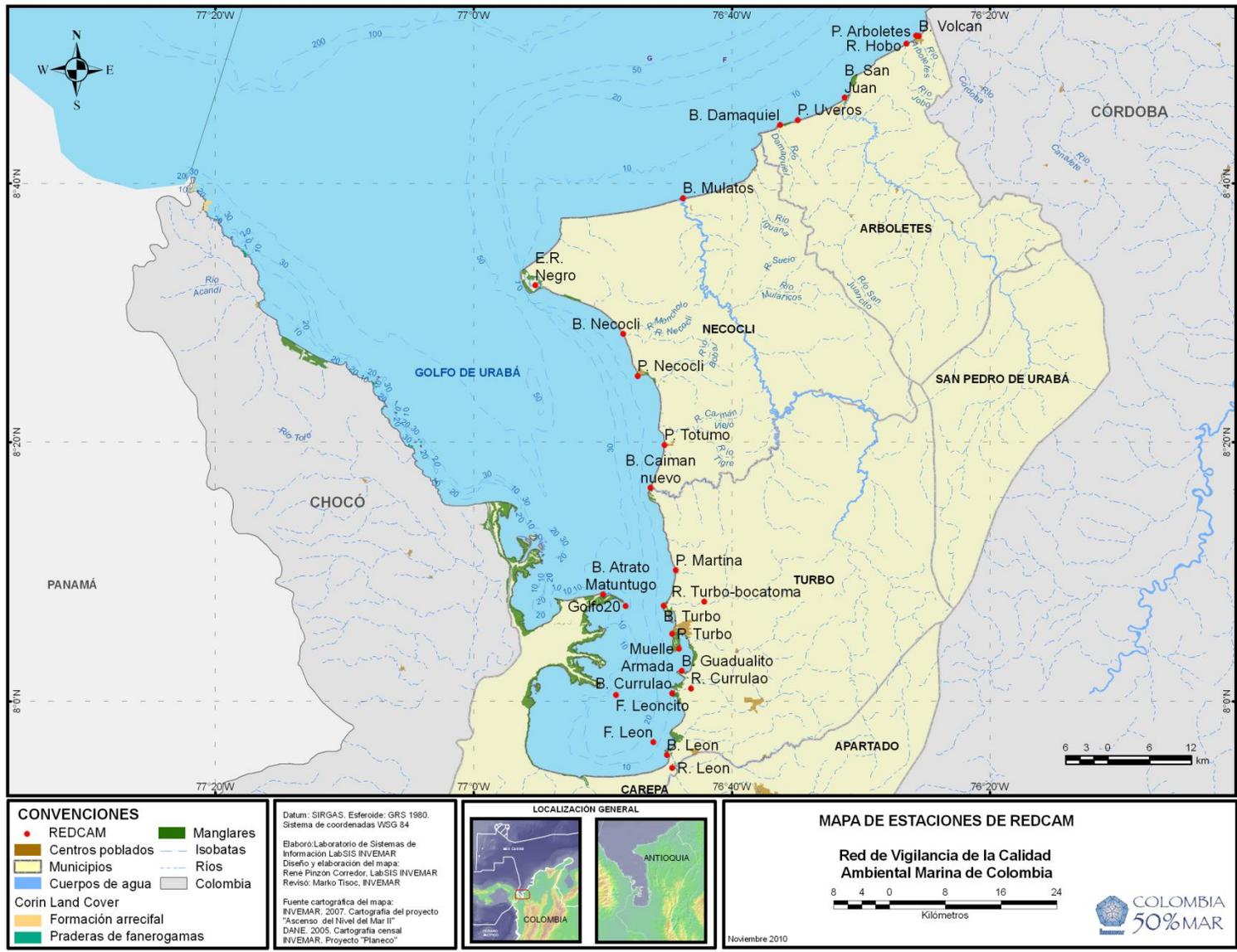


Figura 4.9.1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de Antioquia.

Se presentaron condiciones de anoxia en la época de lluvias de 2009 principalmente, en las desembocaduras de los ríos Caimán Nuevo, León, Volcán y Necoclí. No obstante; mientras que en la época seca de 2010 la saturación de OD mejoró en la gran mayoría de los sitios, persistieron los niveles anóxicos del río Volcán y un valor ligeramente bajo de 3.93 mg/L en el río Hobo (Figura 4.9.2). Es importante destacar, que el OD históricamente aumenta en época seca, debido a la circulación superficial de los vientos Alisios que entran al golfo, y en temporada de lluvias estos disminuyen, quizás por los procesos de oxidación de materia orgánica que favorecen la proliferación de microorganismos degradadores ([García-Valencia, 2007](#)).

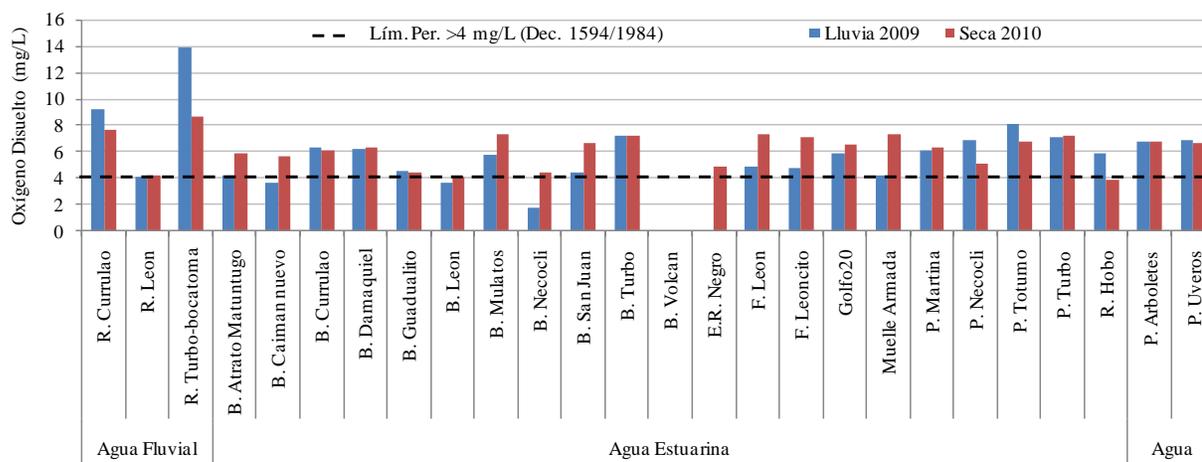


Figura 4.9.2. Comportamiento del oxígeno disuelto (OD) en aguas superficiales del departamento de Antioquia. La línea roja indica el valor de referencia mínimo de 4 mg/L, según la legislación colombiana.

En cuanto al valor de pH, las aguas superficiales presentaron en las dos épocas de muestreo valores desde ligeramente ácidos (< 6.0) hasta alcalinos (8.7). En la época lluviosa de 2009, los valores fueron relativamente inferiores a la referencia (6.5 – 9.0; [Minsalud, 1984](#)), principalmente en los puntos de muestreo de Golfo 20 y los que tienen la influencia de los ríos Currulao, Guadualito, Leoncito, León y Atrato- Matuntugo (Figura 4.9.3), localizados al centro y sur del golfo. Para la época seca de 2010, todos los sitios mostraron valores de pH superiores a la temporada anterior, siendo más favorables para los ecosistemas acuáticos; condiciones que se atribuyen a la dinámica natural de las aguas costeras del golfo de Urabá ([García-Valencia, 2007](#)).

La salinidad, mostró una distribución espacial bastante heterogénea de acuerdo a los tres tipos de agua que se miden (marina, Estuarina y fluvial). Los ríos no superaron 2.0 unidades prácticas de salinidad; mientras que las aguas marinas y estuarinas, mostraron un rango entre 0.0 y 31.4 partes durante el período evaluado 2009 (épocas seca y lluvias) y la época seca de 2010. En concordancia con las mediciones, las aguas en el golfo se podrían clasificar en dulces (<18), polihalinas (entre 18 y 30) y mixohalinas (30 a 35), siendo la mayoría de las estaciones del golfo de Urabá de tipo polihalinas por las condiciones de aguas de mezcla, debido al abundante caudal que descargan los ríos a la zona costera. Los valores más altos de salinidad se presentaron en las playas Necoclí (27.4), La Martina (29.9), Arboletes (29.9) y Uveros (29.9) (Figura 4.9.4), pero es importante resaltar que los grandes volúmenes de aguas que descargan los tributarios al golfo de Urabá crean condiciones dulces al interior del golfo, durante la época seca, por la actividad de los vientos Alisios del norte y en época de lluvias que se crea un medio casi completamente dulce hacia la parte sur de Bahía Colombia ([García-Valencia, 2007](#)).

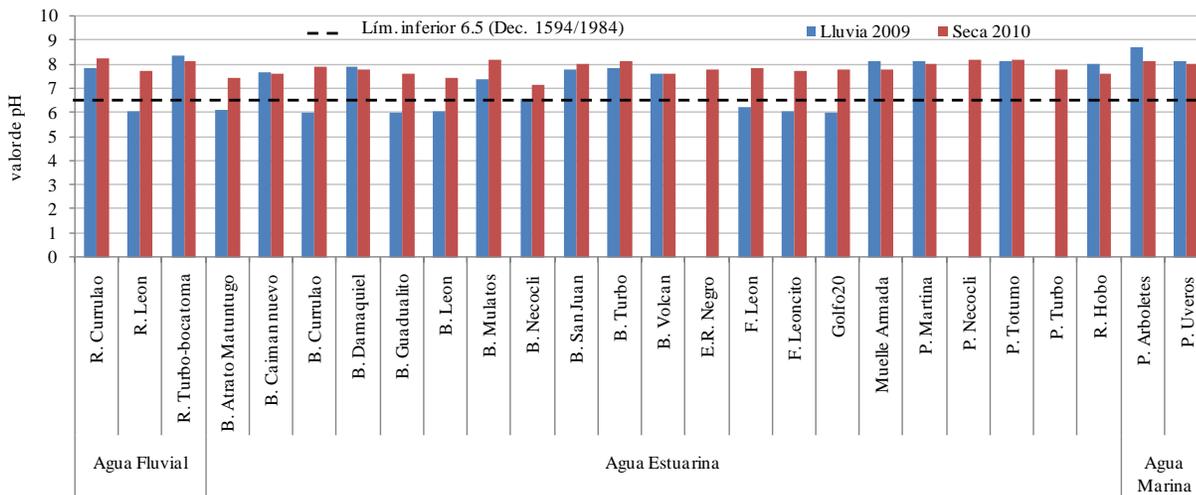


Figura 4.9.3. Valores de pH medidos en aguas superficiales del departamento de Antioquia. La línea indica el límite inferior de 6.5 para preservar la vida acuática, según la legislación colombiana (Minsalud, 1984).

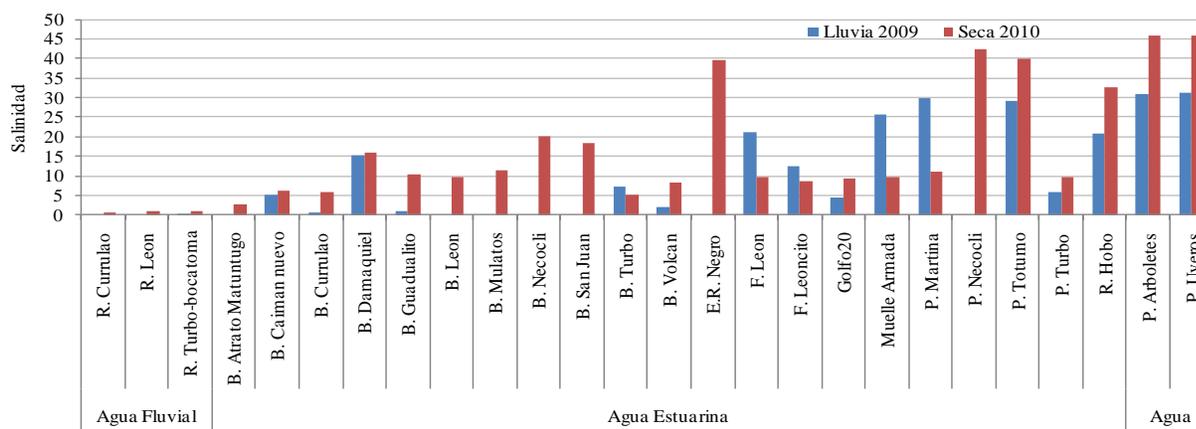


Figura 4.9.4. Comportamiento de la salinidad en agua superficial del departamento de Antioquia, durante el 2009 (épocas seca y lluviosa) y época seca de 2010.

4.9.2.2 Nutrientes y Sólidos

Los resultados de nitrógeno mostraron diferencias entre las dos épocas climáticas: lluviosa y seca. En el caso de las formas nitrogenadas amonio ($N-NH_4$) y nitratos ($N-NO_3$) se observó que los valores fueron más altos en la época seca y en aguas estuarinas, pero los nitritos ($N-NO_2$) fueron más altos durante la época lluviosa y en aguas fluviales. Durante el 2009 en épocas seca y lluviosa, las concentraciones de $N-NH_4$ en la mayoría de las estaciones de aguas estuarinas y marinas mostraron valores característicos de la zona, excepto por los niveles ligeramente altos (226-270 $\mu g/L$) medidos en 6 de las 25 estaciones de muestreo (Figura 4.9.5) y un dato atípico de 1865 $\mu g/L$ en la desembocadura del río Volcán en Arboletes. En la época seca de 2010 las concentraciones de $N-NH_4$ aumentaron en comparación con la época lluviosa de 2009 por un nivel de magnitud y con la época seca de 2009, en un rango de 140-360 $\mu g/L$, especialmente en las estaciones ubicadas en la ensenada del Río Negro y la bocatoma del río Turbo con valores de 360 y 310 $\mu g/L$, respectivamente.

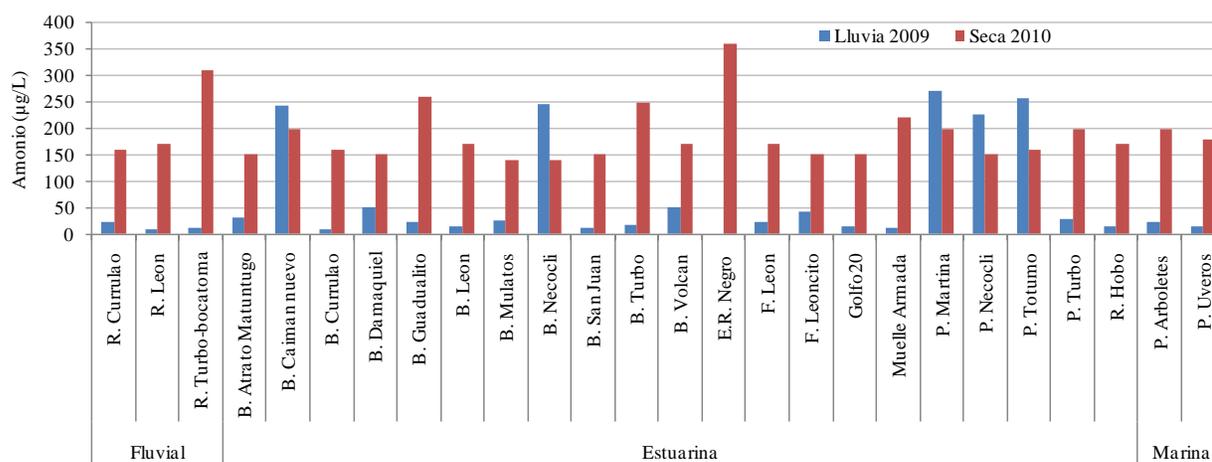


Figura 4.9.5. Concentraciones de amonio (N-NH₄) medidas en aguas superficiales de Antioquia en época lluviosa de 2009 y época seca de 2010.

En términos de nitratos (N-NO₃) en la época seca de 2010 los valores se incrementaron de forma exponencial en 14 de las 26 estaciones (Figura 4.9.6), en un rango de 1100-7500 µg/L que es muy alto incluso en comparación con el promedio histórico de las aguas estuarinas del departamento (240.2 ± 778.6 µg/L), y se midieron datos extremos en la ensenada de Río Negro (6630 µg/L) y las playas de Necocli (7410 µg/L) y Totumo (7560 µg/L).

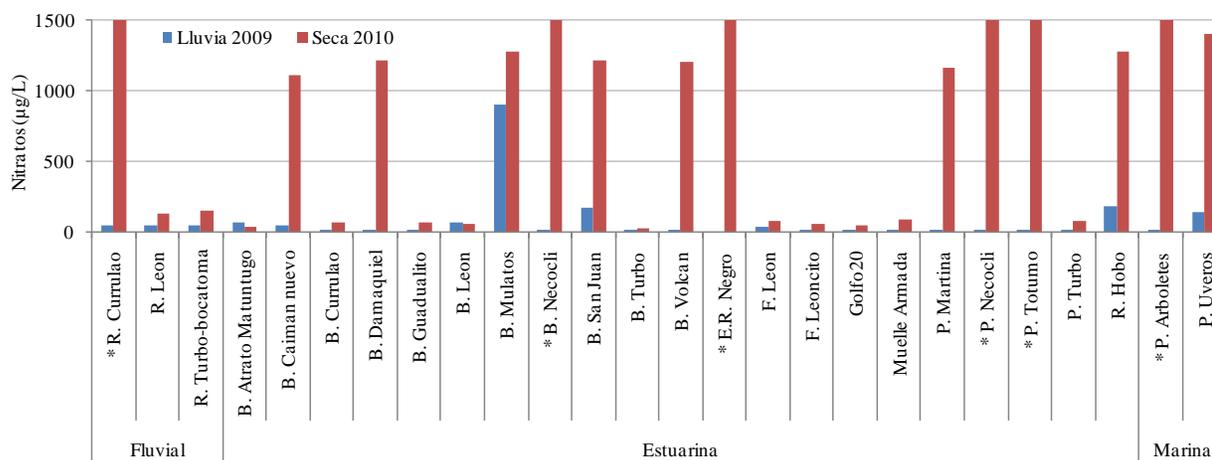


Figura 4.9.6. Concentraciones de nitratos (N-NO₃) medidas en aguas superficiales de Antioquia en época lluviosa de 2009 y época seca de 2010. Las estaciones con asterisco (*) sobrepasan los 1500 µg/L de N-NO₃.

Los niveles de N-NO₃ encontrados durante la época seca de 2010 se podrían atribuir al mayor ingreso de aguas continentales cargadas de nutrientes a la zona costera, debido al aumento de las precipitaciones por el evento “La Niña” en esta temporada (Meybeck, 1982; IDEAM, 2010). El N-NO₂ por su parte, presentó valores altos en época de lluvias de 2009 en la mayoría de los sitios, con valores extremos (atípicos) en la bocatoma del río Turbo (150 µg/L), el Muelle Armada (287.9 µg/L), y la desembocadura del Río Necocli (128.8 µg/L) superiores a las concentraciones documentadas por el monitoreo de la REDCAM como promedio histórico de las aguas estuarinas del departamento (17.7 ± 106.2 µg/L). Considerando los resultados expuestos, se puede prever que las aguas marino-costeras del golfo presentan posible

contaminación por estos compuestos nitrogenados, los cuales son transportados por los ríos hacia la costa, principalmente en las forma de material orgánico que posteriormente se disuelve y está como compuestos inorgánicos disponibles para uso en la producción primaria.

Con respecto al ortofosfato (P-PO₄) se observó que la concentración en la mayoría de las estaciones estuvo inferior a 200 µg/L, aunque fue evidente el aumento desde la época seca de 2009 hacia la época seca de 2010 (Figura 4.9.7); y es de resaltar que en la desembocadura del río Volcán se presentaron valores extremos en los tres muestreos (1280, 2790 y 16600 µg/L, respectivamente) y en el río Guadualito con 2290 µg/L en la época seca de 2010. Estos valores de fósforo pueden estar implicando un riesgo de eutrofización en las aguas costeras de la zona.

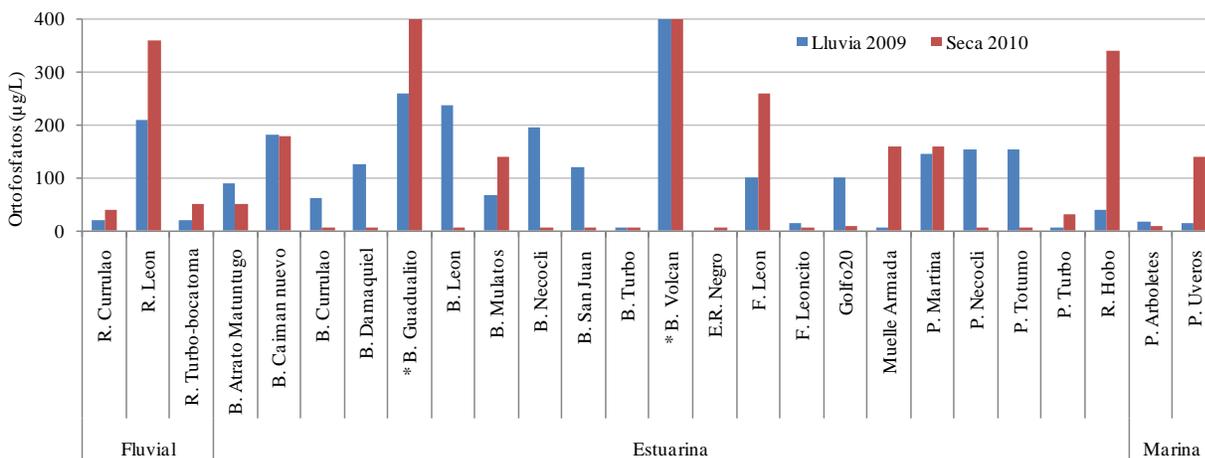


Figura 4.9.7. Concentraciones de nitratos (P-PO₄) medidas en aguas superficiales de Antioquia en época lluviosa de 2009 y época seca de 2010. Las estaciones con asterisco (*) sobrepasaron los 400 µg/L de P-PO₄.

Las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST), aumentaron en la época lluviosa de 2009 en la mayoría de las estaciones (Figura 4.9.8), presentando valores extremadamente altos en las desembocaduras de los ríos Guadualito (935 mg/L), San Juan de Arboletes (453 mg/L), León (334 mg/l) y Mulatos (306 mg/l), superiores a la referencia de 150 mg/L para este tipo de aguas costeras a escala nacional, según el monitoreo de la REDCAM de los últimos 10 años. De igual forma los valores de SST mostraron un aumento en la época seca de 2010 comparada con la seca de 2009, probablemente por las precipitaciones atípicas altas para la época y en consecuencia el incremento en la descarga de sedimentos con el aumento del caudal de los tributarios.

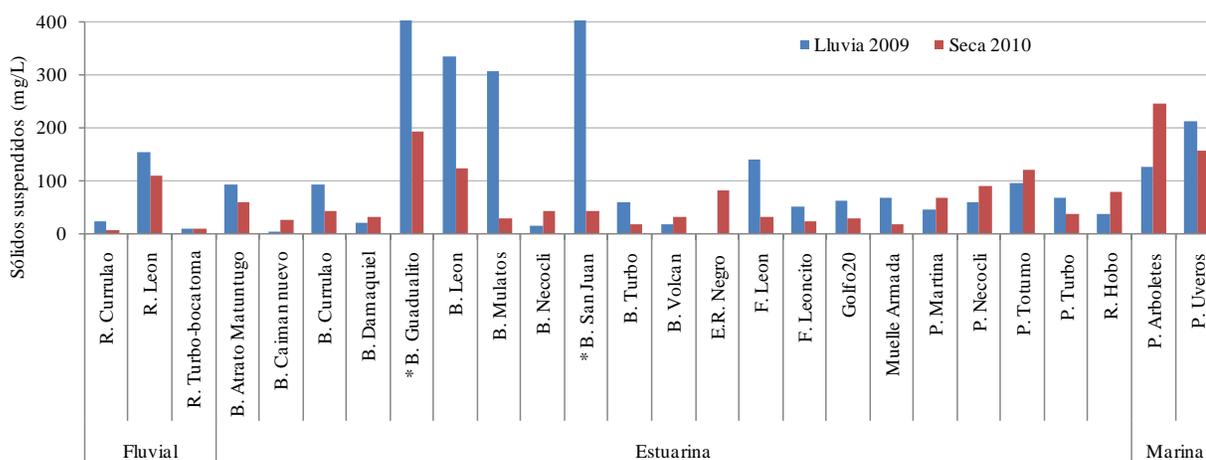


Figura 4.9.8. Concentraciones de sólidos suspendidos medidas en aguas superficiales de Antioquia en época lluviosa de 2009 y época seca de 2010. Las estaciones con asterisco (*) sobrepasaron los 400 µg/L de SST.

4.9.3 Contaminación Microbiológica

Históricamente, se ha observado que las playas de Arboletes, Necoclí, La Martina, Turbo, Totumo y Uveros en las dos épocas climáticas de los últimos cuatro años no han cumplido con el valor límite permitido de Coliformes termotolerantes (CTE) para actividades de contacto primario (200 NMP/100mL, Decreto 1594 de 1984), pero es en temporada de lluvias donde se presentan los niveles más altos (Figura 4.9.9). Además, existe una clara tendencia al aumento de las concentraciones en las playas Necoclí y La Martina con valores hasta de 17000 NMP/100 mL y 93000 NMP/100 mL respectivamente en el año 2009.

La calidad de las playas en este departamento han presentado recurrentemente niveles por encima de los valores admisibles para actividades de baño, natación, pesca y deportes náuticos, según la norma colombiana ([Minsalud, 1984](#)). Posiblemente porque las playas del golfo de Urabá se encuentran localizadas en los municipios que tienen su cabecera cerca de la línea de costa, los cuales poseen un débil tratamiento de sus aguas residuales y una deficiente infraestructura en la red de alcantarillado que ha obligado que las aguas domésticas sean vertidas directamente al mar, deteriorando la calidad de sus principales balnearios, tanto en lo sanitario como en lo ecológico; situación, que suele ser frecuente en aguas costeras con fines recreativos, debido a las proximidades de éstas a las áreas urbanas ([González et al., 2003](#)). Y el aporte de los tributarios que llevan una alta carga de contaminación fecal en función de su caudal, especialmente los ríos Volcán, Guadualito, León, Caimán Nuevo, Turbo (bocatoma), Atrato (Matuntugo) y Currulao, que presentaron las mayores concentraciones en ambas temporadas climáticas y sobrepasaron los valores de referencia para actividades de contacto secundario de 1000 NMP/ 100 mL.

Los riesgos a los cuales estarían expuestos los bañistas de acuerdo con estos resultados, se traducirían en adquisición de enfermedades gastrointestinales, infecciones en el tracto respiratorio y dermatitis en diferentes partes del cuerpo ([Arvanitidou et al., 2002](#)). Estos riesgos podrían verse incrementados por el mayor tiempo de exposición, principalmente durante las temporadas de vacaciones, cuando la población turística y local realiza actividades náuticas como natación, surfing, canotaje, buceo, entre otras ([González et al., 2003](#); [OMS, 2003](#)).

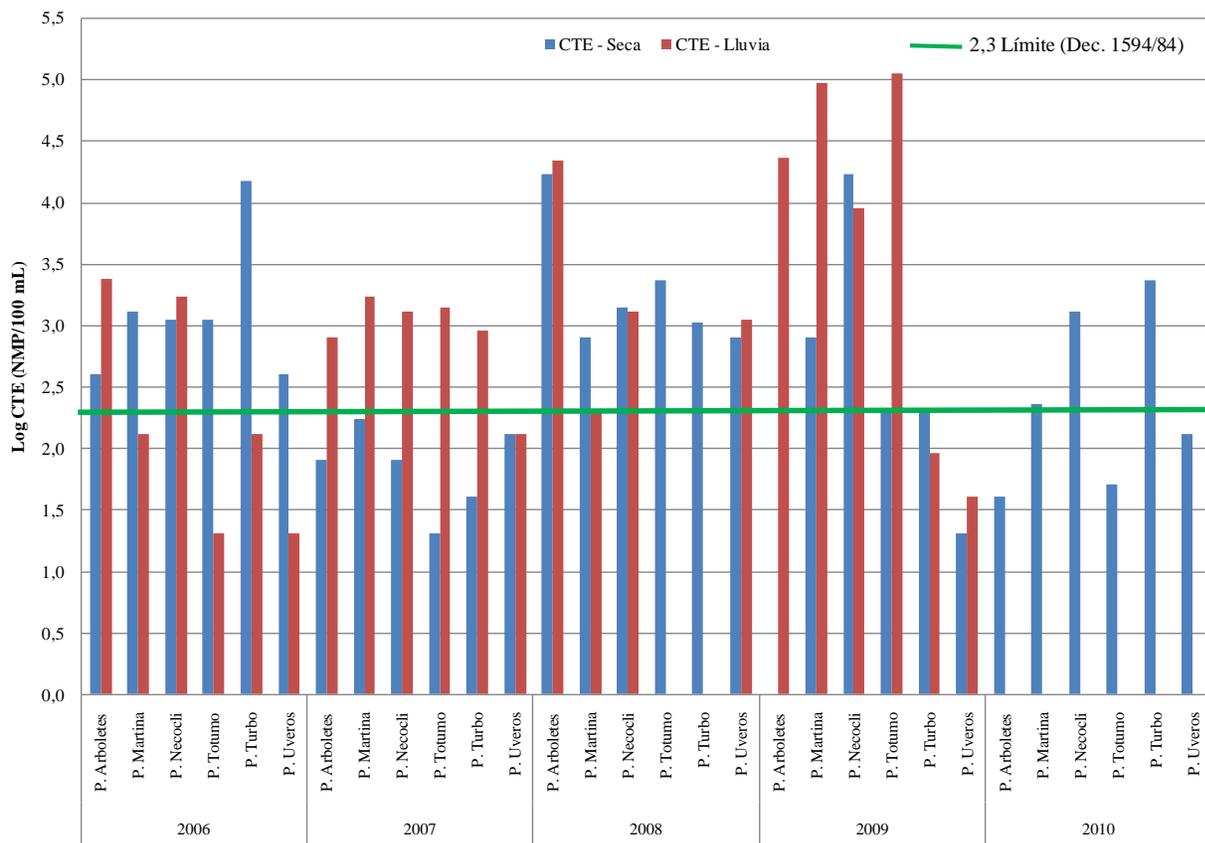


Figura 4.9.9. Concentraciones de coliformes termotolerantes (CTE) medidos en playas de Antioquia. La línea verde en 2,3 es el logaritmo de 200 NMP/100 mL que indica el límite permisible para contacto primario según el Decreto 1594 (Minsalud, 1984).

4.9.4 Hidrocarburos y Plaguicidas

Las fuentes de hidrocarburos de la zona son originadas por vertimientos de aguas residuales domésticas a los ríos y descargas de aguas servidas por poblaciones ribereña; así como, provocadas por actividades de tránsito marítimo, turismo y comercio. Adicionalmente, las actividades de turismo y pesca que realizan los habitantes en pequeñas embarcaciones, se suman en otra fuente no puntual de hidrocarburos al medio marino, así como el expendio de combustible, el mantenimiento de motores y vertimientos de residuos oleosos y recipientes de derivados del petróleo sobre los ríos; es otra fuente de hidrocarburos al mar.

El monitoreo sistemático de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) mostró que en el 2009 las concentraciones de HDD estuvieron en un rango entre 0.003 y 8.36 µg/L con un aumento inusual comparadas con los últimos tres años, donde los niveles no superaban 1 µg/L en la mayoría de las estaciones (Figura 4.9.10). En el 2009 los valores de HDD más altos se presentaron en la época seca, en las estaciones ubicadas frente al río León (8.36 µg/L) y frente a Leoncito (6.18 µg/L). A pesar del aumento generalizado de HDD, cabe resaltar que estos valores no generen riesgo porque no superan la referencia de 10 µg/L (Unesco, 1984; Atwood *et al.*, 1988), pero si llaman la atención para hacer un seguimiento más detallado del incremento de estos residuos en la zona.

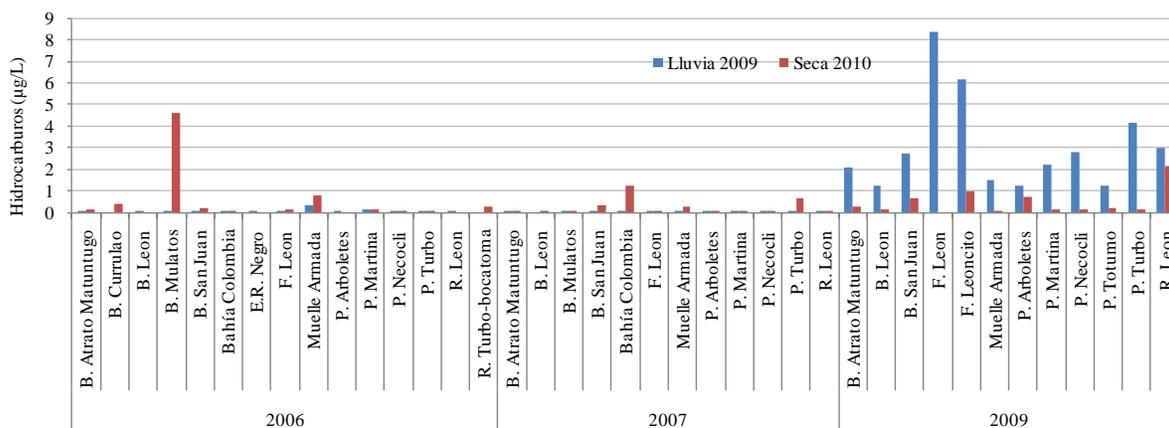


Figura 4.9.10. Concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) en aguas superficiales del departamento de Antioquia.

Esta tendencia al aumento de HDD se corroboró en un muestreo puntual en época seca de 2010, donde se midieron valores de 10.87 µg/L en la playa de Turbo y de 14.67 µg/L en la desembocadura del río Leon, niveles que superaron el valor admisible de 10 µg/L, y que si evidencia un riesgo puntual de contaminación por HDD en el golfo de Urabá. El aumento proviene posiblemente de las actividades portuarias y tráfico marítimo que se desarrolla al sur del golfo de Urabá, en Turbo y Bahía Colombia, principalmente actividades de producción, comercialización y exportación del banano. Además en materia de hidrocarburos, se transporta ACPM, gasolina y nafta virgen, siendo la gasolina el producto más importante para el transporte, pero en el golfo no existe una infraestructura portuaria como en otras zonas del país, solo cuenta con embarcaderos y astilleros que se movilizan a través de sus tributarios, usados para embarque y salida de productos al mar. También existe un gran movimiento de pequeñas embarcaciones como lanchas y pequeñas motonaves dedicadas al comercio, transporte de personas y alimentos, y actividades asociadas al turismo ([Corpouaba et al., 2000](#)).

Las fuentes principales de plaguicidas que llegan a las aguas costeras de Antioquia provienen de actividades agrícolas relacionadas con el cultivo de banano, que demanda el uso de agroquímicos. En la actualidad los plaguicidas certificados para uso agrícola son organofosforados y carbamatos; por ello, la REDCAM en el 2010 implementó la evaluación de estos compuestos persistentes en el ambiente, teniendo en cuenta que el uso de compuestos organofosforados está asociado a la explotación del banano, que se realiza de forma intensiva en los municipios que conforman el eje bananero (Turbo, Apartadó, Carepa y Chigorodó).

El seguimiento de 2001 al 2010 demostró que las concentraciones de OC son generalmente bajas; aunque se han registrado niveles más altos en algunas épocas de monitoreo, como en el año 2004 que tuvo valores superiores a 10 ng/L en la mayoría de las estaciones; con un dato muy alto en la desembocadura del río León (43.5 ng/L), valor que superó la referencia de 30 ng/L como nivel de riesgo de contaminación para efectos crónicos ([EPA, 2008](#)), Las medición de los compuestos organofosforados, en época de lluvias de 2009 se detectó *Clorotalonil* y *Clorpirifo* en las 9 moléculas analizadas (*Diuron, Diazinon, Clorotalonil, Metil Paration, Bromacil, Clorpirifos, fenaminfos, Cis y Trans-Permetrina*); mientras que en la época seca de 2010 se detectó *Clorpirifos* en concentraciones que pueden representar riesgo para los organismos (Tabla 4.9.1; [EPA, 2008](#)).

Tabla 4.9.1 Concentraciones de plaguicidas detectados en aguas superficiales de Antioquia en la época lluviosa de 2009 y la seca de 2010.

Época/año	Estación De Muestreo	Clorotalonil	Clorpirifos	ΣDdt'S	Endosulfan
Lluvia 2009	Desembocadura río León	23,9	80,0	-	-
	Desembocadura río Currulao	-	55,0	5,6	-
	Desembocadura río Guadualito	-	99,0	5,8	-
Seca 2010	Desembocadura río León	-	64,5	-	-
	Desembocadura río Currulao	-	38,1	-	-
	Desembocadura río Guadualito	-	21,2	-	16,3
Nivel de referencia para efectos crónicos (EPA, 2008)		-	5,6	0,5	4,35

En el caso de los organoclorados en época seca de 2010 sólo se detectó el *Endosulfan* (Tabla 4.9.1) una de las moléculas que se empezó a monitorear en 2009. Si bien, cada vez es menos frecuente la detección de plaguicidas clorados en la zona, que puede atribuirse básicamente a las restricciones implementadas para el uso de plaguicidas organoclorados, los cambios en las prácticas agrícolas y al uso de otro tipo de plaguicidas como los organofosforados. Dado el alto desarrollo agrícola que la convierte en la región bananera y platanera más importante del país y de varios mercados internacionales, por las condiciones del golfo de Urabá y sus alrededores que son de suma relevancia para la producción agrícola, con monocultivos permanentes de banano, plátano y cultivos mixtos transitorios y permanentes de arroz, yuca, maíz, ñame, entre otros ([Corpouraba et al., 2000](#); [García-Valencia, 2007](#)).

De acuerdo a los resultados históricos el golfo de Urabá sobresale como uno de los pocos sectores del Caribe donde aún se detectan trazas de plaguicidas en concentraciones mayores a 10 ng/L, que si bien, no superan el valor de referencia si suponen una fuente de ellos originada en la zona continental, teniendo en cuenta que las mayores concentraciones se hallan en bocas de ríos.

4.9.5 Metales pesados

El Golfo de Urabá se ha constituido en un sector altamente influido por actividades portuarias, vertimientos de aguas servidas de varios asentamientos urbanos (Arboletes, Necoclí, Turbo y Acandí), y por la actividad minera desarrollada en el sector Caribe chocoano. A esta situación se ha sumado los vertimientos desde las lagunas de oxidación existentes en Arboletes, Necoclí y Turbo sobre las cuales se desconoce su debido funcionamiento ([Barrera et al., 2001](#)), que hacen suponer la llegada de metales pesados en las aguas costeras de la región.

Durante el monitoreo de la época de lluvias de 2009 y la época seca de 2010, se observó que la mayor concentración de cadmio se registró en la estación 20 del golfo de Urabá (0,94 µg/L Cd) y en la desembocadura del río Guadualito (0,69 µg/L Cd), tanto para cadmio y para plomo (13,4 µg/L Pb), sin embargo, estos niveles no exceden los valores referenciados como de riesgo en la normatividad internacional.

Los resultados obtenidos a través de la REDCAM en los 10 años han mostrado que las concentraciones de cadmio (Cd) y plomo (Pb), tienden a disminuir; especialmente después de la época de lluvias de 2002 donde se presentaron los mayores registros para Cd (15,21 µg/L) y Pb (181,54 µg/L); a partir de ese momento, las mediciones de metales pesados han sido relativamente bajas, manteniéndose por debajo de los límites referenciados en normas internacionales de 10 µg/L para Cd y 500µg/L para Pb ([EPA, 2002](#) y [CONAMA, 1986](#)). En consecuencia, es de presumir que la presencia de estos elementos en el área, puede estar siendo favorecida por aportes importantes a través de los ríos, dadas las actividades antropogénicas

de explotación minera, vertimientos de industrias, aguas servidas domesticas, entre otras, que se realizan arriba de las cuencas.

4.9.6 Conclusiones

La evaluación de los resultados del monitoreo, han mostrado que históricamente las aguas costeras del departamento de Antioquia han soportado descargas considerables de diversos contaminantes. Durante este último periodo 2009 – 2010 se presentaron valores inadecuados de pH y oxígeno disuelto en algunos sitios que afectaron las características fisicoquímicas del recurso hídrico. También se presentaron concentraciones altas de nutrientes fósforo y nitrógeno, con valores superiores a las referencias recomendadas para este tipo de sistemas, pero es difícil establecer con claridad, si este obedece a un efecto de posibles escurrimientos, dadas las fuertes lluvias que acompañaron la época seca de 2010. Sin embargo, según los resultados, existe un riesgo de eutrofización en las aguas costeras del golfo, que son el efecto del vertimiento de aguas residuales y del escurrimiento de amplias áreas agrícolas. Las mediciones de plomo y cadmio por su parte, no mostraron concentraciones que causen riesgo de contaminación, por el contrario tienden a disminuir en el tiempo.

La calidad sanitaria de las playas estuvo directamente afectada por la carga microbiana que arrojaron los ríos a la zona costera y por tanto, éstas no fueron aptas para actividades de contacto primario o secundario en este período. Además, si se tiene en cuenta que las poblaciones costeras aprovechan el agua de río para cubrir las necesidades básicas, pero si no tienen un tratamiento adecuado ponen en riesgo su salud.

El interior del golfo de Urabá sigue presentando el mayor riesgo de contaminación por hidrocarburos dada su infraestructura portuaria de segundo nivel. Los resultados del monitoreo muestran concentraciones inferiores al valor de referencia y una tendencia decreciente en el tiempo, sin embargo, los niveles encontrados, corroboran que efectivamente la contaminación por HDD es antropogénica y proviene tanto de los afluentes de la zona y de asentamientos humanos como también del tráfico marítimo en el sur del Golfo de Urabá.

El monitoreo de OCT ha mostrado una recurrente presencia de estos residuos en la zona costera, lo que supone una fuente de contaminación continental, arrastrados por los ríos de los áreas agrícolas; que si bien, son bajas con respecto a los criterios establecidos para su evaluación; al igual que en otras regiones costeras, su presencia en el medio y su disponibilidad para los organismos acuáticos, puede generar un posterior deterioro en la calidad ambiental de estos ecosistemas costeros en la región.

Costa Pacífica



Playa Blanca Gorgona

5. DIAGNÓSTICO REGIONAL COSTA PACIFICA

Los problemas de contaminación en los ambientes marinos de la región Pacífica colombiana están localizados generalmente en las áreas adyacentes a las zonas urbanas y desembocaduras de ríos, probablemente debido a las descargas de aguas servidas, lixiviados de basuras y residuos agroindustriales ([CAN, 2001](#)).

Las aguas costeras del Pacífico colombiano monitoreadas por la REDCAM presentan condiciones estuarinas al tener salinidades promedios de 21.8 ± 9.1 y concentraciones fluctuantes de los nutrientes inorgánicos disueltos; de igual manera la cuenca baja de los ríos están influenciadas por efectos de las mareas y generan zonas de mezcla que presentan salinidades entre 0 – 24.9 ([Tejada et al., 2003](#); [Espinosa, 2010](#)). Los valores de oxígeno disuelto superiores a 4 mg/L y de pH entre 4.5 – 9.0 que presentan las aguas marino costeras del Pacífico, son adecuados para la conservación de flora y fauna (MinSalud, 1984), con la excepción de unos valores de oxígeno disuelto menores a 4 mg/L en los departamentos de Valle de Cauca y Nariño, en cuatro estaciones en la Bahía de Buenaventura cerca al Puente el Piñal y en los ríos Chagüi, Mejicano y Rosario que desembocan en la Ensenada de Tumaco en la época lluviosa 2009.

Los sólidos en suspensión (SST) de la región presentaron un promedio de 39.9 ± 66.9 mg/L, sus concentraciones son afectadas usualmente por las altas precipitaciones que se presentan en el segundo semestre del año, pero en este último periodo se encontró un aumento en la tendencia de SST, particularmente en Chocó para la época seca 2010 y en Cauca en la época de lluvias 2009. Eso puede deberse a los patrones irregulares de precipitación de este año y el conjunto de alta actividad de surgencia y mareas que afectan la resuspensión de sedimentos en la costa pacífica ([Rodríguez y Giraldo, 2001](#)). En cuanto a las aguas fluviales de la región, se encontraron unos valores altos en Chocó (Río Nuquí: 1686.0 mg/L), Nariño (Río Patianga + Satinga: 445.6 mg/L) y Cauca (Río Micay: 211.6-319.5 mg/L) los cuales históricamente han registrado esta tendencia; el resto de los ríos en el año actual presentaron concentraciones entre 20 – 50 mg/L. Las aguas estuarinas presentaron valores entre 30 – 65 mg/L de SST a excepción de una estación en Nariño (Frente a Ríos -Ensenada de Tumaco: 486.8 mg/L) la cual se encuentra dentro del promedio histórico de este sitio y un dato puntual de 849.1 mg/L frente a Cabaña Amarilla en Valle de Cauca.

En el caso de los nutrientes, los datos medidos en este período se encuentran por debajo de los promedios históricos de la región, con algunos aumentos aparentes en las concentraciones de amonio y ortofosfatos en las aguas fluviales y estuarinas de Cauca y en los nitratos de Valle de Cauca especialmente en la época lluviosa. Así mismo se evidenciaron aumentos en las concentraciones de ortofosfatos en aguas fluviales de Chocó y de nitrógeno en las aguas marino-costeras y fluviales de Cauca, ambos en la época de lluvias de 2009.

Las concentraciones más altas de nutrientes en las aguas fluviales en la costa Pacífica colombiana se registraron en los ríos San Juan, Nuquí y Jella (Chocó), Dagua y Anchicayá (Valle del Cauca), Micay, Guapi y Timbiquí (Cauca) y Mira, Patía e Iscuandé (Nariño); presentando valores históricos de amonio de 150.3 ± 372.2 µg/L N-NH₄, nitritos 9.7 ± 49.0 µg/L N-NO₂, nitratos 121.2 ± 137.2 µg/L N-NO₃ y fosfatos 25.9 ± 21.6 µg/L P-PO₄³⁻. Las aguas estuarinas presentaron promedios históricos de amonio de 98.4 ± 330.5 µg/L N-NH₄, nitritos 10.5 ± 35.1 µg/L N-NO₂, nitratos 141.8 ± 335.8 µg/L N-NO₃ y fosfatos 18.7 ± 21.2 µg/L P-PO₄³⁻. Sin embargo, los valores de nitrógeno más altos se encuentran en las aguas de Valle de Cauca, con promedios de 1270.0 ± 577.0 µg/L N-NH₄ y 1170.6 ± 1202.8 µg/L N-NO₃ en las aguas fluviales y 1050.7 ± 737.9 µg/L N-NH₄ y 663.6 ± 992.1 µg/L N-NO₃ en las aguas estuarinas, lo cual es preocupante en el caso de NH₄ debido a que históricamente han registrado este comportamiento, indicando la presencia de

fuentes de materia orgánica a la zona costera. Los promedios de nitrógeno en Chocó (100-300 µg/L) presentan valores más altos que los registrados en Cauca y Nariño (10-100 µg/L). En el caso de ortofosfatos no se encontró grandes variaciones entre los departamentos con un rango de promedios entre 10-30 µg/L P-PO₄³⁻, con la excepción de las aguas fluviales de Chocó con 65.7 µg/L.

Las aguas marinas de la Isla Gorgona, ubicada a unos ≈25 km de la costa, presentaron concentraciones promedio de 52.4±14.4 mg/L SST y 30.2±7.6 µg/L N-NO₃ (época seca 2010), ligeramente superiores a los valores de referencia reportados sobre impactos a la fisiología de corales (N-NO₃ = 14.0 – 280.0 µg/L; P-PO₄ = 62.0 µg/L; [Fabricius 2005](#)), pero las concentraciones actuales de fosfatos y sus promedios históricos, así como los promedios históricos de nitratos también han estado por debajo de estos valores de referencia. En consideración del promedio histórico de SST medido en la Isla Gorgona (46.2 ± 20.2 mg/L) y un nivel relativamente alto de su cobertura de corales duros (>60%) a través de los últimos 10 años ([Navas et. al., 2010](#)) se podría suponer que los ecosistemas coralinos se han adaptados a las condiciones específicas de SST de esta la región.

En cuanto a la calidad microbiológica, el 71.9% de las muestras tomadas en el último período en los tributarios sobrepasaron el límite permisible de la norma colombiana para Coliformes totales (> 5000 NMP/ 100 mL; [MinSalud 1984](#)), particularmente, los ríos Nuquí y Jella (Chocó), las 15 estaciones ubicadas en la Bahía de Buenaventura y los ríos San Juan, Anchicayá y Raposo (Valle del Cauca), los ríos Guapi, Saija y Timbiquí (Cauca) y los ríos Patía y Mira (Nariño), debido a la carencia de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas de las poblaciones a lo largo de sus cuencas y que finalmente son depositadas en la zona costera, afectando las actividades de recreación de contacto secundario y pesca de tipo artesanal dirigida a moluscos (*Anadara tuberculosa*, *A. similis*, almejas, caracoles y ostras), crustáceos (cangrejos, jaibas, camarones) y pesca blanca (jurel, sábalo, lisa, corvina, pelada y lenguado) principalmente.

En el Pacífico el 54% de los balnearios sobrepasaron los niveles de Coliformes termotolerantes para actividades de contacto primario (> 200 NMP/100 mL; [MinSalud 1984](#)) en la época lluviosa de 2009 con rangos entre 230 y 66000 NMP/100 mL, siendo los sitios más afectados, las playas de Bahía Solano Esso (Chocó), Bocagrande, el Morro, Pasacaballos y Salahonda (Nariño) y las playas de la Bocana y de Juanchaco y Ladrilleros en el Valle del Cauca. Para la época seca de 2010 fue el 44% de las playas que sobrepasaron la norma con rangos entre 430 y 24000 NMP/100 mL. En esta oportunidad las afectadas fueron Salahonda (Nariño) y repitieron las playas de la Bocana y de Juanchaco y Ladrilleros en el Valle del Cauca, posiblemente por la influencia de los ríos que desembocan en las cercanías de estas playas que traen consigo una elevada carga de microorganismos, los cuales pueden generar riesgos en la salud pública y deterioro de los espacios recreativos ([Edge y Hill, 2007](#)). Estos resultados deberían servir como una alerta de contaminación puntual en las playas mencionadas, especialmente en Valle de Cauca donde 89% de los casos de playas sobrepasaron el límite para contacto primario en el año actual.

Los resultados de hidrocarburos obtenidos durante la época lluviosa de 2009 y seca de 2010 no excedieron los valores de referencia establecidos por la [UNESCO \(1984\)](#) de 10 µg/L como riesgo de contaminación; aunque se notó unos valores entre 6 y 8 mg/L en tres estaciones de Nariño durante la época lluviosa 2009. No obstante, cerca del 50% de las muestras analizadas dentro de la REDCAM sobrepasaron el valor de 1,0 µg/L, que a pesar de no ser alto, muestra que hay una entrada constante de este contaminante al medio, como consecuencia del inadecuado manejo de productos del petróleo utilizados en embarcaciones y por derrames locales crónicos o accidentes en los puertos de combustibles y buques de cabotaje, además de las aguas servidas municipales.

Aunque en Colombia el DDT, BHC y lindano fueron prohibidos en 1978, el endrin en 1985 y el aldrin, hepatacloro, dieldrin y clordano en 1988, por medio de la Resolución 010255 de 1993, del Ministerio de Salud que prohibió la importación, producción, comercialización y aplicación de organoclorados. Pero

esta misma resolución autorizó el uso provisional de lindano como parasiticida y DDT para combatir la malaria, hasta disponer de sustitutos. En la actualidad se siguen encontrando estos residuos en el muestreo de aguas. En la época lluviosa de 2009 el 5 % de las estaciones superaron el valor de referencia de 30 ng/L para organoclorados ([EPA, 2008](#)). En el departamento del Chocó en el estero Tribugá (31.3 ng/L), la ensenada de Utría (33 ng/L) y el río Jella (45.7 ng/L) superaron este límite en la costa Pacífica, lo cual obedece a descargas esporádicas y puntuales; igualmente su presencia y tendencia descendente en las concentraciones suponen que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aún se encuentran en el medio, debido a su baja capacidad de degradación. En 2010, se observó un incremento en las concentraciones de organoclorados en Nariño cercanos a los límites permisibles y dando importancia al monitoreo continuo de los plaguicidas en el departamento. En la costa pacífica los niveles de organofosforados se encuentran por debajo del valor de referencia de la [EPA \(2008\)](#) y no representan riesgo para los organismos acuáticos.

Los monitoreos de la REDCAM de 2001 hasta el 2010, muestran que los metales pesados (Cd, Pb y Cr) en la zona costera del Pacífico colombiano no generan mayor impacto ya que las concentraciones han estado por debajo de los valores referenciados como de riesgo por normas internacionales ([EPA, 2008](#); [CONAMA 1986](#)). Sin embargo, este estudio actual no incluye datos de metales en aguas para Valle de Cauca. En los departamentos de Cauca y Chocó, donde existe un marcado desarrollo de actividades como la industria maderera y la existencia de explotación minera que son potenciales fuentes de contaminación, se han medido bajas concentraciones de metales en aguas, inferiores a los valores referenciados como de riesgo para los ecosistemas costeras y aunque los datos del año actual indican un aumento, cabe resaltar que las concentraciones de estos elementos en las aguas costeras de la región han mostrado una tendencia a disminuir desde el 2002 hasta el 2010.

5.1 FUENTES TERRESTRES DE CONTAMINACIÓN DEL PACIFICO

5.1.1 Caso Estudio Zona Costera del Cauca

La salida de campo realizada en mayo de 2010 permitió explorar la zona costera de Guapi y conocer el área de influencia con las visitas de los sitios que aunque no tienen que ver directamente con las estaciones de muestreo de la REDCAM, son importantes porque muestran de forma detallada un panorama de la problemática en términos de la contaminación que viven las poblaciones costeras de esta zona del Pacífico. Adicionalmente, es importante tener en cuenta que lo consignado en este informe, es producto de la revisión bibliográfica y recopilación de información primaria resultado de lo observado en el muestreo.

El Departamento de Cauca está situado en el suroeste del país entre las regiones Andina y Pacífica; localizado entre los 00°58'54'' y 03°19'04'' de latitud norte y los 75°47'36'' y 77°57'05'' de longitud Oeste. Cuenta con una superficie de 29308 km² lo que representa el 2.56 % del territorio nacional. Limita por el Norte con el departamento del Valle del Cauca, por el Este con los departamentos de Tolima, Huila y Caquetá, por el Sur con Nariño y Putumayo y por el Oeste con el océano Pacífico (Martínez, 2010). La región Pacífica caucana comprende los municipios de Guapi (Figura 5.1-1), Timbiquí y López de Micay. El área correspondiente a la Cuenca del Pacífico en el Departamento es de 1030289.5 ha equivalente al 32.89% del área total del departamento (PAT 2007-2009) y se encuentra bañada por los ríos Naya, Micay, Saija, Bubuey, Timbiquí, Guajuí y Guapi que desembocan al océano Pacífico ([Observatorio DDHH, 2010](#)). La cuenca Pacífica caucana a su vez está conformada por el andén plano conocido como llanura selvática del Pacífico, las tierras de montaña de los municipios de Argelia y el ambiente costero o isla oceánica Gorgona.



Figura 5.1-1. Cabecera municipal del municipio de Guapi. Tomada de PGIRS Guapi 2008

En general, sus condiciones ambientales presentan alta temperatura y humedad, con un clima predominantemente cálido súper-húmedo ([Observatorio DDHH, 2010](#)). Al hablar de fuentes terrestres de contaminación, es importante, hacer énfasis en los asentamientos humanos y las actividades productivas de la zona, las cuales generan residuos que son los contaminantes potenciales del ambiente (Figura 5.1.2). En el litoral Pacífico colombiano, como en la zona costera del Cauca en particular, la economía es de subsistencia y las actividades productivas se basan en el enfoque de sistemas productivos. La contaminación producida es principalmente de tipo orgánica, por el inadecuado manejo que la población brinda a los residuos líquidos y sólidos domésticos; así como los residuos de las actividades de minería, empresas de productos pesqueros y la explotación maderera (Tabla 5.1-1) que generan problemas de sedimentación y contaminantes para la inmunización, entre otros ([Garay et al., 2003b](#); [Vivas-Aguas, 2010](#)).

Tabla 5.1-1. Principales fuentes terrestres de contaminación en la zona costera del Cauca. Fuente de información Garay et al, 2003b; Vivas-Aguas, 2010; CRC, 2001 y 2010.

Fuente Contaminante	Tipo de Contaminación	Tributarios Afectados	
Minería (efluentes mineros)	Extracción de Oro	Física (Sólidos suspendidos, sólidos sedimentables). Química (metales)	Ríos Timbiquí, Bubuey, Saija y Micay
Agro (escorrentía por uso del suelo y residuos sólidos)	Cocoteras	Química (nitrógeno, fósforo, pesticidas). Residuos agrícolas (estopa)	Río Saija y Micay
	Extracción y Transformación de Madera (Aserríos)	Física (Sólidos suspendidos, sólidos sedimentables). Residuos forestales (restos de madera, aserrín, retales)	Ríos Guapi, Guajui, Timbiquí, Bubuey, Saija, Micay
	Trapiches (artesanal)	Física (sólidos suspendidos). Orgánica (materia orgánica). Residuos agrícolas (bagazo de caña)	Ríos Saija y Micay
Industria (efluentes y residuos industriales)	Producción de Harina de pescado	Física (sólidos suspendidos). Química (materia orgánica, grasas y aceites)	Estero Chanzará
	Procesamiento Pesquero (limpieza y congelamiento)	Residuos materia orgánica, grasas y aceites	Río Guapi
Instituciones hospitalarios (residuos)	Hospital, Puestos de salud	Física (sólidos suspendidos), Química (materia orgánica). Biológica (virus y bacterias patógenos)	Ríos Micay, Timbiquí y Guapi
Hydrocarburos	Almacenamiento, expendio y venta de Combustible (derrames invisibles)	Química (hidrocarburos, aceites y grasas)	Ríos Guapi, Guajui, Timbiquí, Saija y Micay Río Guapi, Micay, Guajui, Timbiquí
Doméstica (residuos sólidos y aguas residuales domésticas)	Guapi, Temuey, Limones, Joanico, Playa Blanca, Quiroga	Física (sólidos suspendidos). Química (materia orgánica, nitrógeno, fósforo, grasas, metales). Biológica (virus y bacterias patógenos).	Río Guapi
	San Antonio de Guajui, Guare, el Carmelo, Timbiquí, Santa María, San José, Coteje, Chete, San Miguel, Chacón		Río Timbiquí
	Puerto Saija, Camarones, Santa Rosa, San Bernardo, Pete		Río Saija
	San Pablo, Tambor, Boca Grande, Noanamito, López de Micay, San Antonio de Chuare, Zaragoza		Río Micay
	poblaciones de Trinidad Bubuey, San Isidro, Almorzadero		Río Bubuey

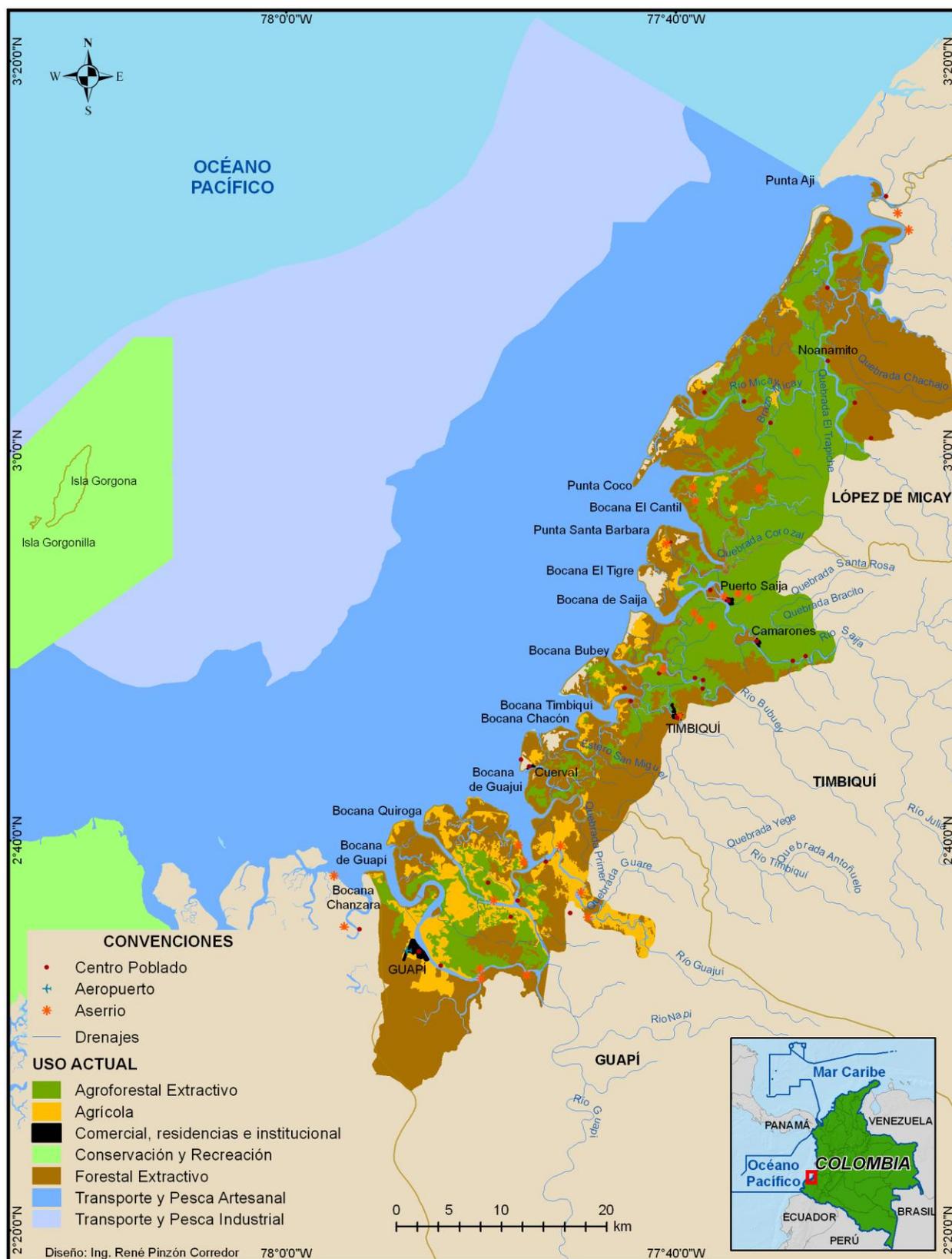


Figura 5.1.2. Mapa de la zona costera de Cauca con las principales actividades productivas, usos de tierra y fuentes terrestres de contaminación. Fuente información: Planes de Manejo UMI Guapi-Iscuandé; UAC-LLAS.

5.1.1.1 Asentamientos humanos – Residuos domésticos

Según el censo de 2005 y las proyecciones a 2010 el departamento del Cauca cuenta con 1318983 habitantes, el 22% afrodescendientes de los cuales el 19% ocupan la región Pacífica caucana distribuidos entre Guapi, Timbiquí y López de Micay. Del total de 70121 habitantes de la región Pacífica caucana, el 81% corresponde a afrodescendientes, el 3% a población indígena, especialmente de la comunidad Eperara Siapidara, y el 16% restante representa a colonos mestizos (Observatorio DDHH, 2010). En los tres municipios que integran la región costera existen 18 Consejos Comunitarios de grupos afrodescendientes y 14 resguardos o cabildos indígenas (Tabla 5.1-2).

Tabla 5.1-2. Población afrocolombiana e indígena en los municipios de región Pacífica caucana comparado con el departamento de Cauca. Tomado de Observatorio Programa Presidencial de Derechos Humanos, 2010 y DANE, 2010

Descripción	Guapi	López	Timbiquí	Región Pacífica caucana	Total Cauca
Población (proyectada a 2010)	29262	19752	21107	70121	1318983
Consejos comunitarios	6	5	7	17	
Cabildo o resguardos indígenas	2	7	5	14	
Indígenas sobre total manifestaron pertenencia a una etnia	0,4%	0,0%	10,4%	3,3%	21,5%
Afrocolombianos sobre total manifestaron pertenencia a una etnia	97,3%	97,9%	86,1%	94,1%	22,2%

El [DANE](#) (2005) reporta que en promedio el 68% de la población de la costa Pacífica caucana (Guapí, Timbiquí y López de Micay), presenta necesidades básicas insatisfechas (NBI), promedio muy superior al nivel del departamento (46.4%), éstas NBI son el reflejo de si las necesidades básicas de la población están cubiertas en términos de indicadores simples como viviendas inadecuadas, viviendas con hacinamiento crítico, viviendas con servicios inadecuados, viviendas con alta dependencia económica, viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela ([DANE, 2010](#)). En el caso de la población urbana, la región presenta necesidades básicas insatisfechas en promedio del 71%, mientras que en la población rural el porcentaje es del 62% ([Observatorio DDHH, 2010](#)).

Los tipos de viviendas en la zona dependen principalmente de la capacidad adquisitiva del propietario. En la zona urbana se encuentran edificaciones construidas de ladrillo, cemento, aluminio, vidrio y cerámica, mientras que en la zona rural el palafito (construido con paredes en esterilla y madera, montada sobre pilotes de mangle o nato, techos de pajas, zinc o eternit) constituye el principal tipo de vivienda (Figura 5.1-3). Por su parte las condiciones sanitarias de las viviendas de los principales municipios costeros del departamento del Cauca son deficientes (Tabla 5.1-3), con base al censo de 1993 se estimó que un porcentaje representativo utiliza como servicio sanitario la letrina, el bajamar o no tiene ningún tipo de servicio sanitario ([Alcaldía Municipal de Guapi, 2008a](#); [INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO/IIAP, 2003](#); [INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO, 2006](#)).



Figura 5.1-3. Tipo de viviendas y asentamientos en la zona costera de Cauca. a) Zona Urbana b) Zona Rural

En materia de servicios públicos los municipios costeros del Cauca presentan deficiencias en su cobertura, Según el Censo de 2005, el 23.14% de los habitantes tienen acueducto y el porcentaje restante realiza sus actividades diarias con el agua recolectada de la lluvia, de quebradas o de ríos (Figura 5.1-4); 19.84% de la población tiene servicio de alcantarillado y en cuanto al servicio de energía eléctrica solo el 45.41% ([Gamarra, 2007](#)).

Tabla 5.1-3. Servicios sanitarios en los principales municipios costeros del departamento del Cauca.

Municipio	Inodoro	Letrina	Bajamar	No tiene
Guapi	41.26%	5.04%	3.84%	8.89%
López	20.90%	2.17%	22.91%	25.08%
Timbiquí	15.30%	1.76%	10.93%	12.69%
Zona Costera Cauca	51.87%	3.53%	15.54%	19.06%

Fuente: DANE con base en la información del Censo de 1993. Tomado de INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO, 2006

En el municipio de Guapi el servicio de agua potable es escaso, a pesar de que cuentan con la infraestructura y un sistema convencional de conducción, aireación, floculación, sedimentación, cloración, tanque de almacenamiento y tanque elevado; el agua captada en muchas ocasiones se bombea y distribuye directamente a las viviendas sólo pasando el agua durante la aducción por un tanque desarenador ([Alcaldía Municipal de Guapi, 2008a](#)).



Figura 5.1-4. Actividades domésticas, residuos líquidos y fuentes de contaminación por asentamientos humanos

No obstante, con el fin de proporcionar agua potable a la población de Guapi, se está adelantando un proceso de recuperación y control del servicio con el apoyo del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. En la actualidad hay dos pozos profundos como fuentes de abastecimiento que en promedio generan 35 l/s. Con respecto al servicio de alcantarillado (Figura 5.1-3), el casco urbano de Guapi tiene cubierto el 30% (Tabla 5.1-4), y el 70% restante dispone sus residuos directamente en caños, zanjas, espacios abiertos, quebradas y ríos ([Alcaldía Municipal de Guapi, 2008a](#)).

Tabla 5.1-4. Características de los Servicios públicos de los municipios costeros del Cauca. * = Urbana; ** = Rural

Municipio		Guapi	López de Micay	Timbiquí
Acueducto	Planta de tratamiento	1	-	1
	Cobertura (%)	46 *	22 **	29,5
Alcantarillado	Cobertura (%)	30 *	30	15,7
	Tratamiento de ARD	No tiene	No tiene	No tiene
Aseo	Cobertura (%)	85	-	No tiene Servicio de Aseo
	Recolección Estimada	234.44 ton/mes	14.88 t/mes	-

Fuente: INVEMAR, CRC, CORPONARIÑO, IIAP. 2003; Alcaldía Municipal de López de Micay, 2003; Alcaldía Municipal de López de Micay, 2005; Gamarra, 2007.



Figura 5.1-5. Disposición inadecuada de aguas residuales domésticas en el municipio de Guapi - Cauca

La recolección y disposición final de los residuos sólidos en la zona costera del departamento del Cauca se realiza generalmente, de forma inadecuada en botaderos a cielo abierto y en enterramientos (Tabla 5.1-5), debido a que ninguno de los municipios de este litoral posee relleno sanitario. Para el año 2006 se documentó que en Guapi el 57,6% y en Timbiquí el 45% de la población arrojaban los desechos al río, sobre terrenos abandonados, áreas residenciales o los quemaban ([INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO, 2006](#)); pero en la actualidad el municipio de Guapi cuenta con un sistema de transporte y disposición final de residuos sólidos más organizado (Figura 5.1-7), con una frecuencia de recolección de tres veces por semana, los cuales se almacenan temporalmente y se transportan por vía fluvial hacia la vereda de Temuey en donde son dispuestos en un botadero a cielo abierto ([Alcaldía Municipal de Guapi - Cauca, 2008a](#)).

Tabla 5.1-5 Situación de la disposición final de residuos sólidos (t/día) en departamento del Cauca. Fuente SSPD, 2009

Departamento	Sistema	Municipios	Producción (t/día)	Sitios
Cauca	Botadero	27	68,55	25
	Relleno sanitario	10	279,3	6
	Enterramiento	3	1,5	3
Total Cauca		40	349,35	34

Se estima que la producción total de residuos sólidos en el municipio de Guapi para el año 2008 fue de 234.44 t/mes, de las cuales 167.37 t/mes fueron de origen doméstico; a pesar de que el municipio cuenta con un botadero a cielo abierto en Temuey, por dificultades en la recolección, es frecuente encontrar muchos sitios diferentes al botadero con basura acumulada ([INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO/IIAP,](#)

2003; [INVMAR/CRC/CORPONARIÑO, 2006](#); [Alcaldía Municipal de Guapi, 2008b](#)). No obstante, es importante destacar que, muchos de estos residuos son utilizados como relleno de lotes para la construcción de viviendas (Figura 5.1-6).



Figura 5.1-6. Disposición inadecuada de residuos sólidos en el municipio de Guapi - Cauca. Foto: PGIRS, 2008



Figura 5.1-7. Proceso de recolección y disposición final actual de residuos sólidos del municipio de Guapi en el botadero de Temuey- Cauca. Foto: PGIRS, 2008

5.1.1.2 Actividades productivas y socioeconómicas

Agricultura

En la zona Costera del departamento del Cauca los cultivos permanentes de mayor producción corresponden a caña biche (23,17%), plátano (19,07%), coco (17,93%) y Palma de Naidí (utilizado para la elaboración del palmito; Alcaldía Guapi, 2008b), donde se destaca la participación de especies tradicionales como la papa china (10,60%) y el chontaduro (8,25%). El coco es el cultivo más importante en términos de extensión, los rendimientos obtenidos para Guapi fueron de 6000 kg/ha en 1999, estando por encima del rendimiento departamental de 5380 kg/ha ([INVEVAR/CRC/CORPONARIÑO/IIAP, 2003](#); [Alcaldía Municipal de Guapi, 2008b](#)). No obstante, los sistemas tradicionales de producción de esta zona se caracterizan por ser principalmente extractivos, y por la utilización de fertilizantes o plaguicidas en las áreas de cultivo (Figura 5.1-8; [INVEVAR/CRC/CORPONARIÑO, 2006](#)).

Además del aporte en términos de agroquímicos por los cultivos tradicionales, los cultivos ilícitos juegan también un papel importante en la adición de plaguicidas e hidrocarburos al suelo, y en la generación de residuos de sustancias tóxicas como la acetona, gasolina y ACPM (resultantes de la producción de alcaloides), que son arrojados indiscriminadamente a los cuerpos de agua ([INVEVAR/CRC/CORPONARIÑO, 2006](#)).

En los últimos años la actividad agrícola ha mostrado un descenso en términos de rendimiento productivo y económico, debido básicamente a la falta de asistencia técnica, a la alta competitividad en los mercados y a la aparición de los cultivos ilícitos; pero con el objeto de impulsar nuevamente el desarrollo agrícola en la zona, se está adelantando un proyecto con el Consejo Comunitario de Guapi para la siembra de 15000 hectáreas de palma de aceite (Figura 5.1-8), que actualmente se encuentra en funcionamiento la primera etapa con la siembra de 700 hectáreas ([Alcaldía Municipal de Guapi, 2008a](#)).



Figura 5.1-8. Cultivos de plátano y de palma en la zona. Fotos CRC sede Guapi

Pesca

La actividad pesquera en el Cauca se desarrolla principalmente en Bocagrande, municipio de López de Micay, donde se registraron para el 2006 volúmenes de captura promedio de 64 – 70 t/mes de diversas especies como el tiburón, atún, dorado y pez vela ([INVEVAR/CRC/CORPONARIÑO, 2006](#)). En Guapi se realiza la pesca industrial, con embarcaciones de sistemas mecánicos e instalaciones a bordo para la conservación del pescado. En el caso de la captura de crustáceos y moluscos por lo general son para

autoconsumo, aunque en algunas ocasiones permite unos excedentes para la comercialización ([Alcaldía Municipal de Guapi – Cauca, 2008b](#)). Las principales especies comerciales son pargo, corvina, cherna, tiburón, bagre, sierra, pelada, toyo, dorado, camarón langostino, camarón nacional y camarón tigre; la pesca camaronera por su parte, es considerada por habitantes de Guapi, una de las actividades más atractivas, debido a los bajos costos de inversión y la mayor rentabilidad que se obtiene ([INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO/IIAP, 2003](#)).

Actividad Industrial

Las principales actividades relacionadas con el sector industrial, son la actividad minera, maderera y una fábrica dedicada a la producción de harina de pescado, las cuales realizan vertimientos de agua con altas temperaturas en el estero Chanzará cerca a Guapi contribuyen al incremento del material orgánico, favoreciendo el incremento de nutrientes, sólidos en suspensión y la proliferación de microorganismos ([INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO, 2006](#); [Troncoso et al., 2009](#)). En Guapi, existen siete comercializadoras de productos pesqueros, que según los registros entregados por las mismas empresas obtuvieron una producción de 43.7 t de pescado grueso, 11.5 t de langostino de exportación, 4.1 t de langostino nacional, 34.4 t de camarón titi y 2.4 t de camarón tigre en el 2007 ([Alcaldía Municipal de Guapi – Cauca, 2008a](#)).

En el Cauca la minería se realiza con pequeñas actividades de mazamorreo en los cauces de los ríos Guapi, Guajui, Timbiquí y Micay; para la extracción de oro y platino de aluvión ([INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO, 2006](#)). Los sistemas de explotación utilizados son la mina de oro regada (donde se recoge las arenas de las playas y quebradas y se lavan a batea), mina de oro corrido (utilizan los sistemas socavón, hoyadero, zambullidero) y la explotación aurífera con retroexcavadora ([INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO/IIAP, 2003](#); [Alcaldía Municipal de Guapi – Cauca, 2008b](#)).

Las principales consecuencias derivadas de la actividad minera son la contaminación por metales pesados como el mercurio utilizado para el proceso de extracción del oro, lo cual tiene un impacto fuerte en la pesca de la zona ([INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO, 2006](#)). En Guapi, por ejemplo se lleva a cabo la pequeña y mediana minería, que genera contaminación a fuentes hídricas con mercurio y aceites usados ([INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO/IIAP, 2003](#)). En este municipio se realiza principalmente la explotación minera de oro, cobre, carbón y metales básicos en las zonas del río Napi en los corregimientos de Chuare, Calle Larga, San Agustín, Belén, Soledad y el río Guapi ([Alcaldía Municipal de Guapi – Cauca, 2008b](#)).

Con relación a la explotación maderera, entre los años 1996 y 1997 se otorgaron permisos en el Cauca para la explotación del 17% de las áreas forestales y como consecuencia de ello en 1996 se movilizaron alrededor de 9171m³ de madera en Guapi. Los principales aserríos de la zona se localizan en la vereda San Fernando y Bocagrande en el municipio López de Micay (Figura 5.1-9). Los residuos sólidos generados como el aserrín, las cortezas de trozas y los desechos provenientes de la inmunización (solución de cobre y cianuro) son arrojados al río, causando acumulación de estos residuos en las playas y bocanas cercanas a los aserríos ([INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO/IIAP, 2003](#); [INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO, 2006](#)). Según el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Guapi aún existen áreas potenciales de bosques para utilizar a corto, medio y largo plazo, enmarcados en un aprovechamiento racional y sostenible del recurso forestal; ya que a la fecha cerca del 70% de los bosques comerciales no han sido aprovechados en el municipio, porcentaje que puede aumentar debido a la dinámica de regeneración natural de algunas especies; pero la falta de instalaciones adecuadas reduce la eficiencia en el proceso de obtención de la madera ([Alcaldía Municipal de Guapi – Cauca, 2008b](#)).



Figura 5.1-9 Aserríos para el procesamiento de madera en la zona costera del Cauca. Fotos CRC sede Guapi

Actividad turística

El Cauca en general carece de infraestructura para el desarrollo de la actividad turística ([Tejada et al., 2003](#)), sólo Isla Gorgona cuenta con instalaciones adecuadas para el sostenimiento del turismo (Figura 5.1-10). En el plan de manejo ambiental del año 2010 de Isla Gorgona, se establecen 4 programas enfocados al manejo sostenible de la Isla, en donde se incluyen el manejo del recurso hídrico, de residuos sólidos, consumo energético y sensibilización ambiental ([Concesión Unión Temporal Gorgona, 2010](#)). Para el manejo de los residuos sólidos la estrategia principal es su clasificación y su posterior tratamiento de acuerdo al tipo de residuo. Los residuos orgánicos de la isla son enterrados bajo condiciones técnicas adecuadas, los inorgánicos son almacenados temporalmente para luego ser llevados al relleno sanitario ubicado en Buenaventura; y los residuos reciclables son entregados a una cooperativa que se encarga de su adecuado manejo en Buenaventura. Para el manejo eficiente del recurso hídrico la isla realiza con frecuencia mantenimientos en los sistemas de captación del agua potable, revisión de la red de conducción y análisis fisicoquímicos en dos temporadas altas del año. El manejo de aguas residuales en la isla se realiza a través de biofiltros y tratamientos complementarios como trampas de grasa ([Alcaldía Municipal de Guapi-Cauca, 2008b](#); [Concesión Unión Temporal Gorgona, 2010](#)).



Figura 5.1-10. Desarrollo de la actividad turística en Cauca. Instalaciones en Isla Gorgona. Foto: salida de campo REDCAM 2010

Otras actividades

En el sector pecuario las principales actividades corresponden a la cría y levante de gallinas y gallos de patio, pollo de engorde, cría de cerdos y explotación bovina. Actividades que se realizan de forma empírica y sin ningún tipo de tecnificación (Figura 5.1-11; Alcaldía Municipal de Guapi - Cauca, 2008a). La cacería es otra de las actividades practicadas, a través de la cual la población obtiene ingresos, pero el destino principal del producto es el autoconsumo o el mercado local donde las principales especies capturadas son conejo, tatabra, zaino y guatín ([INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO/IIAP, 2003](#); [INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO, 2006](#)).



Figura 5.1-11. A) Sacrificio de ganado en matadero del municipio de Guapi. B) producto de la cacería para venta informal. Fotografías CRC sede Guapi

Las diversas actividades comerciales en Guapi se concentran en pequeños almacenes que satisfacen las necesidades básicas de la población (Figura 5.1-12), las cuales constituye una fuente de ingreso para el sector rural y el urbano; siendo los principales establecimiento la plaza de mercado, algunos almacenes, tiendas, droguerías, supermercados, billares, estaderos, restaurantes, compraventas, licorerías, gasolineras

(venta informal de combustible; Figura 5.1-12b), talleres de bicicletas y motos ([Alcaldía Municipal de Guapi - Cauca, 2008a](#)).



Figura 5.1-12. Diversas actividades productivas que realiza la población de los asentamientos humanos de la zona costera del Cauca.

Diagnóstico Departamentos del Pacífico

Chocó



Ensenada de Utría

5.2 CHOCÓ

La calidad de las aguas marino costeras del departamento de Chocó (Pacífico) se encuentran influenciada por los ríos que desembocan en litoral, los cuales realizan grandes aportes de sólidos suspendidos, nutrientes inorgánicos y coliformes totales y termotolerantes debido en parte a las descargas de aguas servidas sin tratamiento que realizan las poblaciones ribereñas. En el muestreo de la época de lluvias de 2009 la estación de playa Esso no fue apta para realizar actividades de contacto primario y secundario. Las concentraciones de hidrocarburos no sobrepasaron el valor de la norma internacional, aunque se siguen encontrando por su persistencia, especialmente en la playa Esso relacionado con las actividades marítimas y venta de combustibles. Pero las concentraciones de plaguicidas superaron el límite recomendado de 30 ng/L en las estaciones de estero Tribugá y la ensenada de Utría, generando un riesgo al ambiente.

5.2.1 Área de estudio

El Departamento del Chocó está situado al occidente del país, en la región Pacífica chocoana, entre los 04° 05' y 08°40' de latitud norte y los 75° 50' y 77° 55' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 46530 km² que tiene clima cálido en un 92%, templado en 6.4% y el resto entre frío y muy frío ([IGAC, 2008](#)). Los principales ríos son Atrato, San Juan, Baudó y Sipí; además existen otros con influencia sobre la zona costera, entre los que se puede mencionar el río Nuquí, quebrada Chicolatal y el río Valle. La red de 19 estaciones de muestreo comprenden la extensión central del departamento donde es fácil el acceso, que incluye Bahía Solano hasta el río Nuquí, en el sur las estaciones del río San Juan que lo muestrea CVC y las estaciones de las playas en el Chocó Caribe que en la actualidad no se miden (Figura 5.2.1).

5.2.2 Variables fisicoquímicas

5.2.2.1 In situ

Las condiciones del aguas costera en las estaciones de muestreo del Chocó presentan características estuarinas por los promedios de salinidad de 19.7 ± 11.0 y por las concentraciones fluctuantes de los nutrientes inorgánicos disueltos ([Tejada et al., 2003](#)). En los ríos la salinidad ha oscilado entre 0 – 9.1 debido a la influencia de las mareas fuertes que se presentan en el Pacífico ([Castro et al., 2001](#); [Garay et al., 2006](#); [Troncoso et al., 2007](#)). Las aguas costeras y de los ríos han presentado valores de oxígeno disuelto y pH dentro del límite de calidad permisible para la conservación de flora y fauna según la legislación colombiana (>4.0 mg/L y 4.5 – 9.0, respectivamente; [Minsalud, 1984](#)). En el último período, los valores de oxígeno disuelto oscilaron en un rango de 4.51-7.45 mg/L. La temperatura promedio del agua fue de 27.6 °C igual a los promedios de la NOAA para la cuenca del Pacífico colombiano que presentan un rango mínimo de temperatura de 26 a 27.5 °C, de febrero a marzo y de septiembre a octubre ([CCCCP, 2001](#)).

5.2.2.2 Nutrientes y Sólidos

Históricamente, la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en los ríos presenta un promedio de 106.0±241.5 mg/L. Para el período de lluvias 2009 y seco de 2010 fluctuaron entre 3.6 – 134.0 mg/L con un valor atípicamente alto de 1686 mg/L en el río Nuquí, medido durante en la época seca de 2010, quizás porque para esta época se registran las primeras precipitaciones en la zona, que puede generar el aumento en sus caudales y aumentar el arrastre de suelos y resuspensión de sedimentos ([FEN, 1993](#); [Martínez et al., 2001](#); [IDEAM, 2010](#)).

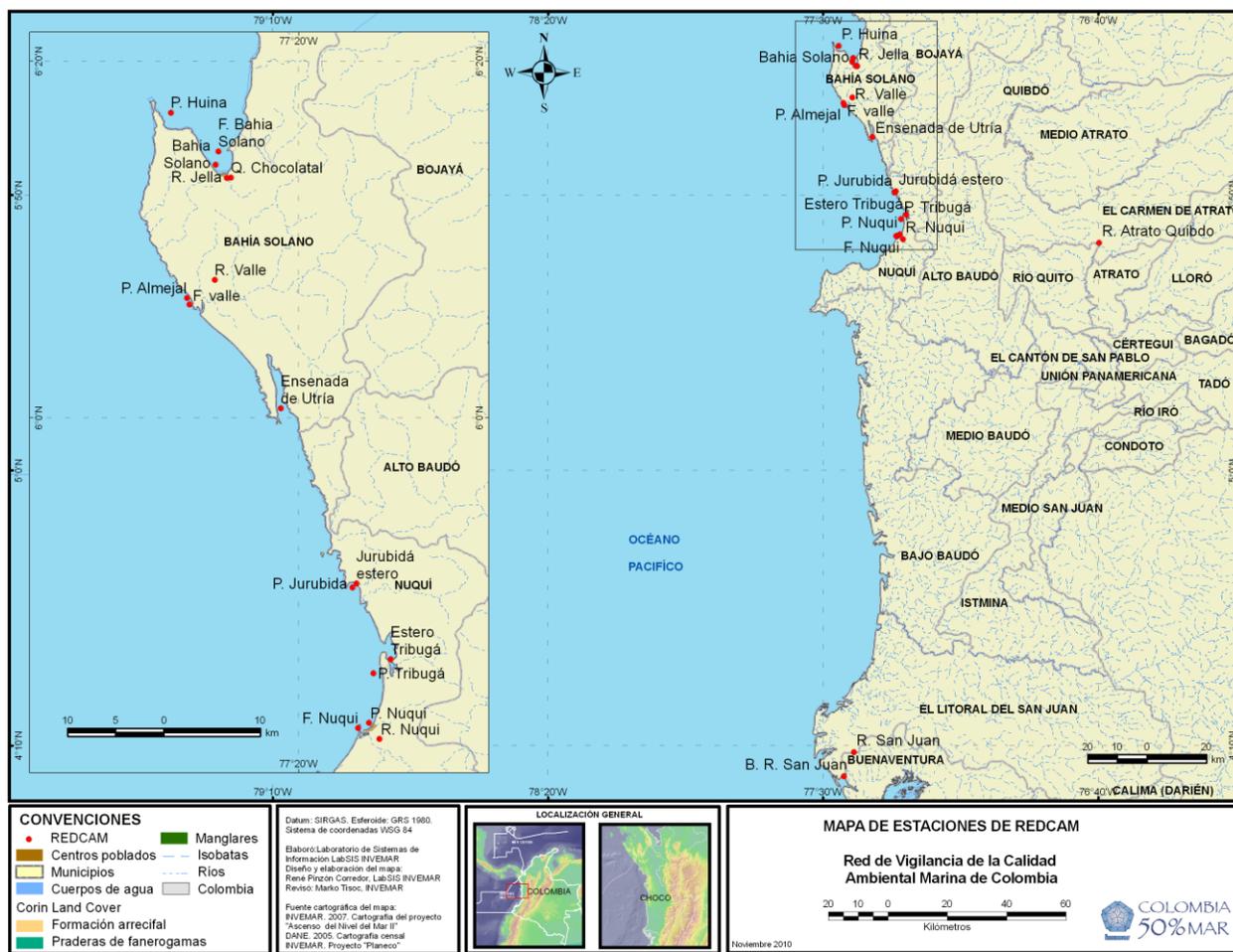


Figura 5.2.1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento del Chocó.

En los tributarios las concentraciones de nitritos fluctuaron entre 1.5 – 3.0 $\mu\text{g/L N-NO}_2$, las de nitratos entre 25.7 – 105.1 $\mu\text{g/L N-NO}_3$ en adición de unos valores extremos en el río San Juan (2506.1 y 0.1 $\mu\text{g/L N-NO}_3$), el amonio osciló entre 7.0 – 92.3 $\mu\text{g/L N-NH}_4$ con valores más altos en los ríos San Juan (800 y 1520 $\mu\text{g/L N-NH}_4$) y Jella (367.2 y 227.7 $\mu\text{g/L N-NH}_4$) (Figura 5.2.2): Los fosfatos generalmente estuvieron más altos en la época de lluvia en la mayoría de estaciones con un rango entre 24.5 – 81.2 $\mu\text{g/L P-PO}_4^{3-}$ con excepción del río Jella que alcanzó 242.6 $\mu\text{g/L P-PO}_4^{3-}$ (Figura 5.2.3). Los silicatos por otro lado, oscilaron entre 79.33 – 15317.0 $\mu\text{g/L Si}$. Los valores de nutrientes generalmente se encuentran dentro del rango registrado para el departamento y pueden ser consecuencia de los vertidos de aguas servidas de las poblaciones ribereñas de Bahía Solano y Nuquí y al lavado de los suelos de los cultivos agrícolas a lo largo de sus cuencas.

La concentración histórica de SST en las aguas marino-costeras tiene un promedio de 44.2 ± 80.8 mg/L en las aguas estuarinas 25.7 ± 30.5 mg/L y en las aguas marinas. En el último periodo de muestreo 2009 - 2010 los valores de SST estuvieron dentro del promedio histórico del departamento (22.89 – 86.63 mg/L), presentando un valor extremadamente alto de (1686 mg/L) en la estación frente al río Nuquí (Figura 5.2.4) especialmente, en época seca donde se registran las primeras precipitaciones de la región (FEN, 1993; IDEAM, 2010), este valor es comparable con las concentraciones de ríos contaminados del mundo (Meybeck, 1982).

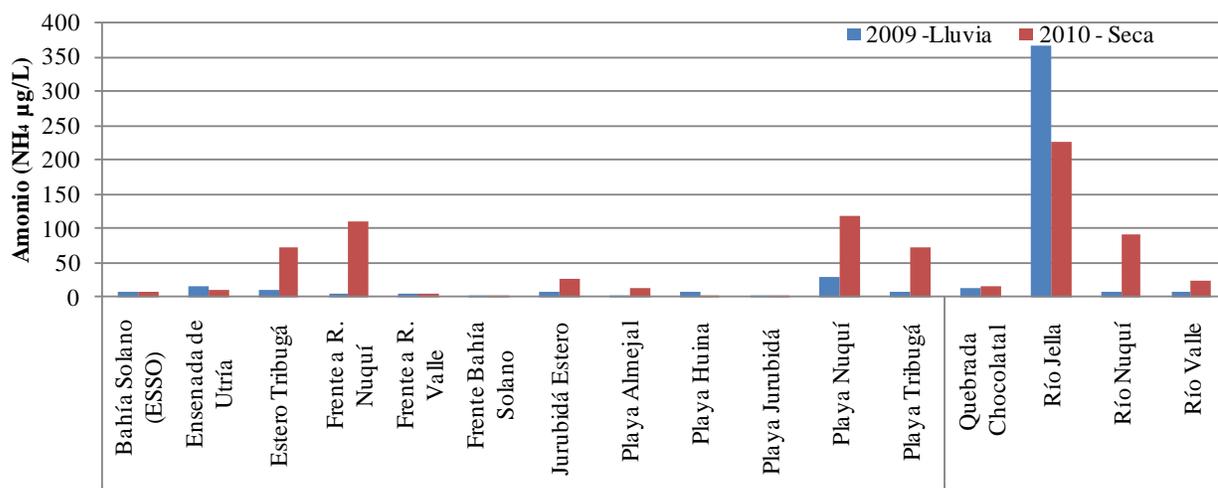


Figura 5.2.2. Concentraciones de amonio (N-NH₄) medidas en aguas superficiales del Chocó en la época lluviosa de 2009 y la seca de 2010.

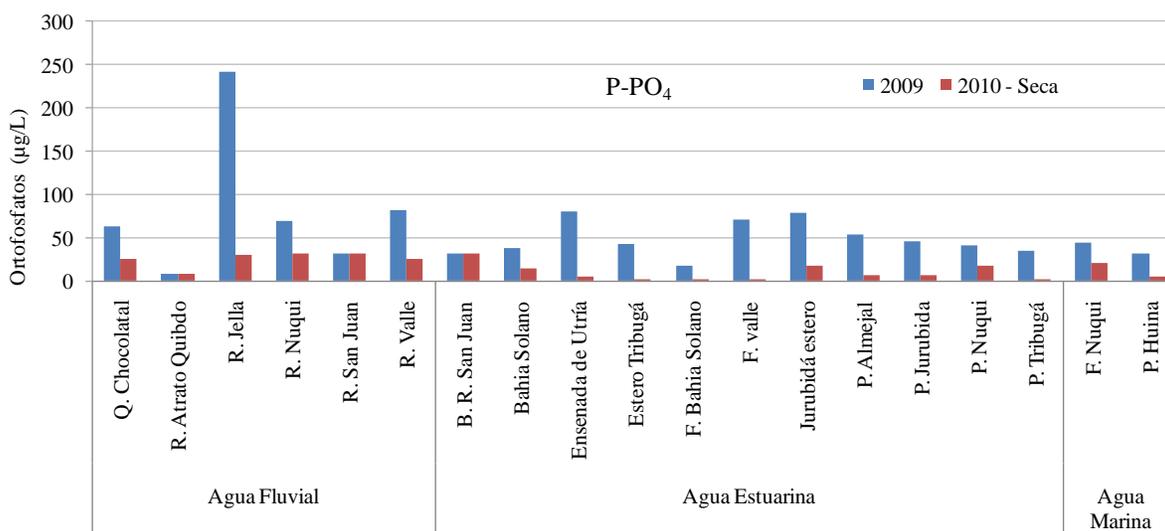


Figura 5.2.3. Concentraciones de fosfatos (P-PO₄) medidas en aguas superficiales de Chocó en época lluviosa de 2009 y seca de 2010.

A lo largo del proyecto, las aguas marino-costeras han presentado concentraciones promedio de nitritos de $2.8 \pm 3.3 \mu\text{g/L N-NO}_2$, de nitratos de $58.9 \pm 136.7 \mu\text{g/L N-NO}_3$, amonio de $44.7 \pm 127.6 \mu\text{g/L N-NH}_4$, fosfatos de $22.7 \pm 21.3 \mu\text{g/L P-PO}_4^{3-}$ y silicatos de $2328.6 \pm 3069.2 \mu\text{g/L Si}$. Durante el periodo seco de 2010 las concentraciones más altas de amonio, se presentaron frente al río Nuquí ($111.3 \mu\text{g/L}$), en las playas de Nuquí ($118.8 \mu\text{g/L}$) y Tribugá ($72.7 \mu\text{g/L}$) y en el estero Tribugá ($71.9 \mu\text{g/L}$), estas estaciones sobrepasaron el promedio histórico del departamento ($8.87 - 142.64 \mu\text{g/L}$). En cuanto al fosfato, las estaciones de Ensenada de Utría, frente al río Valle, Jurubidá Estero, playa Jurubidá y playa Almejal mostraron concentraciones superiores al promedio histórico del departamento ($21.8 \pm 20.1 \mu\text{g/L P-PO}_4^{3-}$). Lo anterior se debe a la influencia del río Nuquí y otras quebradas que lavan los suelos arrastrando estos nutrientes, se traduce en aumento de nitrógeno debido a la mineralización de la materia orgánica que por

procesos fisicoquímicos liberan amonio en la degradación del sedimento, adicionalmente por el vertimiento de aguas servidas sin tratamiento, arrastre de fertilizantes usados en las zonas agrícolas, ([Martínez et al., 2001](#)).

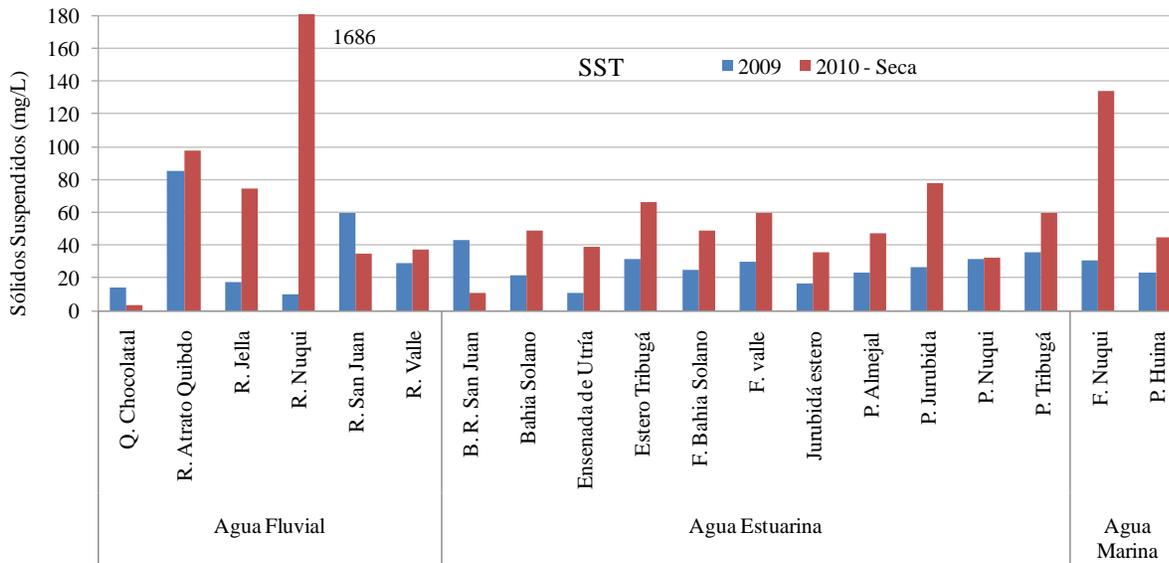


Figura 5.2.4. Concentraciones de sólidos suspendidos medidos en aguas superficiales del Chocó en la época de lluvias de 2009 y época seca de 2010.

5.2.3 Contaminación Microbiológica

Los ríos son los que realizan los principales aportes de contaminación microbiológica a la zona costera, en términos de Coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE), con promedios de 22697 NMP/100 mL y 12459 NMP/100 mL, respectivamente; y en el periodo lluvioso se han encontrado las mayores concentraciones de estos microorganismos (FEN, 1993; IDEAM, 2001), probablemente porque los microorganismos se acumulan en los sedimentos y son arrastrados por los ríos ([Noble et al., 2003](#)). Entre el período de lluvias de 2009 y el seco de 2010 todos los ríos sobrepasaron el límite establecido en la normatividad colombiana de 5000 NMP/100 ml para aguas destinadas a actividades de contacto secundario ([Minsalud, 1984](#)); y los ríos Jella (540000 NMP/100 mL), Nuquí (92000 NMP/100 mL) y San Juan (66000 NMP/100 mL) con las mayores concentraciones producto de las descargas de aguas servidas de las poblaciones de Bahía Solano, Nuquí y el Valle (Figura 5.2.5).

El diagnóstico de la calidad de las playas mostró que el último período solo playa ESSO sobrepasó el límite (Figura 5.2.6) para aguas de contacto primario como base los lineamientos de la legislación colombiana (CTE < 200 NMP /100 ml) y de la Organización Mundial de la Salud [OMS 2003](#) (Enterococos < 40 UFC /100 ml) para aguas de recreativas, debido posiblemente a la influencia del río Jella y el municipio de Bahía Solano que aportan concentraciones elevadas de estos microorganismos mientras que para el primer semestre de 2010 todas las playas del departamento estuvieron aptas para la recreación, natación y los deportes náuticos ([Minsalud, 1984](#)).

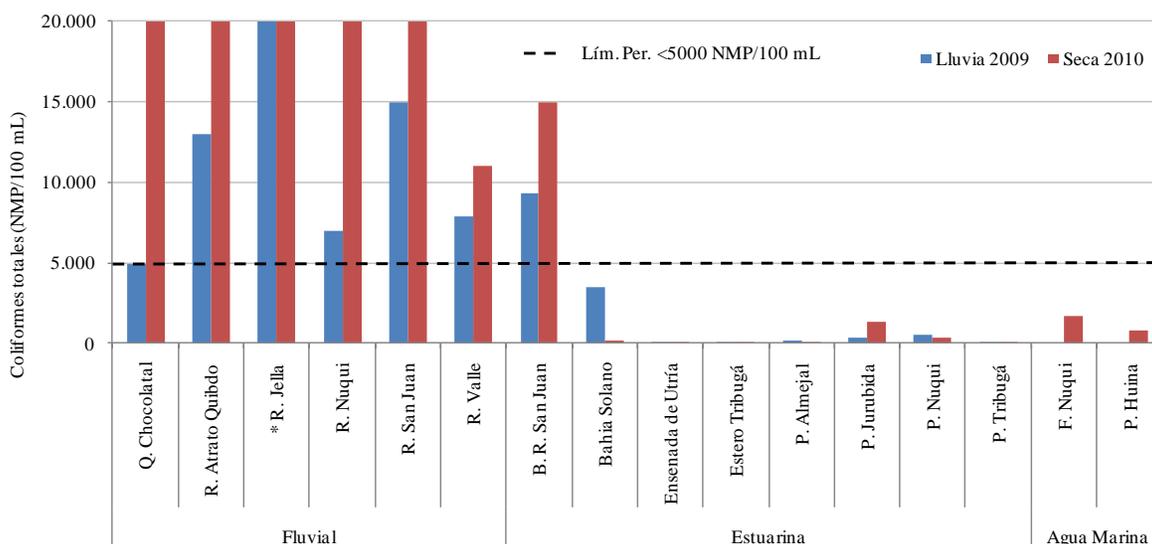


Figura 5.2.5. Concentración de Coliformes totales medidos en aguas superficiales de Chocó en época de lluvias de 2009 y seca de 2010. La línea indica el límite de 5000 NMP/100 mL para actividades de contacto secundario (Minsalud, 1984)

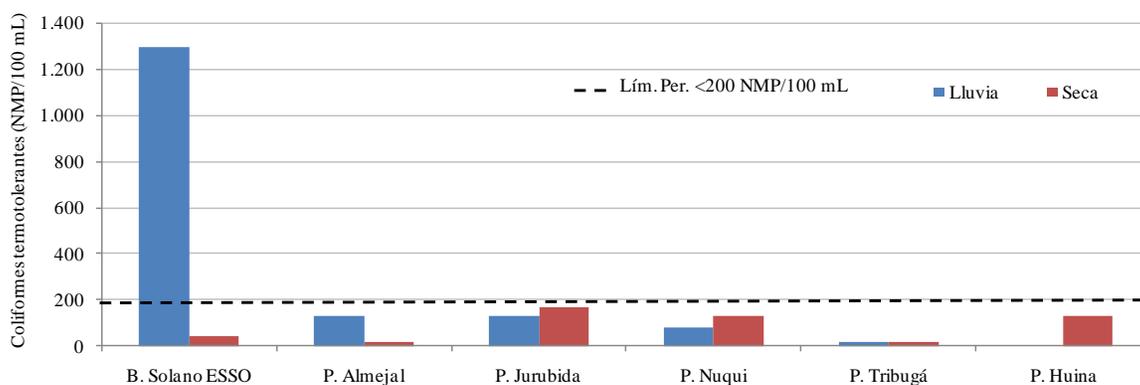


Figura 5.2.6. Concentración de Coliformes termotolerantes medidos en aguas superficiales de las playas de Chocó en época de lluvias de 2009 y seca de 2010. La línea indica el límite permisible de 200 NMP/100 mL para actividades de contacto primario (Minsalud, 1984)

5.2.4 Hidrocarburos y Plaguicidas

Las concentraciones promedio de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) más altas se presentaron durante la época seca de 2001 y 2009 (4.01 y de 3,94 µg/L, respectivamente) y en época de lluvias de 2003 (3.13 µg/L; Figura 5.2.7). Este aumento en los promedios se dio por las estaciones de Bahía Solano - Esso (época seca de 2001) y frente a Bahía Solano (época lluviosa de 2003) con valores de 13.88 y 13.94 µg/L, que superaron el valor máximo permisible para aguas marinas y costeras no contaminadas de 10 µg/L propuesto por la [UNESCO, 1984](#) y [Atwood et al., 1988](#). Estos valores posiblemente se deben a la actividad portuaria, transporte marítimo y expendios de gasolina de la zona. No obstante, hay sitios donde aún se reportan los valores altos como en los ríos Jella, Valle, Nuquí y San Juan que cruzan poblaciones importantes, porque son éstos la principal forma de comunicación y vía de transporte de la región, con ello las actividades relacionadas como la venta de combustible o reparación de las embarcaciones sobre el ríos.

En época de lluvias de 2009 y seca de 2010 las estaciones de Bahía Solano Esso, frente al río Valle, Quebrada Chocotalal y los ríos Jella, Valle y Nuquí por encontrarse cerca a estaciones de combustibles, atracadero de buques o por ser el medio de transporte de motonaves y lanchas, presentaron las concentraciones más altas de HDD con rango entre 0.21 - 2.17 $\mu\text{g/L}$, pero estos valores son muy inferiores y no sobrepasan el límite internacional, sin embargo su presencia manifiesta que existe un riesgo en esta zona.

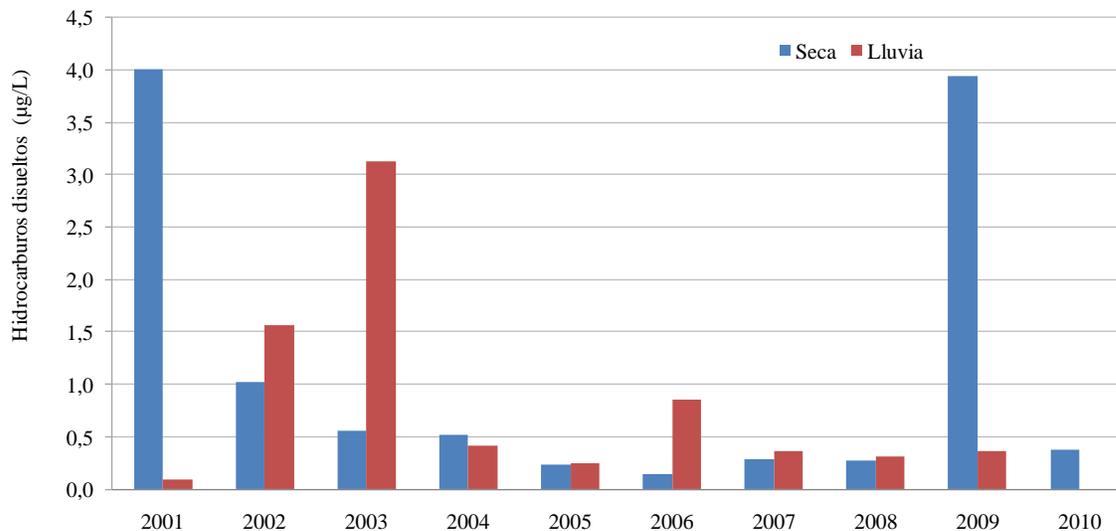


Figura 5.2.7. Concentraciones promedio de HDD medidos en aguas del Departamento del Choco en el período 2001-2010.

La concentración histórica promedio de organoclorados (OCT) en el departamento es de 11.07 ± 28.25 ng/L, y ha presentado los valores más significativos en las épocas de lluvia (Figura 5.2.8), a excepción de los años 2001 y 2009. Para la época de lluvias de 2009 las estaciones de estero Tribugá (31.3 ng/L) y la ensenada de Utría (33 ng/L) superaron el límite de 30 ng/L establecido como referencia para aguas no contaminadas según la [EPA \(2008\)](#), y en la época seca de 2010 fue el estero Jurubidá (45.7 ng/L) que sobrepasó, debido a la influencia de las quebradas que desembocan en esta zona, las cuales pueden estar drenando compuestos que fueron aplicados anteriormente y que aún permanecen en el medio (principalmente metabolitos del DDT), por el uso en cultivos ilícitos o la inmunización de la madera.

En Bahía Solano entre 1992 y 1995 el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP), realizó estudios e organoclorados en organismos y sedimentos, encontrando concentraciones bajas ([Casanova, 1996](#)). Durante el monitoreo de la REDCAM 2001 – 2010 se han registrado los máximos valores (Figura 5.2.9) especialmente en los ríos Valle (35.8 ng/L en 2002), Nuquí (27.0 ng/L en 2005), la quebrada Chocotalal (26.4 ng/L en 2002), estero Tribugá (31.3 ng/L en 2009), y la ensenada de Utría (33.0 ng/L en 2009) con la mayor proporción en residuos organoclorados de metabolitos del DDT, DDD y DDE, la introducción de estos contaminantes al medio originada posiblemente por otras actividades diferentes a la agricultura y se manifiestan de forma puntual en el transcurso del tiempo ([Troncoso et. al., 2009](#)).

A partir de 2009 se inició dentro del monitoreo REDCAM el análisis de un nuevo grupo de 9 moléculas de plaguicidas de uso actual, entre las cuales están el Diuron, Diazinon, Clorotalonil, Metil Paration, Bromacil, Clorpirifos, fenaminfos, Cis y Trans-Permetrina. En 2009 y 2010 las concentraciones de estas nuevas moléculas se encontraron por debajo del valor de referencia según la [EPA \(2008\)](#) y no representan riesgo para los organismos acuáticos.

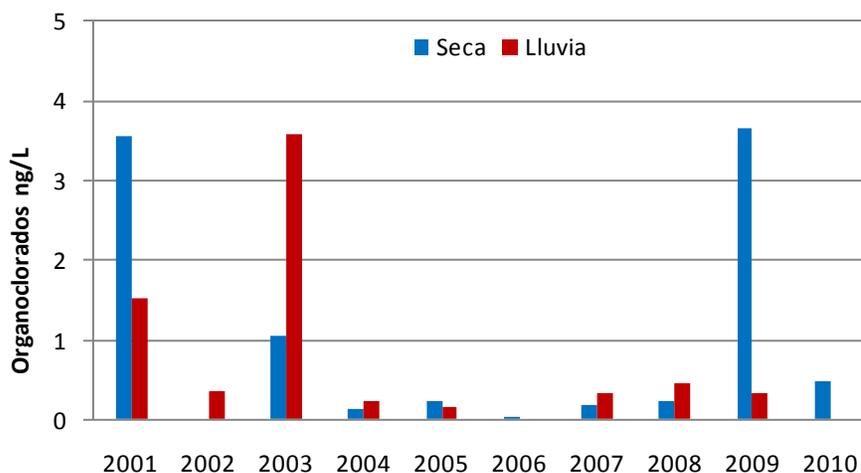


Figura 5.2.8. Concentraciones promedio de plaguicidas organoclorados (OC), medidos en aguas del Chocó.

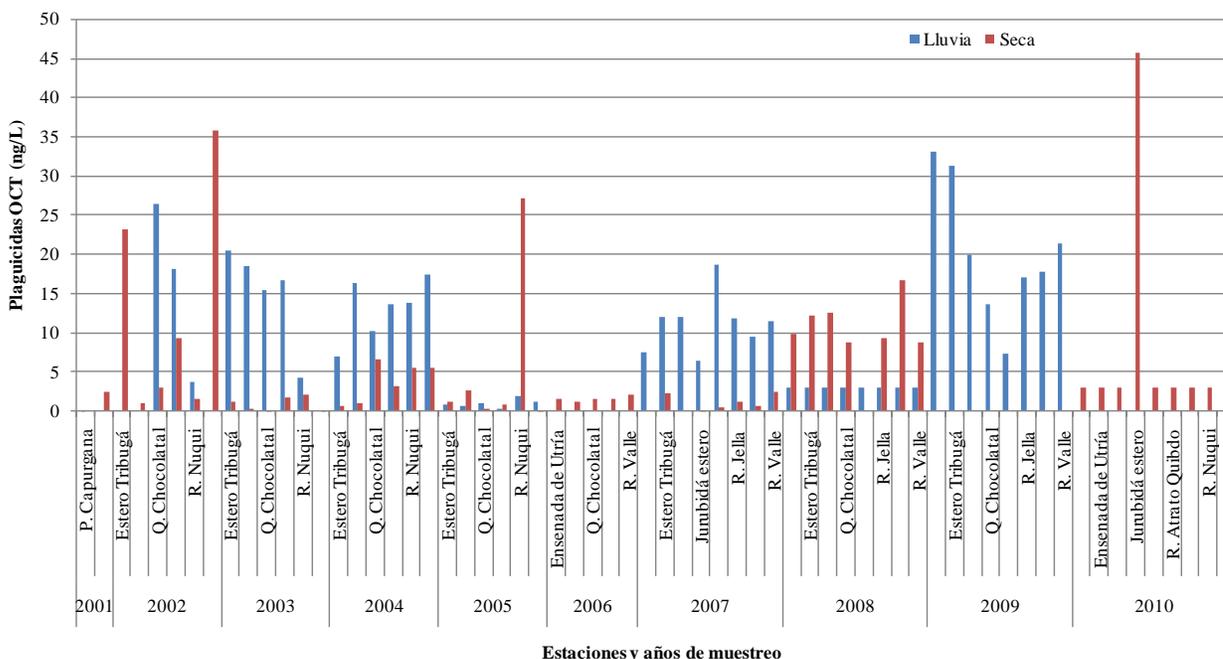


Figura 5.2.9. Concentraciones máximas de plaguicidas organoclorados OC medidas en aguas del Chocó en el período 2001-2010.

5.2.5 Metales pesados

Los resultados obtenidos a partir del proyecto REDCAM constituyen el primer acercamiento en las concentraciones de metales pesados medidas en aguas del Chocó. El comportamiento del Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Cromo durante la época de lluvias del 2009 mostraron en general que las concentraciones estuvieron muy por debajo de los límites de riesgo establecidos internacionalmente. En este último periodo de muestreo la mayores concentraciones cadmio y cromo se registraron en el río Nuquí (4,31 $\mu\text{g/L}$ Cd y 22,4 $\mu\text{g/L}$ Cr) y la mayor de plomo se midió en el río Jella (20,1 $\mu\text{g/L}$ Pb).

La tendencia general de los metales Cd, Cr y Pb es ha a disminuir atreves del tiempo del monitoreo (época seca de 2001 hasta la época de lluvias 2009), así como la frecuencia de determinación en los niveles detectables de la técnica analítica. Las concentraciones de cadmio registradas en aguas del departamento del Chocó se encuentran en niveles relativamente bajas en un rango de 0,01 a 6,0 µg/L Cd, niveles que están muy por debajo de los valores referenciados para criterio de concentración continua de 8,8 µg/L (EPA, 2008) y de 10 µg/L en [CONAMA \(1986\)](#) para riesgo potencial de contaminación. En el caso del Cromo (Cr) el rango de concentración histórico es de 0,03 y 22,4 µg/L, pero son valores muy bajos para generar riesgos a la biota según la referencia de 50 µg/L recomendado por la [EPA \(2008\)](#) y [CONAMA \(1986\)](#). Para el Plomo (Pb) los valores registrados de este elemento en aguas oscila entre 0,35 y 54,68 µg/L, y las mayores concentraciones se han medido en el sector Chocó norte, sin embargo, las concentraciones se encuentran muy por debajo del límites internacional de 500 µg/L establecido como riesgo por [CONAMA \(1986\)](#).

A pesar que los niveles de concentración de metales pesados registrados en las aguas costeras de este departamento no sobrepasan los criterios establecidos para riesgo, se prevé que su permanencia en el ambiente costero de este departamento, está favorecida en gran medida por las actividades mineras desarrolladas en la cuenca de los principales ríos de la región (río Atrato), en las cuales se emplean variados métodos de explotación que posibilitan fenómenos de remoción que favorecen el aumento en la concentración de metales, como en el caso de la extracción de oro.

5.2.6 Conclusiones

Las concentraciones de nutrientes y microorganismos indicadores de contaminación fecal en las aguas costeras se deben principalmente a los aportes de los ríos San Juan, Jella y Nuquí, debido al drenaje de los cultivos y al aporte de aguas servidas de las poblaciones ribereñas. En el año actual, se detectaron concentraciones de amonio y fosfato altas en las aguas fluviales y marino-costeros. Se encontraron diferencias entre épocas en aguas fluviales, un aumento de fosfato en época lluviosa y aumento de SST en época seca; comportamiento extraño en consideración que el fosfato se asociado usualmente con los sedimentos.

En la época de lluvias de 2009 playa Esso ubicada en el municipio de Bahía Solano no fue apta para actividades de recreación como la natación y los deportes náuticos según la legislación colombiana. Pero según los criterios de la OMS todos los balnearios fueron aptos para contacto primario porque no superaron el límite de Enterococos.

En el presente análisis las concentraciones de hidrocarburos en aguas no representaron riesgos para los organismos y los ecosistemas, ya que los niveles registrados fueron inferiores a los valores de referencia para aguas contaminadas. Los valores más altos se presentan en la playa Esso debido a diferentes actividades antropogenicas que generan estos residuos, por lo cual las concentraciones altas que se encuentran en ciertos momentos obedecen a condiciones puntuales. En cuanto a los compuestos plaguicidas, las 2 estaciones Estero Tribugá y la Ensenada de Utria superaron el límite recomendado para Colombia. En consideración que se encontraron concentraciones altas de OC en el departamento el año pasado también, sería apropiado investigar las fuentes de esta contaminación y tomar mediciones para mitigarla.

Los metales plomo, cadmio y cromo analizados en las aguas costeras en el departamento, no superaron la normativa internacional y no generan riesgo de contaminación para los ecosistemas adyacentes, sin embargo, es importante continuar su seguimiento debido al incremento presentado en la época de lluvias de 2009 de Cd y Cr en el río Nuquí y de Pb en el río Jella.

Valle del Cauca



Muelle Turístico de Buenaventura

5.3 VALLE DEL CAUCA

Los ríos que desembocan en la Bahía de Buenaventura realizan un aporte importante de nutrientes inorgánicos especialmente de amonio y nitratos, así como aportes de materia orgánica que afectan otros parámetros naturales del agua como el oxígeno en 4 estaciones de la bahía de Buenaventura que no cumplieron con la norma. En el año de estudio las playas del departamento sobrepasan el límite para actividades de recreación por contacto primario y secundario, solo en la época de lluvias de 2009 las playas frente a cabañas Carvajal y Puente Juanchaco – Ladrilleros presentaron concentraciones por debajo de la norma colombiana. Las concentraciones de hidrocarburos se encuentran por debajo de la norma internacional de 10 µg/L y su presencia se debe a las actividades marítimas del principal puerto del país. Las concentraciones de plaguicidas organoclorados en el primer semestre de 2010, son inferiores al valor de referencia de 30 ng/L y no representan riesgo.

5.3.1 Área de estudio

El Departamento del Valle del Cauca está situado en el occidente del país, en la región del Chocó biogeográfico entre los 03° 05' y 05° 10' de latitud norte y los 75° 45' y 77° 36' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 22140 km² que se encuentran ubicados en clima templado (52.4%), cálido (25.1%) y el resto entre frío y extremadamente frío. Las principales descargas de aguas continentales las constituyen los ríos Calima, Cauca, Anchicayá, Naya, Raposo, San Juan, Potedó y Raposo ([IGAC, 2008](#)). La red de 52 estaciones de muestreo se extiende desde la parte sur de la ensenada de Buenaventura, desde el río Raposo y tomando los ríos Anchicayá, Potedó y Dagua, la bahía, las playas de Juanchaco y Ladrilleros, hasta el río San Juan que está en los límites con el departamento del Chocó (Figura 5.3-1)

5.3.2 Variables fisicoquímicas

5.3.2.1 *In situ*

Las aguas costeras del Valle del Cauca se comportan como sistemas estuarinos, teniendo en cuenta variables fisicoquímicas como la salinidad que históricamente oscila entre 0.6 y 25.6 con un el promedio histórico de 11.65 ± 6.2 , debido a la descarga de aguas dulces de los cuatro ríos caudalosos que desembocan en la bahía de Buenaventura, la influencia de las mareas, las cuales varían 3.7 m aprox. en la Costa Pacífica Colombiana ([Prahl et al., 1990](#); [Garay et al., 2006](#); [Troncoso et al., 2009](#)) y las temporadas de lluvias que disminuyen la salinidad por la mezcla de aguas saladas y dulces; y en el último monitoreo 2009 y 2010 fluctuó entre 0.9 y 12.1. La temperatura del agua estuvo entre 27.8 y 31.1 con valores similares al rango histórico REDCAM reportado para la bahía (25.3 y 31.4 °C). Los valores de pH fluctuaron entre 6.64 y 9.15 en 2009 (lluvias) y 2010 (seca) los cuales fueron generalmente básicos y adecuados para la conservación de las especies, con algunos valores ligeramente ácidos que se presentaron en la época lluviosa de 2009.

Los ríos y las playas mostraron valores de oxígeno disuelto superiores a 4 mg/L y el pH estuvo dentro del límite de calidad para la conservación de flora y fauna según la legislación colombiana de 4.5 – 9.0 para ríos y entre 6.5-8.5 para aguas marinas ([Minsalud, 1984](#)). Sin embargo, el oxígeno tuvo bajas concentraciones en los puntos de muestreo 213 (3.06 mg/L), 221 (3.86 mg/L), 232 (3.62 mg/L) y 239 (2.55 mg/L) de la Bahía de Buenaventura – BDB (Figura 5.3-2), cercanos al Puente el Piñal indicando que no son óptimas las condiciones del agua para la preservación de la flora y la fauna en este sector según el decreto 1594 de 1984 (<4 mg/L, [Minsalud, 1984](#)). Entre el sector del Piñal es donde se concentran la mayoría de las actividades económicas importantes del municipio (pesqueras, madereras, el Puerto Marítimo, hay ecosistemas de manglar, además de las descargas de aguas residuales doméstica arrojadas

directamente por las viviendas de tipo palafito (Troncoso *et al.*, 2009), así como el aporte de materia orgánica en el interior de la bahía.

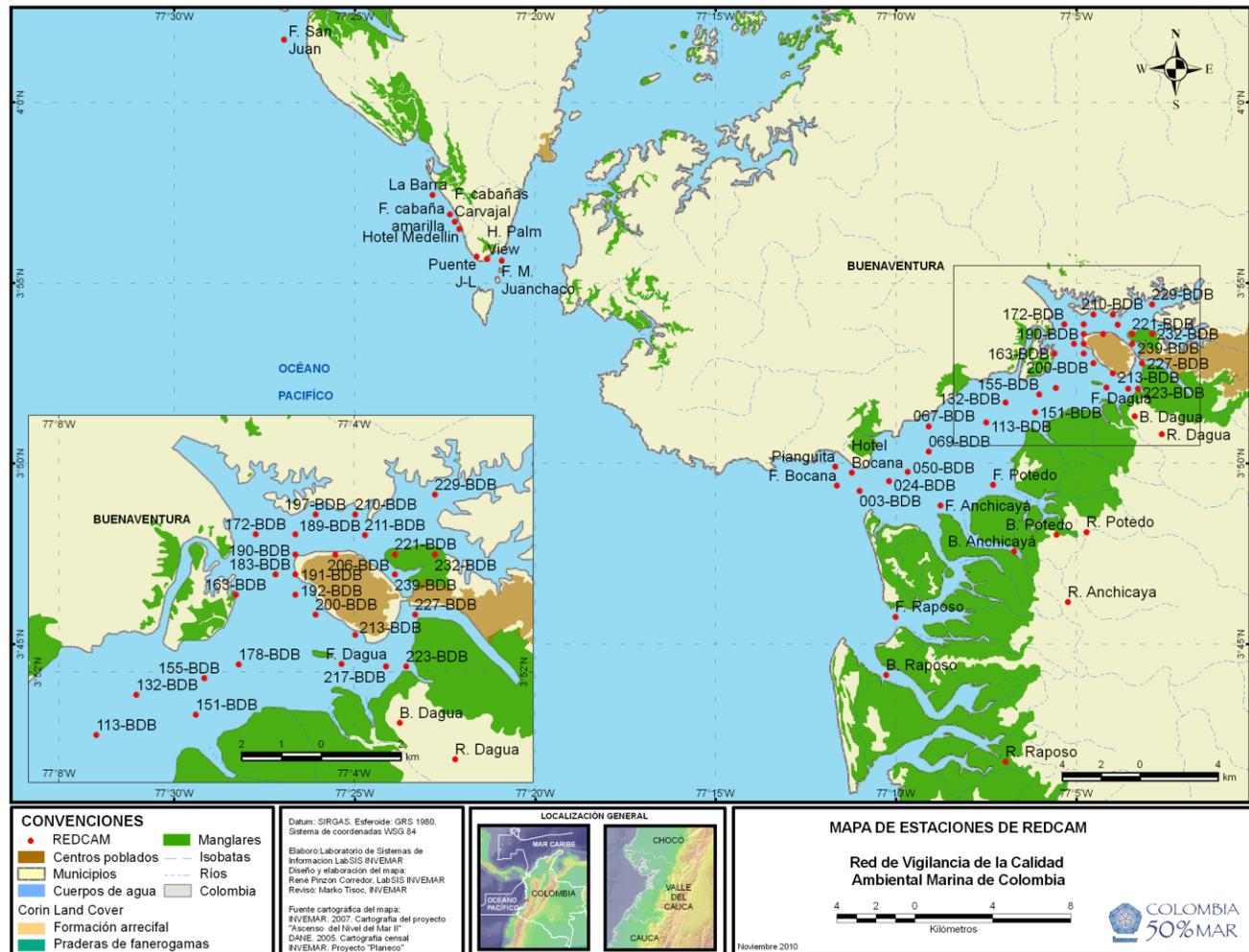


Figura 5.3-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del Valle del Cauca

5.3.2.2 Nutrientes y Sólidos

Entre 2009 (época de lluvias) y 2010 (época seca) los sólidos suspendidos totales (SST) en los ríos se mantuvieron en un rango de 5.2 – 126 mg/L, y los valores más altos se presentaron en la época de lluvias de 2009 (Figura 5.3-4) por el aumento de las precipitaciones y el incremento de los caudales, el arrastre y la resuspensión de sedimentos (FEN, 1993; Martínez *et al.*, 2001; IDEAM, 2010). Las concentraciones de SST en las aguas costeras en la bahía oscilaron entre 3.86 – 52 mg/L y se mantuvo dentro del promedio histórico (21.3 ± 25.6 mg/L), pero se presentaron dos valores altos en las estaciones 191 de Bahía Buenaventura (229.0 mg/L) y al frente a la Cabaña Amarilla (849.1 mg/L) en el sector de Ladrilleros (Figura 5.3-3).

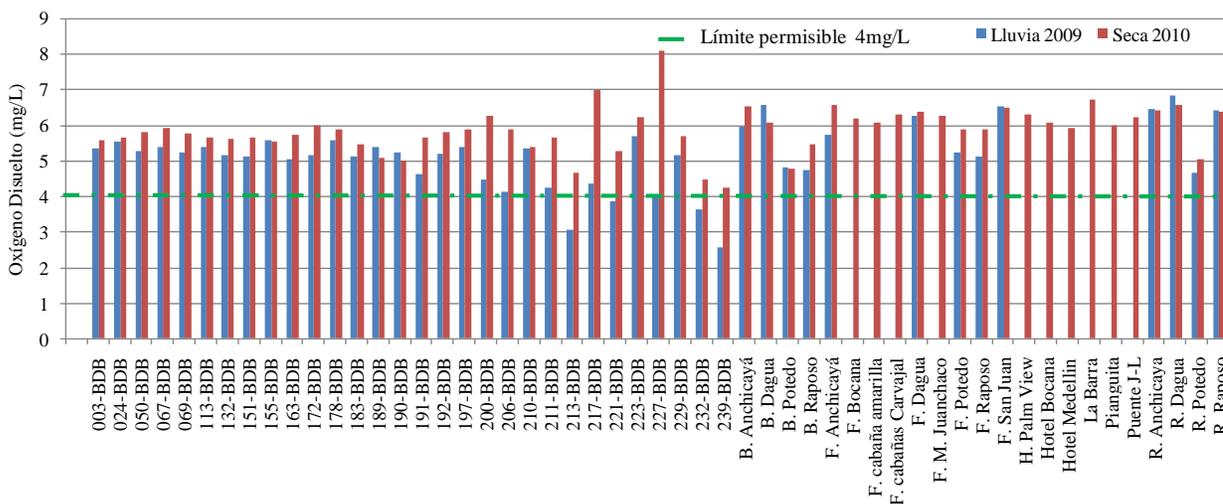


Figura 5.3-2. Concentraciones de oxígeno disuelto (mg/L) medido en aguas costeras del Valle del Cauca. La línea verde indica la referencia de 4 mg/L limite permisible para preservación de flora y fauna (Minsalud, 1984).

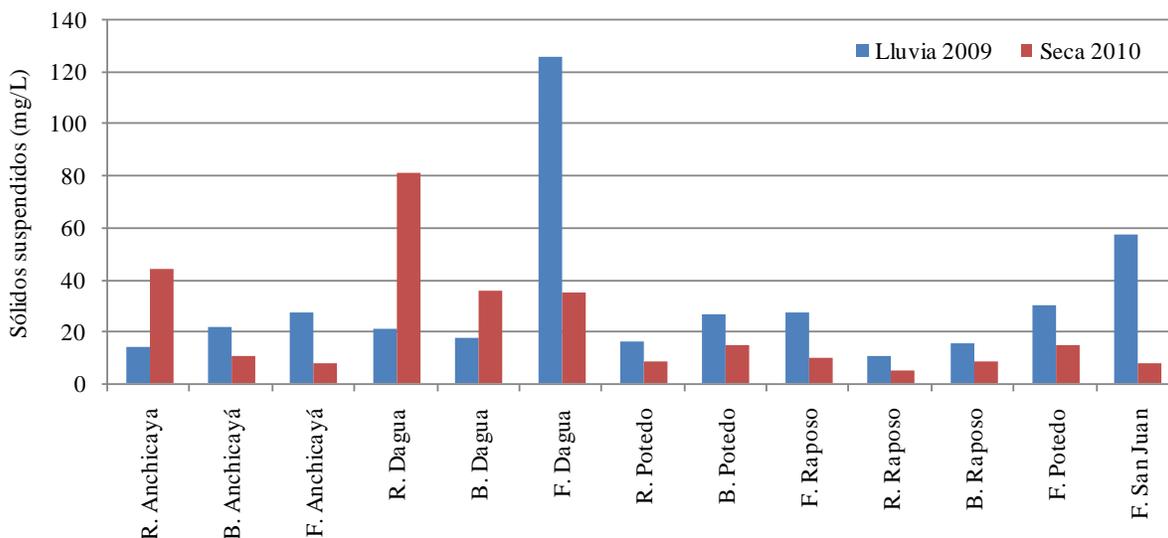


Figura 5.3-3. Concentración de sólidos suspendidos (SST) medidos en aguas superficiales del departamento de Valle del Cauca durante la época lluviosa de 2009 y la época seca de 2010.

En los ríos las concentraciones de nutrientes mostraron variaciones importantes, los nitritos por ejemplo fluctuaron entre 0.88 – 18.1 $\mu\text{g N-NO}_2/\text{L}$, rango que se mantuvo dentro del promedio histórico del departamento ($17.8 \pm 25.6 \mu\text{g/L N-NO}_2$) y presentó un valor extremo de 185 $\mu\text{g N-NO}_2/\text{L}$ en el río Dagua. Los valores de amonio oscilaron entre 404.6 - 3620 $\mu\text{g N-NH}_4/\text{L}$, con las concentraciones más altas en los ríos San Juan (3620 $\mu\text{g/L}$, época seca 2010), Raposo (2280 $\mu\text{g/L}$, época seca 2010), Potedó (1900 $\mu\text{g/L}$, época lluvias 2009), bocana de Anchicayá (1900 $\mu\text{g/L}$, época seca 2010) y Raposo (2280 $\mu\text{g/L}$, época seca 2010), que son muy altas pero parecidas al promedio histórico departamental ($1091 \pm 612 \mu\text{g/L N-NH}_4$). Las mediciones de amonio en la bahía realizadas en la época seca de 2010 en solo 5 estaciones (4 en bahía

y una en playa) oscilaron entre 5.7 – 41.6 µg/L, valores un poco bajos comparados con los aportes de los tributarios, pero no se puede hacer una inferencia clara, porque fue un muestreo puntual.

Las concentraciones de fosfatos (PO_4^{3-}) estuvieron por debajo del límite de detección de 64 µg/ en la mayoría de las estaciones; solo la estación del río Dagua registró un valor de 163 µg/L de P-PO_4^{3-} . Los nitratos de los ríos por su parte, mostraron marcados cambios entre las épocas climáticas, con valores que oscilaron entre 57 – 4650 µg N- NO_3 /L en la época de lluvias 2009 y entre 57 y 1130 µg N- NO_3 /L en la época seca 2010 (Figura 5.3-4), siendo los aportes de la época lluviosa los más significativos, con concentraciones que sobrepasaron el promedio histórico del departamento (541.1 ± 691 µg/L N- NO_3).

Los niveles de nitrógeno encontrados en las aguas fluviales y costeras del Valle son altos y sugieren una marcada influencia continental o contaminación. La variación marcada entre épocas en los datos de nitratos sugiere como la fuente principal aportes de escurrimiento, que puede ser causados por el arrastre de productos agroquímicos a lo largo de las cuencas de estos tributarios (Martínez *et al.*, 2001) y posiblemente también de la inundación de los colectores de vertimientos de aguas servidas. Los altos niveles de amonio históricamente indican fuentes directas de materia orgánica sin deberse a la lluvia, que sugiere la influencia fuerte de los vertimientos de aguas servidas.

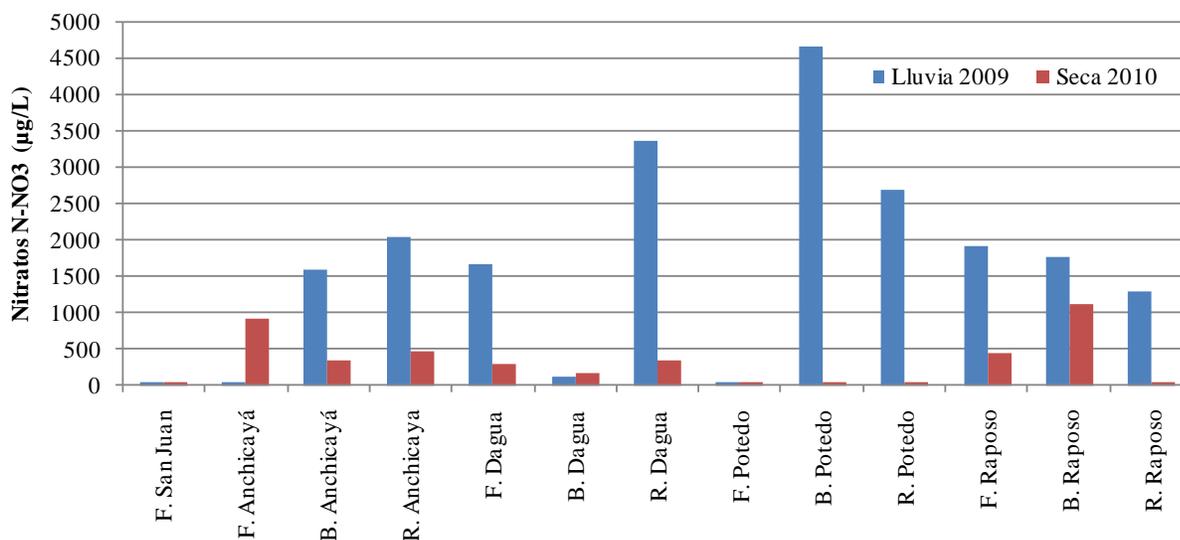


Figura 5.3-4. Concentración de nitratos medidas en aguas superficiales del departamento de Valle del Cauca durante la época lluviosa del 2009 y la época seca de 2010. * Valor de 4650 µg/L.

5.3.3 Contaminación Microbiológica

El análisis microbiológico histórico entre 1999 – 2010 (época seca) de los indicadores de contaminación fecal, revela que los ríos que desembocan en la bahía son los que realizan los mayores aportes de Coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) a la zona costera, con promedios de 21450 NMP/100 mL y 3090 NMP/100 mL, respectivamente. Las mayores concentraciones de estos microorganismos indicadores se presentaron durante las temporadas de lluvias (Troncoso *et al.*, 2009), debido a que en estas épocas aumenta el escurrimiento de cargas de coliformes en las aguas servidas y en los suelos, que llegan a los ríos incrementando su concentración (WHO, 1999; Noble *et al.*, 2003). Las concentraciones de CTT entre la época de lluvias de 2009 y la época seca de 2010 todos los ríos sobrepasaron el límite de 5000

NMP /100 mL (Figura 5.3-5) establecido en la normatividad colombiana para aguas destinadas a actividades de contacto secundario, como la pesca y deportes náuticos (Minsalud, 1984).

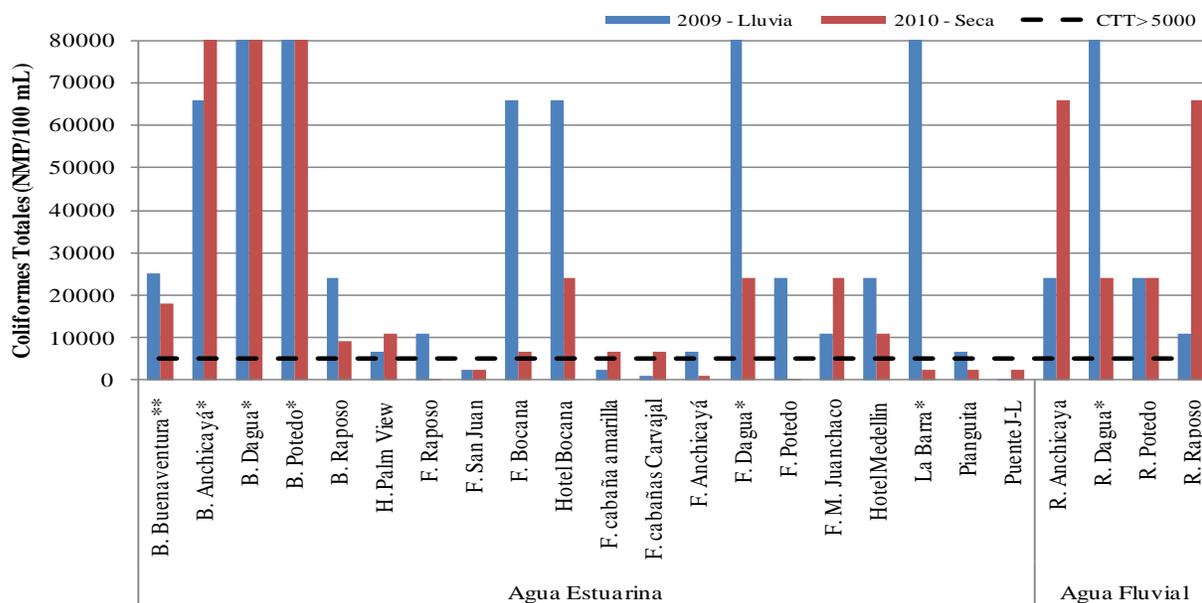


Figura 5.3-5. Concentraciones de coliformes totales en aguas superficiales del Valle de Cauca durante la época lluviosa del 2009 y la época seca de 2010. * Valor >80000 NMP/100 mL, ** Promedio de 15 estaciones en la bahía de Buenaventura.

Las concentraciones históricas de CTT medidas en las aguas superficiales de la Bahía de Buenaventura, han estado entre 4 y 35 x 10⁶ NMP/100 mL. Entre 2009 (lluvia) y 2010 (seca) las concentraciones de CTT en las quince estaciones de la Bahía presentaron rangos entre 11 x 10² y 66 x 10⁴ NMP/100 mL, encontrando que el 87% de las estaciones sobrepasaron el límite permisible para aguas de contacto secundario. Estos valores son consecuencia de las diferentes fuentes de contaminación que afectan esta zona, como la actividad portuaria, el muelle petrolero, la actividad pesquera y maderera, así como los residuos que genera la población del casco urbano, especialmente desperdicios orgánicos y aguas residuales sin tratamiento del municipio de Buenaventura. El seguimiento a estos indicadores es importante, dado que las altas concentraciones de CTT pueden incidir en la calidad de los productos hidrobiológicos como peces, camarones, cangrejos y pianguas.

Los diez balnearios de interés turístico del Valle son los que pueden estar más afectados por la contaminación de microorganismos de origen fecal. En el monitoreo de los 10 años las playas de Diagonal al Hotel Palm View, frente al Hotel Medellín, frente a cabañas Carvajal y frente al muelle Bocana, son las que cada año sobrepasan los niveles permisibles de Coliformes termotolerantes (CTE) para aguas recreativas en Colombia. Para el segundo muestreo de 2009 solo las playas frente a cabañas Carvajal y Puente Juanchaco – Ladrilleros se encontraron aptas para las actividades de natación y deportes náuticos, mientras que en el primer muestreo de 2010 todas las playas sobrepasaron los niveles de CTE establecidos para aguas de contacto primario (> 200 NMP/ 100 mL; Minsalud, 1984), debido a la influencia del municipio de Buenaventura y los poblados de la Bocana, Juanchaco y Ladrilleros (Tabla 5.3-1). De acuerdo a los criterios establecidos por la OMS todas las playas en la época de lluvias de 2009 fueron aptas para actividades de contacto primario, pero en la época seca de 2010 las playas frente a los muelles Bocana y Juanchaco, y frente al Hotel Bocana sobrepasaron el límite de de 45 UFC/100 mL de Enterococos fecales establecidos por la OMS.

Tabla 5.3-1. Concentración de microorganismos indicadores de contaminación fecal en las playas del Valle del Cauca durante la época lluviosa del 2009 y seca del 2010.

Estación	C. termotolerantes (NMP/100 mL)	
	2009 - Lluvia	2010 - Seca
H. Palm View	6600	2400
F. Bocana	15000	930
Hotel Bocana	66000	24000
F. Muelle Juanchaco	11000	24000
F. cabaña amarilla	2400	430
F. cabañas Carvajal	91	430
Hotel Medellin	24000	6600
La Barra	66000	430
Pianguita	2400	930
Puente Juanchaco-Ladrillero	150	930

5.3.4 Hidrocarburos y Plaguicidas

Buenaventura es la zona del Pacífico donde se manejan los mayores volúmenes de derivados del petróleo, las concentraciones de hidrocarburos aromáticos (HAT) en sedimentos, encontradas en esta bahía son comparables con las del Golfo de Omán en Arabia y las costas norteamericanas altamente contaminados por aromáticos. Se puede considerar la zona del Muelle Petrolero como crítica por el nivel de contaminación petrogénica y por su presencia crónica ([Marrugo, 1990](#)). Los estudios desarrollados por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico - CCCP principalmente en el área de la Bahía de Buenaventura entre 1986 y 1993, reportaron valores en aguas entre 0.31 – 1.53 µg/L, y concentraciones promedio de sedimentos y organismos (bivalvos) de 2.76 y 11.20 µg/g respectivamente ([Casanova y Calero, 1997](#)). En la desembocadura del río Anchicayá se presentaron concentraciones promedio de HAT en sedimentos, de 79,6 µg/g consideradas “altas”. Las posibles fuentes de contaminación en esta área son por los aportes del Río Anchicayá que en su recorrido recibe los vertimientos de municipios como Darién, que posee alta actividad turística y agrícola y en segundo lugar, los vertimientos provenientes de las actividades marítimas y portuarias de Buenaventura ([Marrugo, 1993](#)).

Actualmente la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) tiene establecida una grilla de muestreo para el monitoreo de estas sustancias contaminantes y de algunos parámetros fisicoquímicos. Los valores promedio hallados para el departamento del año 2004 al 2010 se mantienen por debajo de los 2.5 µg/L (Figura 5.3-6). Durante el periodo de lluvias del 2009 y la época seca del 2010 los resultados del análisis de Hidrocarburos Disueltos y Dispersos en las estaciones registraron valores inferiores al límite de 10 µg/L establecido como referencia para aguas marinas y costeras no contaminadas ([Atwood et al., 1988](#); [UNESCO, 1984](#)). Estos resultados nos permiten inferir que la introducción de residuos oleosos se ha mantenido en el tiempo con una tendencia a disminuir desde el 2004, siendo los ríos que desembocan en la zona costera la principal fuente de entrada de hidrocarburos a las de estaciones de muestreo como Potedo, Frente Anchicayá y Frente al Raposo. Sin embargo algunas evaluaciones hechas en sedimentos de la bahía muestran un mayor impacto de las descargas de hidrocarburos que no son visualizados en el análisis de aguas, debido al carácter hidrofóbico de estos compuestos y su asociación rápida al material sedimentario ([INVEVAR, 2007](#)), señalando la importancia de extender en un futuro el análisis de hidrocarburos a otras matrices ambientales.

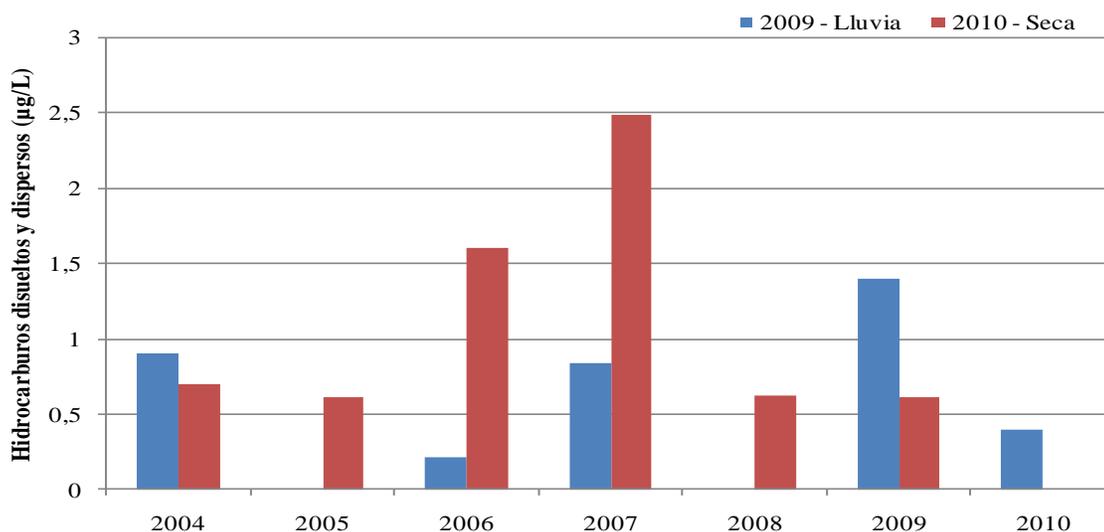


Figura 5.3-6. Comportamiento histórico de la concentración promedio de hidrocarburos en el Departamento de Nariño.

En cuanto a la presencia de plaguicidas, en estudios anteriores al proyecto REDCAM no se tienen registros históricos de concentración para residuos de organoclorados. La información disponible se refiere solamente a análisis realizados en sedimentos y organismos de algunos sectores de la bahía de Buenaventura entre 1992-1993 por el CCCP. Entre el 2005 y 2006 durante el desarrollo del proyecto BIOMALAGA se monitoreo una grilla de 10 estaciones en la Bahía de Buenaventura. Los contenidos de plaguicidas organoclorados variaron entre 0.03 y 0.7 ng/L. Estas trazas halladas son inferiores al valor para aguas contaminadas establecido por la EPA (30 ng/L; [EPA, 2008](#)); por lo cual se considera que no representan un riesgo para las comunidades acuáticas.

En el primer monitoreo de 2009 por medio del proyecto REDCAM se detecto una concentración por encima del valor de referencia en la estación BNV 003 en la Bahía de Buenaventura con un valor de 84.5 ng/L. En menor concentración se detectaron plaguicidas en otros puntos de la Bahía como BNV 200 (21.0 ng/L) y BNV 211 (19.8 ng/L), así como en el Río Raposo 13.0 ng/L. En la época seca de 2010 las mayores concentraciones de estos pesticidas se registraron en algunas estaciones de la Bahía de Buenaventura con valores entre 6.9 – 7.1 ng/L; las demás estaciones monitoreadas registraron valores por debajo de 3.0 ng/L, por lo cual no representan riesgo para el ecosistema acuático.

En el 2010 se inicio el monitoreo de un nuevo grupo de moléculas (plaguicidas de uso actual), de las 9 moléculas analizadas (Diuron, Diazinon, Clorotalonil, Metil Paration, Bromacil, Clorpirifos, fenamifos, Cis y Trans-Permetrina), los niveles para estas nuevas moléculas se encuentran por debajo de los valores de referencia dados por la [EPA \(2008\)](#) y no representan riesgo para los organismos acuáticos

La presencia de los plaguicidas organoclorados se debe a actividades relacionadas con la silvicultura (aserríos y talas de bosque), la agricultura en las cuencas altas y medias de los ríos que desembocan en la bahía de Buenaventura y las campañas de fumigación contra la malaria, pueden ser fuentes de estos compuestos hacia el medio marino, de modo similar a lo discutido para el departamento de Chocó. En la actualidad los suelos pueden estar drenando sustancias que fueron aplicadas para el control de vectores y se encuentran en el terreno por el grado de fijación ([Rajendran et al., 2005](#)). En la Bahía de Buenaventura la presencia de estos compuestos puede corresponder al escurrimiento de agroquímicos a través de los ríos Dagua y Anchicayá que recorren zonas agrícolas de los municipios de Dagua y Darién, localizados en las estribaciones de la Cordillera Occidental.

5.3.5 Conclusiones

Los mayores aportes de nutrientes a las aguas costeras del departamento lo hacen los ríos San Juan, Dagua, Potedó y Raposo, los cuales presentan concentraciones elevadas de amonio y nitratos en sus desembocaduras, lo que pone en riesgo la calidad de las aguas para el desarrollo de las especies hidrobiológicas. Las concentraciones continuamente altas de amonio sugieren aportes directos de materia orgánica, como vertimientos de aguas servidas, mientras que incrementos grandes de nitratos en la época lluviosa indican impactos de escurrimiento.

La bahía interna de Buenaventura por la influencia de los ríos que desembocan en este sector y por las descargas de aguas servidas, desechos orgánicos, actividad portuaria, pesquera y maderera que se desarrolla en el municipio de Buenaventura, se encuentra impactada por la presencia de microorganismos de origen fecal. Los balnearios frente a cabañas Carvajal y el puente Juanchaco – Ladrilleros en el segundo muestreo de 2009 fueron aptas para las actividades de contacto primario, pero en el primero de 2010 todas las playas monitoreadas no fueron aptas para actividades como la natación y los deportes náuticos porque sobrepasaron la norma según la legislación colombiana. Según los criterios de la OMS todas las playas en el segundo muestreo de 2009 y el primero de 2010 las playas ubicadas en los frentes del Muelle Bocana, del Muelle Juanchaco y frente al Hotel Bocana sobrepasaron el límite de enterococos para actividades recreativas.

Las concentraciones de hidrocarburos para el periodo evaluado presentaron concentraciones inferiores a 2.0 µg/L el cual no constituye un riesgo para las especies hidrobiológicas que se desarrollan en estas aguas. Con la excepción de una estación en la Bahía Buenaventura, los niveles de OC en la actualidad son muy inferiores al valor de referencia adoptado (<30 ng/L), sin embargo, la presencia de estos residuos y la tendencia descendente de las concentraciones, supone que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aún se encuentran en el medio debido a su persistencia.

Cauca



Desembocadura del río Timbiquí. Foto: José Sánchez

5.4 CAUCA

Los ríos en el departamento del Cauca realizan los mayores aportes de sólidos suspendidos, nutrientes inorgánicos y Coliformes totales y termotolerantes debido en parte a las descargas de aguas servidas sin tratamiento que realizan las poblaciones ribereñas. En el año de estudio las playas monitoreadas en la isla Gorgona se encontraron aptas para la realización de actividades de contacto primario y secundario, ya que los valores medidos de microorganismos indicadores de contaminación fecal están acorde a lo establecido en la normatividad nacional e internacional. Las concentraciones de hidrocarburos y organoclorados no sobrepasan los valores de las normas internacionales; la presencia de hidrocarburos, se debe a las actividades como venta inadecuada de combustibles, pesca y transporte en la región, mientras que los plaguicidas pueden llegar a la zona costera producto de las escorrentías de la actividad agrícola y los cultivos ilícitos. En el caso del Cadmio, Plomo y Cobre, es recomendable continuar su monitoreo, teniendo en cuenta que en el época lluviosa del 2009 se presentó un incremento en las concentraciones detectadas de estos metales.

5.4.1 Área de estudio

El Departamento del Cauca está situado en el sur-occidente del país, en la región de la llanura costera del Pacífico, entre los 01° 00' y 03° 22' de latitud norte y los 75° 52' y 78° 00' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 29308 km² ubicados en los pisos térmicos templado (33.4%), cálido (27.9%), frío (24.4) y lo restante entre muy frío a extremadamente frío (14.5%). La Cuenca Pacífico abarca el 32.9% del Departamento. Comprende el área de drenaje al mar, las corrientes que se originan entre la divisoria de aguas de la cordillera Occidental y los departamentos de Valle del Cauca y Nariño. Las principales corrientes son López de Micay, Guapi, Timbiquí y Naya ([CRC, 2002](#)). Las estaciones de muestreo comprenden toda la extensión costera, desde la desembocadura del río Micay hasta los límites con el departamento de Nariño, incluyendo la isla de Gorgona (Figura 5.4.1).

5.4.2 Variables fisicoquímicas

5.4.2.1 *In situ*

El monitoreo de aguas en la zona costera del departamento entre el 2001 hasta la época seca de 2010, muestra que las aguas costeras desembocaduras y frentes de los ríos se comportan como sistemas estuarinos al presentar promedios de salinidad de 23.1 ± 5.9 encontrando los valores más bajos en época de lluvias (Figura 5.4.2); con rango de pH entre 6.75 y 8.03 y promedio de 7.85 ± 0.41 , valores adecuados para este tipo de aguas y una temperatura promedio de 27.79 ± 1.01 °C acorde con los promedios de la NOAA para la cuenca del Pacífico Colombiano que presentan sus mínimos de temperatura entre 26 y 27.5 °C, de febrero a marzo y de septiembre a octubre ([CCCCP, 2001](#)). Los ríos arriba presentan salinidades promedio entre 0.0 a 5.26 (1.02 ± 1.56) y en las desembocaduras entre 2.4 – 26 (8.31 ± 8.03), como consecuencia del cambio de mareas que inyectan gran cantidad de agua salobre río arriba ([Palacios y Moreno, 1992](#); [Troncoso et al., 2009](#)). Las aguas costeras y fluviales históricamente y en el período actual (2009-2010) han presentado valores de oxígeno disuelto superiores a 4 mg/L adecuados para la vida acuática (Figura 5.4.3) y niveles de pH entre 4.5 y 9.0, que están dentro del límite de calidad permisible para la conservación de flora y fauna según la legislación colombiana ([Minsalud, 1984](#)).

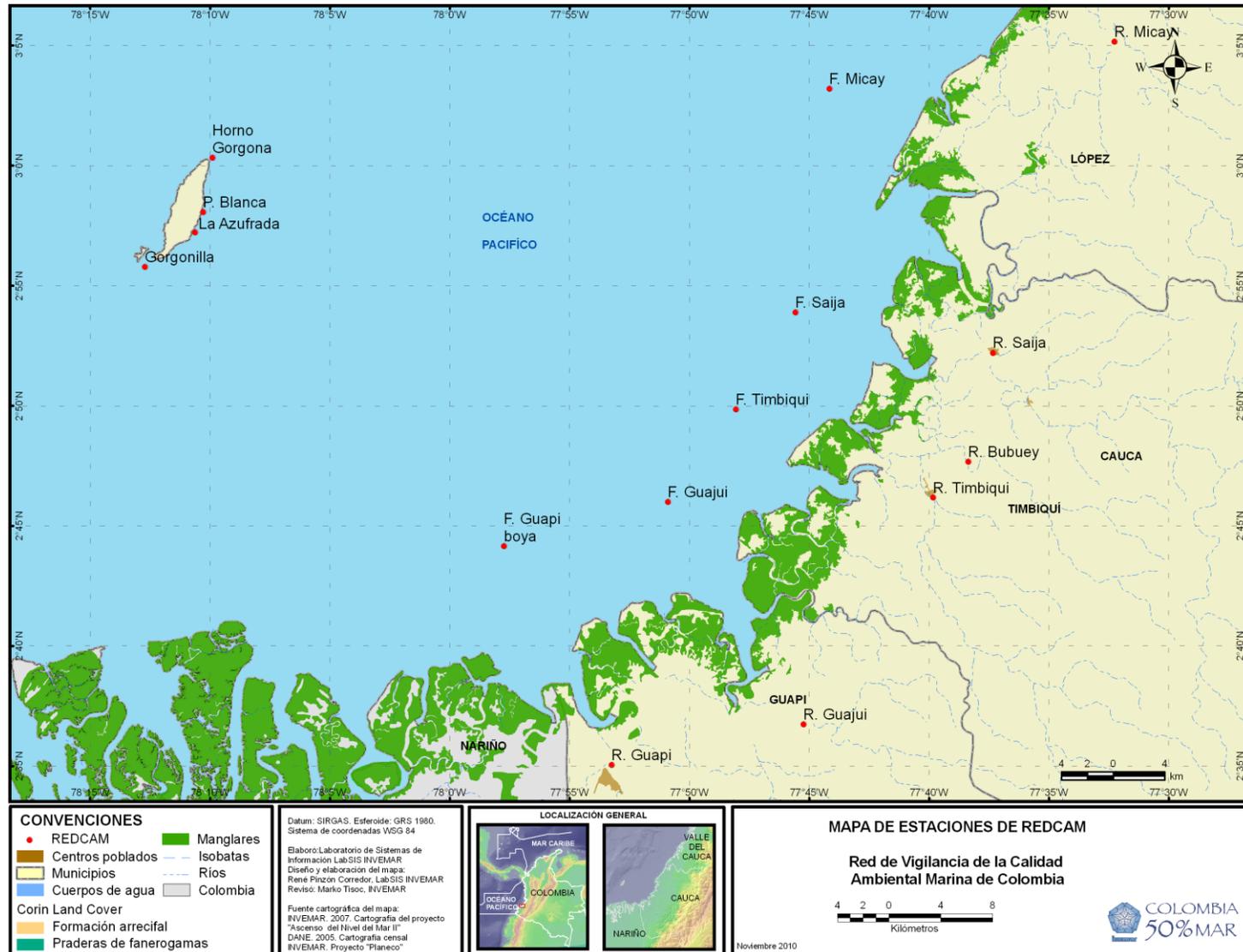


Figura 5.4.1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento del Cauca

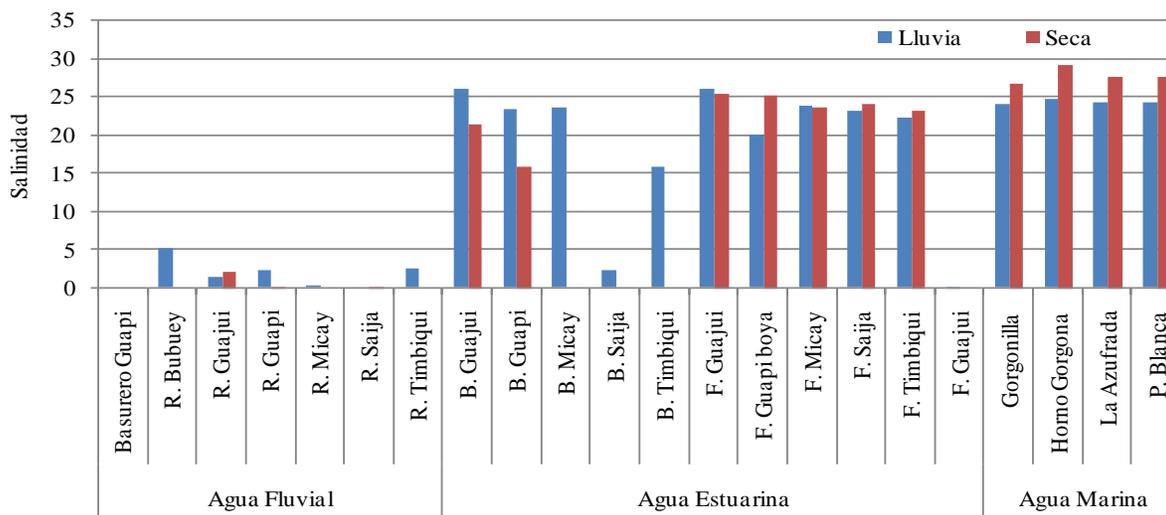


Figura 5.4.2. Promedios de salinidad (‰) medidas en aguas superficiales del departamento de Cauca entre los años 2001 y 2010 (época seca).

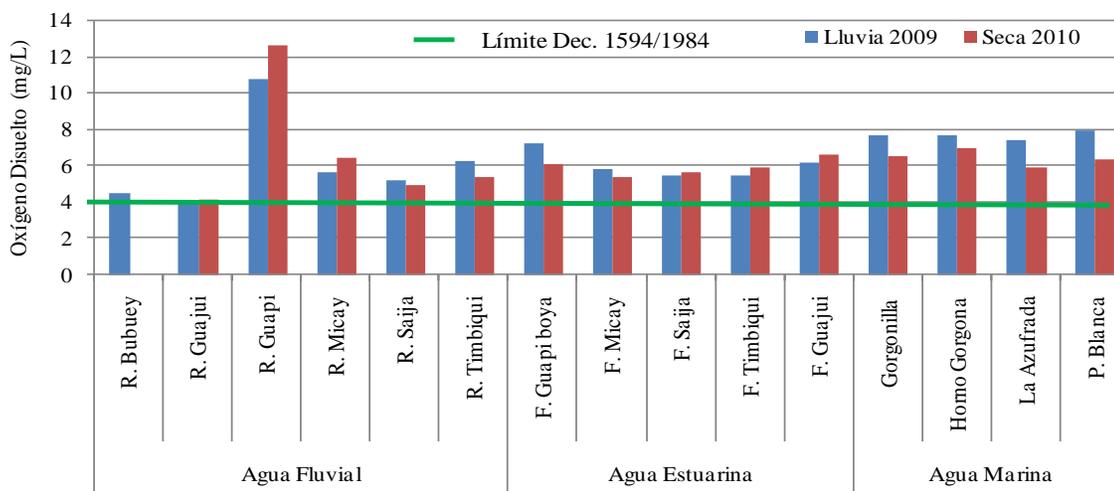


Figura 5.4.3. Concentraciones de oxígeno disuelto (mg/L) medido en aguas superficiales del Cauca en época de lluvias de 2009 y seca de 2010.

5.4.2.2 Nutrientes y Sólidos

Históricamente, la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en los ríos ha fluctuado en un rango de 3.3 – 412.8 mg/L con un promedio de 62.1 ± 90.5 mg/L. Entre la época de lluvias de 2009 y seca de 2010 los valores oscilaron entre 3.33 – 52.7 mg/L, en la mayoría de las estaciones, pero en el río Micay se midieron los SST más altos con magnitudes de 211.6 y 319.5 mg/L (Figura 5.4.4), superando ampliamente el promedio histórico), es importante prestar atención a estos niveles que pueden deberse procesos de remoción de suelos en la cuenca alta, lo cual conlleva a la resuspensión de sólidos y arrastre de sedimentos (FEN, 1993; Martínez *et al.*, 2001; IDEAM, 2010).

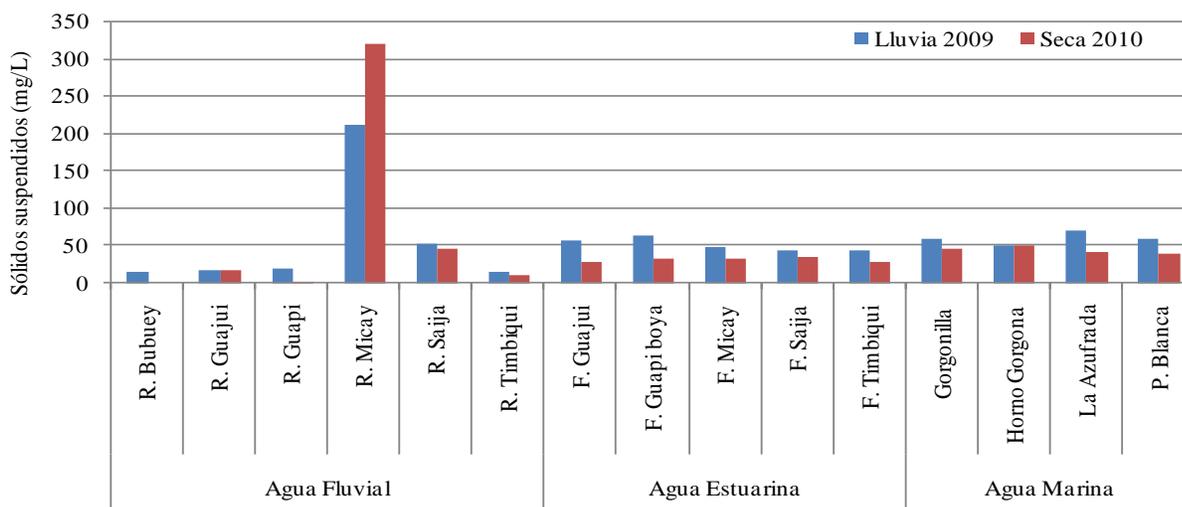


Figura 5.4.4. Concentraciones de sólidos suspendidos (mg/L) medidas en aguas superficiales del Cauca en la época de lluvias de 2009 y época seca de 2010.

En el monitoreo se ha observado que las concentraciones de nitritos en los tributarios han fluctuado entre 0.86 – 31.72 $\mu\text{g/L N-NO}_2$, el amonio entre 2.57- 102.2 $\mu\text{g/L N-NH}_4$, los niveles de fosfatos entre 0.12 – 269.7 $\mu\text{g/L P-PO}_4^{3-}$ y los silicatos entre 0.12 – 5989.5 $\mu\text{g/L Si}$, registrando los valores más altos de estos nutrientes en temporadas de lluvias y en las estaciones de los ríos Guapi, Timbiquí y Guajúí. En la época de lluvias de 2009 se midieron concentraciones elevadas de amonio (49.4 - 65.5 $\mu\text{g/L N-NH}_4$) en comparación con la época seca (Figura 5.4.5) y el promedio histórico de $24.4 \pm 20.9 \mu\text{g/L N-NH}_4$ en el departamento. En la época seca de 2010 se midieron mayores concentraciones de fosfato que en la época lluviosa, además de un valor atípico de 113.8 $\mu\text{g/L P-PO}_4^{3-}$ en el río Guapi en la época lluviosa de 2009 (Figura 5.4.6). Las concentraciones de nitratos oscilaron entre 0.86 – 306.2 $\mu\text{g/L N-NO}_3$, comparables a los promedios históricos del departamento ($44.2 \pm 40.0 \mu\text{g/L N-NO}_3$). Los altos niveles de nutrientes pueden deberse al lavado de suelos y por el vertimiento sin tratamiento de las aguas servidas de la cabecera de Guapi y las poblaciones de San José de Guare, Puerto Saija y Noanamito.

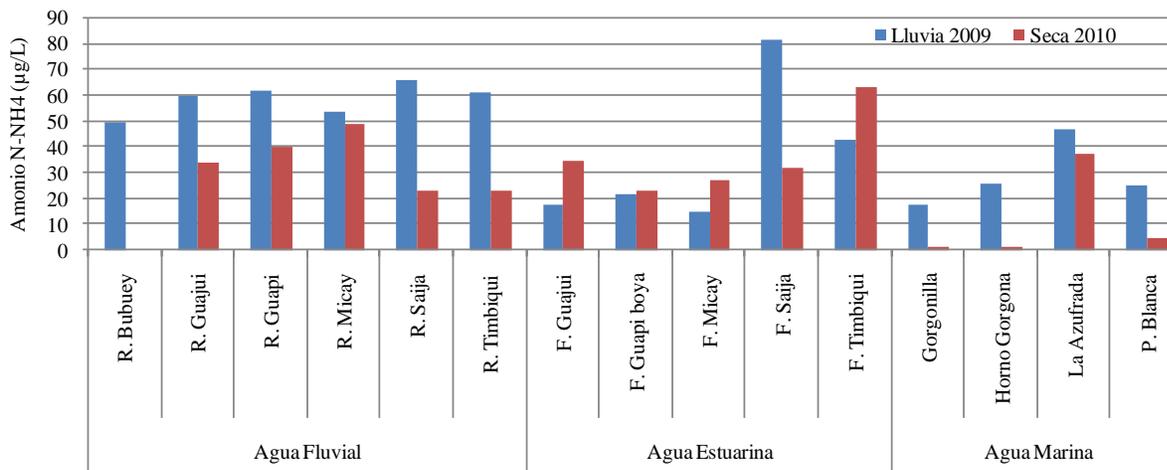


Figura 5.4.5. Concentraciones de amonio (N - NH₄) medidas en aguas superficiales del Cauca en la época lluviosa del 2009 y la época seca de 2010.

Los sólidos suspendidos – SST en las aguas marino-costeras del departamento han oscilado entre 3.3 – 308.3 mg/L. Para la época de lluvias de 2009 y la seca de 2010, los valores de SST se midieron en 28.6 – 71.5 mg/L, y registraron los valores más altos en los meses más lluviosos, debido a la influencia de los ríos que desembocan en la zona costera (FEN, 1993; IDEAM, 2010). El promedio de nitritos fue de $3.5 \pm 5.2 \mu\text{g/L N-NO}_2$, el de nitratos de $25.89 \pm 74.7 \mu\text{g/L N-NO}_3$, amonio $17.8 \pm 19.1 \mu\text{g/L N-NH}_4$, fosfatos $10.15 \pm 15.01 \mu\text{g/L P-PO}_4^{3-}$ y silicatos $437.5 \pm 695.4 \mu\text{g/L Si}$. En la época de lluvia de 2009, las aguas marinas de la isla Gorgona presentaron concentraciones de amonio más altas que en la época seca (Figura 5.4.5), como las aguas fluviales, incluyendo valores en la estación de la Azufrada Gorgona (47.0 y $37.3 \mu\text{g/L N-NH}_4$) superior al promedio histórico de la isla ($19.1 \pm 15.9 \mu\text{g/L N-NH}_4$). Todas las estaciones estuarinas y marinas mostraron un aumento marcado de nitratos en la época lluviosa en comparación de la época seca. En cuanto a los fosfatos, solo las estaciones frente a los ríos Guapi ($31.4 \mu\text{g/L P-PO}_4^{3-}$) y Micay ($21.3 \mu\text{g/L P-PO}_4^{3-}$) mostraron concentraciones superiores al promedio histórico del departamento ($9.6 \pm 13.4 \mu\text{g/L P-PO}_4^{3-}$) en la época seca (Figura 5.4.6). Nutrientes elevados generalmente se deben a la influencia de los diferentes ríos que desembocan en el litoral sur del Pacífico, al aumento de la población turística de la isla en temporadas y a un proceso de surgencia local en el sector sur (Giraldo *et al.*, 2008; Zapata, 2001).

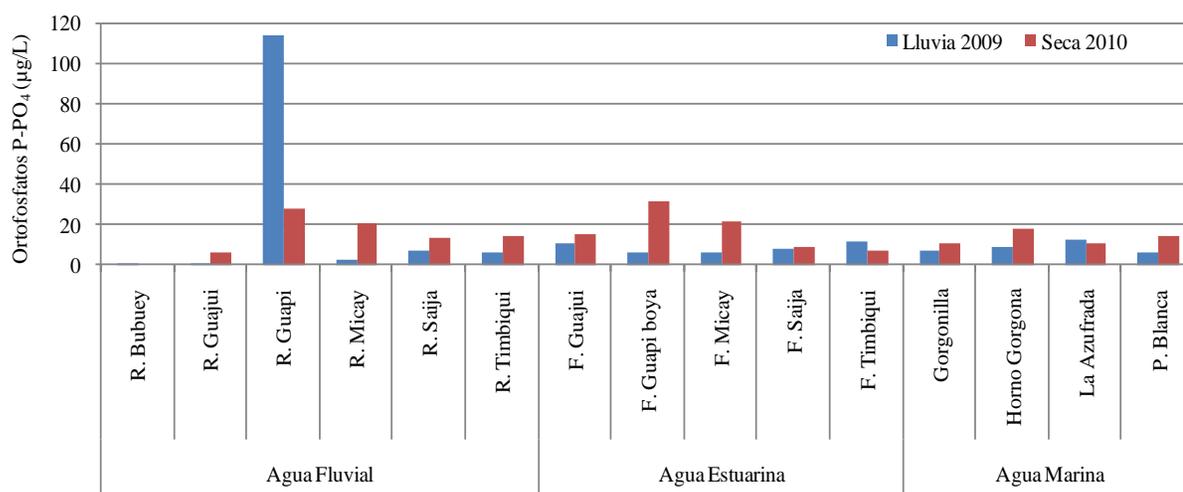


Figura 5.4.6 Concentraciones de ortofosfatos (P-PO_4^{3-}) medidas en aguas superficiales del departamento del Cauca durante la época lluviosa del 2009 y la época seca de 2010

En el caso de los ecosistemas coralinos de Isla Gorgona, a unos ≈ 25 km de la costa, las concentraciones de SST y nitratos actuales presentaron concentraciones promedio de $52.4 \pm 14.4 \text{ mg/L SST}$ y $30.2 \pm 7.6 \mu\text{g/L N-NO}_3$ (época seca), ligeramente superiores a los valores de referencia reportados para la fisiología de los corales (Tabla 5.4.1; Fabricius, 2005), pero las concentraciones actuales de fosfatos y sus promedios históricos, así como los promedios históricos de NO_3 , han estado por debajo de estos valores de referencia. Mientras que altas concentraciones indicarían un impacto potencial en la salud de los ecosistemas, considerando el promedio histórico de SST ($46.2 \pm 20.2 \text{ mg/L}$) y niveles relativamente altos en la cobertura de corales ($>60\%$) en Isla Gorgona y recurrentes en los años de muestreo (Navas *et al.*, 2010) podría suponer que los ecosistemas coralinos se han adaptado a las condiciones específicas de SST de esta región Pacífica.

Tabla 5.4.1. Concentraciones de sólidos suspendidos y nutrientes en estaciones coralinas de Isla Gorgona - departamento del Cauca, en la época de lluvias de 2009 y seca de 2010.

Estaciones	Sólidos Suspendidos (mg/L)		Fosfato (P-PO ₄ µg/L)		Nitrato (N-NO ₃ µg/L)		Nitrogeno Inorganico (N-NO ₃ -NO ₂ -NH ₄ µg/L)	
	Lluvias 2009	Seca 2010	Lluvias 2009	Seca 2010	Lluvias 2009	Seca 2010	Lluvias 2009	Seca 2010
Isla Gorgonilla	60.2	45.6	7.0	10.9	40.2	5.1	24.1	4.2
La Azufrada	71.5	41.5	12.4	10.6	27.9	15.8	64.2	41.6
Norte del Horno	51.4	50.0	8.8	18.0	21.9	16.7	43.1	4.6
Playa Blanca	60.0	39.0	6.7	14.2	30.6	15.5	41.0	9.1
Fabricius, 2005	50		62		14-280			

5.4.3 Contaminación Microbiológica

El análisis microbiológico desde 2001 hasta el primer semestre de 2010, muestra que son los ríos Guajui, Guapi, Micay y Saija los que realizan los aportes promedio más altos de Coliformes totales - CTT (19250 NMP/100 mL) y termotolerantes - CTE (7950 NMP/100 mL), en el tiempo (Figura 5.4.7a). Durante los monitoreos realizados entre septiembre y noviembre los ríos registran los mayores niveles de estos patógenos, porque coincide con el periodo más lluvioso de la zona Pacífica ([FEN, 1993](#); [IDEAM, 2010](#)), donde ocurre un incremento de los escurrimientos terrígenos, y estos a su vez, producen un aumento en la densidad de bacterias ([WHO 1999](#) y [Figeras et al., 2000](#)). En la época de lluvias de 2009 los mayores aportes de CTT se presentaron en los ríos Saija (13000 NMP/100 mL), Guapi y Micay ambos con 7900 NMP/100 mL; mientras para la época seca de 2010, solo el río Micay sobrepasó con 11000 NMP/100 mL el límite establecido de 5000 NMP CTT/100 mL (Minsalud, 1984) en la normatividad colombiana para aguas destinadas a actividades de contacto secundario (Figura 5.4.7b). Lo anterior puede ser consecuencia de los vertimientos de aguas servidas, lixiviados de botaderos de basura, desechos orgánicos y agropecuarios de las poblaciones ribereñas de Puerto Saija, Guapi, Noanamito y San José de Guare. En los 10 años de monitoreo, se muestra una tendencia decreciente de CTT en las aguas marinas, presentando condiciones favorables para la explotación de recursos pesqueros, ya que el descenso de los coliformes se puede presentar por el cambio brusco de salinidad y por el paso de estos microorganismos de un ambiente rico en nutrientes, como los ríos, a un ambiente un poco oligotrófico como el mar ([Bordalo et al., 2002](#)).

La calidad sanitaria de las playas se evaluó por medio de los coliformes termotolerantes (CTE) y los Enterococos fecales (EFE), estos últimos permiten evidenciar contaminación fecal que ha ocurrido tiempo atrás, los cuales han sido aceptados actualmente como el mejor indicador de la presencia de microorganismos patógenos intestinales en aguas marinas ([Suárez, 2002](#)). En el período 2009 y 2010, el 100% de los balnearios ubicados en la Isla Gorgona presentaron condiciones adecuadas para el desarrollo de actividades recreativas conforme a los criterios establecidos por la legislación colombiana (CTE < 200 NMP/100 mL; [Minsalud, 1984](#)) y la Organización Mundial de la Salud (EFE < 40 UFC /100 mL; [OMS, 2003](#)). Las concentraciones de estos indicadores fecales fluctuaron entre 2 y 6.8 NMP/100 mL de CTE y entre 0.0 y 40 UFC /100 mL de EFE, sólo la estación la Azufrada fue la que obtuvo el valor límite de 40 UFC /100 mL en la época seca de 2010.

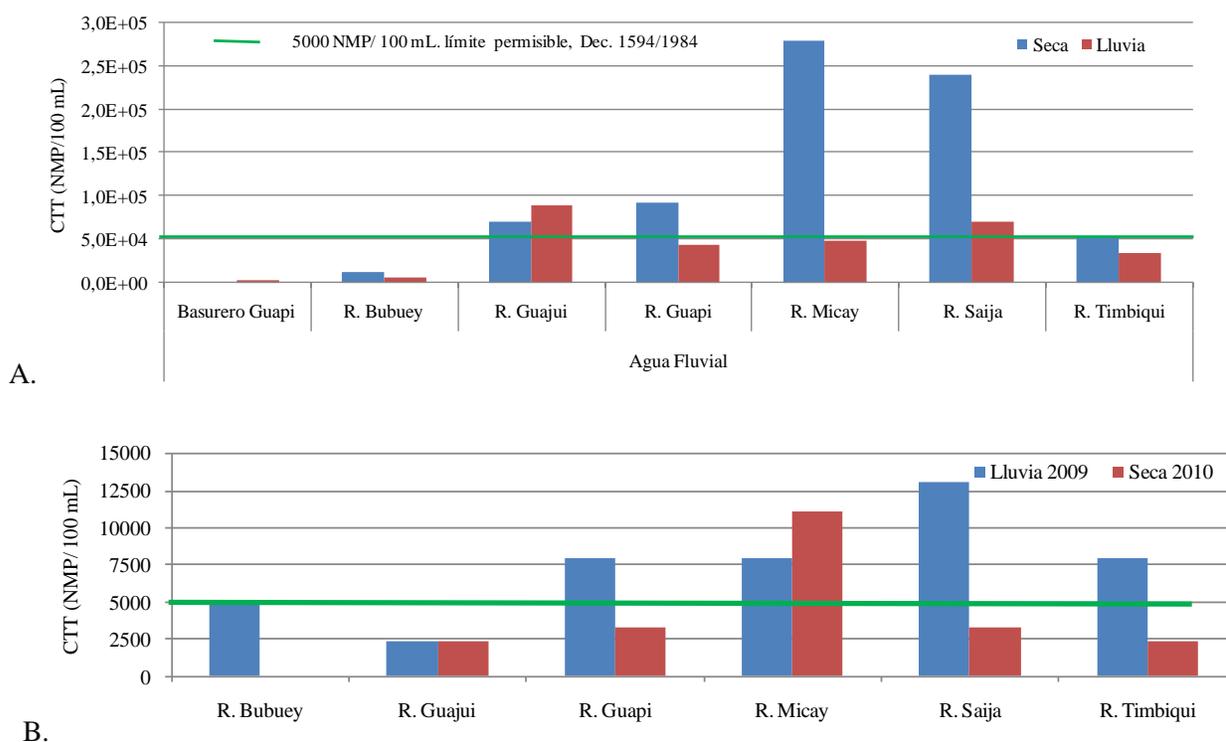


Figura 5.4.7. a) Promedio histórico entre 2001- 2010 de coliformes totales - CTT, medidos en los principales ríos del Cauca. B) Concentraciones de coliformes totales - CTT medidas en época de lluvias 2009 y seca de 2010. La línea verde es el límite de 5000 NMP CTT/100 mL establecido para actividades de contacto secundario (Minsalud, 1984).

5.4.4 Hidrocarburos y Plaguicidas

Una síntesis de los resultados de hidrocarburos del petróleo - HDD - del Proyecto REDCAM en la zona costera del departamento desde el 2001 al 2010, muestra el máximo promedio en la época seca de los años 2001 ($15.79 \pm 9.55 \mu\text{g/L}$) principalmente; en los años siguientes los promedios no superan los $2 \mu\text{g/L}$, llegando al promedio más bajo en la época seca de 2009 con $0.10 \pm 0.04 \mu\text{g/L}$ (Figura 5.4.8). El valor hallado de $31.8 \mu\text{g/L}$ en el río Guapi para el 2001 (época seca) que sobrepasó el nivel establecido de $10 \mu\text{g/L}$ como riesgo de contaminación (UNESCO, 1984; Atwood *et al.*, 1988) no se ha vuelto a reportar durante todo el monitoreo. En la segunda mitad del año las concentraciones disminuyen ostensiblemente a valores inferiores a $1.13 \mu\text{g/L}$, a excepción de la estación río Guapi que alcanzó $8.59 \mu\text{g/L}$. Las mediciones del último periodo (2009 – 2010) muestran que aunque son muy inferiores al valor de referencia ($10 \mu\text{g/L}$; UNESCO, 1984), hay concentraciones en el agua y los mayores aportes de hidrocarburos se presentaron en los ríos Guapi, Saija y Micay ($0.1 - 0.66 \mu\text{g/L}$) en la época de lluvias de 2009 y la seca de 2010 (Figura 5.4.8).

Lo anterior indica, que los ríos continúan siendo la principal fuente de descarga de hidrocarburos al medio marino debida a actividades como el transporte marítimo, venta de combustibles inadecuada y buques pesqueros que no están bajo el control del Convenio MARPOL, convirtiéndose en fuentes importantes de residuos oleosos liberados a la zona costera y marina del departamento, los residuos de aceites lubricantes. Además, con la aparición de cultivos ilícitos se ha estimulado el tráfico de combustible y el uso de sustancias químicas como ácidos orgánicos e inorgánicos, para el procesamiento de alcaloides que finalmente son eliminados al ambiente, ya que, para la producción de clorhidrato de cocaína a partir de

una hectárea de cultivo de coca, se utilizan 57 galones de gasolina cuyos residuos terminan en los cuerpos de agua ([CRC, 2002](#)).

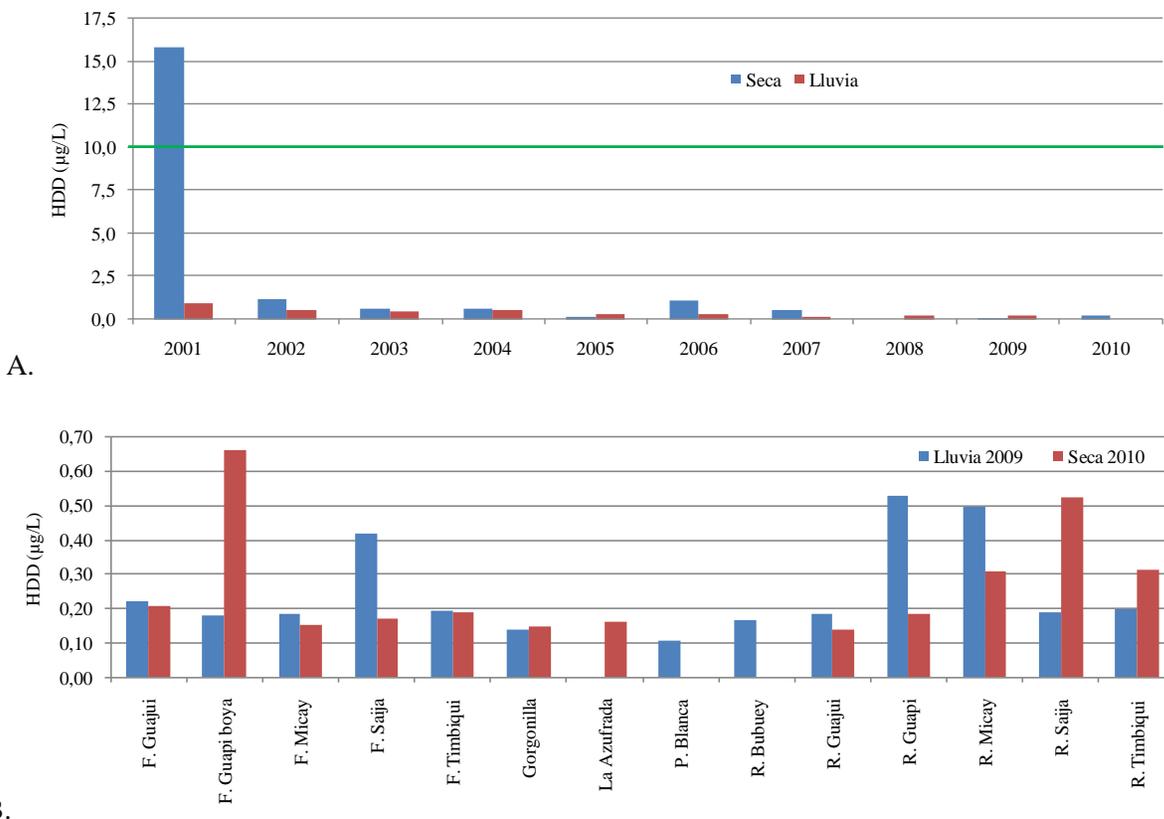


Figura 5.4.8. A) Promedio histórico de hidrocarburos disueltos medidos en aguas del Cauca entre 2001 y 2010 (época seca). B) Concentraciones de HDD medidos en aguas entre la época de lluvias 2009 y la época seca 2010. La línea verde es el nivel establecido de 10 µg/L como riesgo de contaminación (UNESCO, 1984; Atwood et al., 1988)

La información histórica del proyecto REDCAM revela que los mayores niveles de plaguicidas organoclorados (OC), se encuentran localizados en la zona costera de Guapi, especialmente para la época seca donde se registró en el año 2001 valores de 94 ng/L de OC, sobrepasando los niveles de alerta para plaguicidas (30 ng/L; [EPA, 2008](#)). Estas concentraciones son altas si las asociamos al escaso desarrollo agrícola y a la poca población costera del departamento ([DANE, 2005](#)). Los promedio máximos de OC, se encontraron en la época seca de 2001 (26.62 ng/L), 2002 (8.72 ng/L) y 2004 (8.9 ng/L), en los años siguientes los promedios no sobrepasaron los 5.9 ng/L, evidenciándose una disminución importante en la presencia de plaguicidas clorados incluso a niveles indetectables en los últimos dos años (Figura 5.4.9).

En el 2001 las estaciones frente al río Guajui (94.0 ng/L) y el río Guajui (61.3 ng/L) sobrepasaron el valor recomendado para aguas marinas y estuarinas de 30 ng/L ([EPA, 2008](#)), lo cual sorprende debido a que el desarrollo agrícola en la llanura Pacífica Cauca es incipiente; lo cual lleva a suponer que estos OC entraron al medio por otras actividades diferentes a la agricultura; como pueden ser las campañas contra la malaria o la inmunización de la madera, o consecuencia del aumento de la población en la llanura pacífica como otra fuente de plaguicidas, dada las actividades de tala de bosques y comercialización de la madera. Otra actividad potencial de escurrimiento de residuos de plaguicidas al medio la constituyen los cultivos de uso ilícito; es así como, el desplazamiento de cultivadores provenientes de otras regiones, los cuales en la búsqueda de obtener la mayor producción posible de hoja acuden a bioestimulantes, abonos y

plaguicidas para el control de plagas y malezas, que por escurrimiento llegan también a las zonas marino-costera ([MMA/PNUMA/UCR/CAR, 2000](#)).

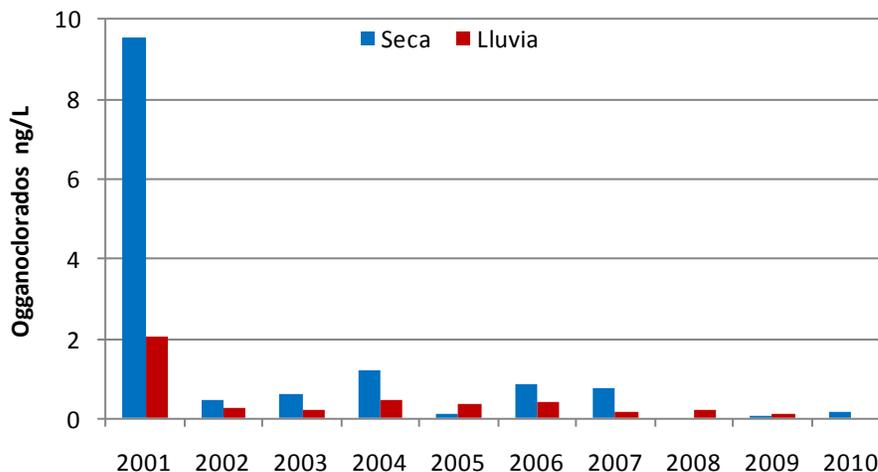


Figura 5.4.9 Comportamiento histórico de la concentración promedio de plaguicidas organoclorados (OC) en el Departamento del Cauca.

Las estaciones del sector sur especialmente los ríos Guajui, Guapi y Timbiquí son los que más escurren plaguicidas hacia el océano, mientras que en las estaciones del sector norte se presentan riesgos de contaminación bajos. Para la época de lluvias de 2009 y seca de 2010 las concentraciones registradas no superaron los 3.7 ng/L, muy por debajo del valor recomendado por [EPA, 2008](#).

En el 2009 se inicio el monitoreo de un nuevo grupo de moléculas (plaguicidas de uso actual), de las 9 moléculas analizadas (Diuron, Diazinon, Clorotalonil, Metil Paration, Bromacil, Clorpirifos, fenaminfos, Cis y Trans-Permetrina), sólo se detectó Trans – Permetrina en la estación Planchón Emisario ubicada en la isla Gorgona. Los niveles para estas nuevas moléculas se encuentran por debajo del valor de referencia dado por la [EPA \(2008\)](#) y no representa riesgo para los organismos acuáticos.

5.4.5 Metales Pesados

La problemática de contaminación por metales pesados en la región del Pacífico colombiano ha sido poco estudiada, si en la zona costera del departamento del Cauca la información de estos elementos es limitada, no obstante se tiene como referencia de posibles fuentes de contaminación, las actividades de explotación minera (extracción de oro) llevadas a cabo en las cuencas de los ríos Timbiquí, Bubuey, Saija y Micay, además del inadecuado manejo de las aguas servidas y la disposición inadecuada de los residuos sólidos. Con el fin de evaluar el estado de contaminación por cadmio (Cd), plomo (Pb) y cromo (Cr), en las aguas costeras se analizaron del monitoreo REDCAM durante la época de lluvias de 2009 y se compararon con los valores referenciados en la normatividad internacional [EPA \(2002\)](#) y [CONAMA \(1986\)](#). La mayor concentración de Cd se registró en la estación río Guapi (3.66 µg/L), mientras que las mayores de Pb y Cr se midieron frente río Guapi (20.4 µg/L Pb) y (13.86 µg/L Cr). Estos valores no superan los niveles de riesgo referenciados en las normas internacionales utilizadas.

Con referencia al comportamiento histórico desde la época seca de 2001 a la época de lluvias de 2009, el cadmio ha mostrado tendencia a la disminución entre 2001 y 2009, aunque presentó un leve incremento en la época de lluvias de 2009 con valores entre 0.02 y 3.66 µg/L, evidenciando que las concentraciones de Cd en las aguas del departamento, pueden deberse a aportes naturales, pero no hay un impacto por cadmio, ya que son muy inferiores al criterio de concentración continua 8.8 µg/L de la [EPA \(2002\)](#) y a la referencia de 10 µg/L [CONAMA \(1986\)](#).

En cuanto al Cr, la tendencia general a lo largo del monitoreo REDCAM es a disminuir con el tiempo, aunque en la época de lluvias de 2009 se registró la mayor concentración de 13.86 µg/L, pero sigue encontrándose muy por debajo del límite de 50 µg/L establecidos internacionalmente como riesgo de contaminación [CONAMA \(1986\)](#). El rango de concentración de Pb en aguas costeras en el departamento de Cauca en el periodo muestreado (época seca de 2001 a época de lluvias de 2009) es de 2,80 a 62,13 µg/L. La tendencia general es a disminuir en el tiempo, pero es de anotar que en general, las mayores concentraciones se han registrado en en los ríos Micay y Timbiquí, no obstante, éstas no sobrepasan el límite de 500 µg/L establecidos internacionalmente como de riesgo por [CONAMA \(1986\)](#).

En general, las concentraciones de estos metales (Cd, Cr y Pb) son relativamente bajas con referencia a valores de normas internacionales, sin embargo su persistencia en el medio puede incrementar su biodisponibilidad a los ecosistemas adyacentes, resultando con impactos negativos en la calidad de las aguas costeras del departamento, tal como se ha expuesto con anterioridad para la problemática ambiental marina de otros departamentos. No obstante, su presencia en el medio aún en concentraciones muy bajas, puede deberse en parte por el mal manejo de los residuos generados de la minería así como la disposición inadecuada de los residuos industriales y domésticos que favorecen el incremento de estos metales en el medio. Además, se evidencia un aumento de las concentraciones en el muestreo de la época de lluvias de 2009 por lo cual es importante continuar el monitoreo en esta zona con el fin de evaluar las posibles fuentes.

5.4.6 Conclusiones

En la época lluviosa de 2009 se encontraron concentraciones más altas de los nutrientes amonio y nitrato en las aguas de Cauca, supuestamente debido a las lluvias que generaron más escurrimiento. Este resultado indica que los ríos son las fuentes principales de nutrientes inorgánicos a la zona costera del departamento posiblemente debido a la descargas de aguas servidas, erosión de la cuenca y al lavado de suelos de los cultivos agrícolas. En la isla Gorgona los datos sugieren que las ecosistemas corales viven en condiciones de concentraciones altas de nutrientes y sólidos suspendidos.

La contaminación por microorganismos indicadores de contaminación fecal, se debe principalmente al aporte de los tributarios y su amento se ve favorecido por la baja cobertura de servicio de alcantarillado de los municipios ribereños. Sin embargo, los balnearios ubicados en la Isla Gorgona presentaron óptimas condiciones para las actividades de natación, buceo y deportes náuticos al no superar los límites nacionales e internacionales.

Las concentraciones de hidrocarburos y compuestos plaguicidas en aguas en este periodo, no representaron riesgos para los organismos y los ecosistemas, ya que los niveles registrados fueron inferiores a los valores de referencia para aguas contaminadas. Los valores más altos se presentaron en los ríos debido a diferentes actividades antropogénicas, pero estas concentraciones altas obedecen a condiciones puntuales.

Los metales plomo, cadmio y cromo analizados en las aguas costeras en el departamento, no superan la normativa internacional y no generan riesgo de contaminación para los ecosistemas adyacentes, sin embargo es importante continuar su seguimiento debido al incremento presentado en la época de lluvias de 2009.

Nariño



Estero Bocagrande

5.5 NARIÑO

Los ríos en el departamento de Nariño realizan los mayores aportes de sólidos suspendidos, nutrientes inorgánicos y Coliformes totales y termotolerantes en parte por los vertimientos directos de aguas servidas sin tratamiento que descargan las poblaciones ribereñas. En el segundo semestre de 2009 el 66% de las playas monitoreadas no se encontraron aptas para la realización de actividades de contacto primario y secundario. Las concentraciones de hidrocarburos aunque no sobrepasan el valor de la norma internacional, son persistentes en el monitoreo de la Bahía de Tumaco, debido a las actividades marítimas y venta de combustibles. La concentración de plaguicidas presentó un ligero incremento en el primer semestre de 2010 con valores entre 25 y 29.4 ng/L, especialmente en el estero Pajal, Puente el Pindo y los ríos Mejicano, Rosario y Chagüí, muy cercanos al valor de referencia de 30 ng/L que puede afectar la biota marina. Y los metales pesados no representaron riesgo para la biota de esta zona costera, pues las concentraciones tienden a disminuir en cada muestreo y se han mantenido por debajo de los límites de normas internacionales.

5.5.1 Área de estudio

El Departamento de Nariño está situado en el sur-occidente del país, entre los 00° 20' y 02° 41' de latitud Norte y a los 76° 52' y 79° 10' de longitud Oeste. Cuenta con una superficie de 33268 km² ([IGAC, 2008](#)), ubicados en los siguientes pisos térmicos: cálido 52.3%, templado 17.1%, frío 17.1% y el resto (14.9%) entre muy frío a extremadamente frío. Los principales ríos del departamento que llegan a la zona costera son el Patía, Telembí, Sanquianga y Mira. La red de estaciones de muestreo se localiza en la extensión litoral desde los límites con el Cauca pasando por la ensenada de Tumaco hasta el río Mataje en la frontera con el vecino país Ecuador (Figura 5.5-1).

5.5.2 Variables fisicoquímicas

5.5.2.1 In situ

El monitoreo en la zona costera del departamento desde el 2001 hasta la época seca de 2010, ha mostrado que las aguas costeras se comportan como sistemas estuarinos al presentar una salinidad promedio de 22.9 ± 8.8, con los valores más bajos en la época lluviosa. La temperatura promedio del agua es 27.6 ± 1.1 °C y coincide con los promedios de la NOAA para la cuenca del Pacífico Colombiano que presentan los mínimos de temperatura entre 26 y 27.5 °C en los meses de febrero a marzo y de septiembre a octubre ([CCCCP, 2001](#)). Los ríos presentan salinidades entre 0 – 28.9 al estar fuertemente influidos por la acción de las mareas, cuyo rango de variación en la costa Pacífica Colombiana es de aproximadamente 3.7 m ([Castro et al., 2001](#); [Garay et al., 2006](#)).

En el período 2009 – 2010, el rango de oxígeno disuelto fluctuó entre 3.24 y 8.76 mg/L, con valores ligeramente bajos según la norma (> 4 mg/L; [Minsalud, 1984](#)) en 4 de los 8 ríos evaluados (Figura 5.5-2), especialmente en las estaciones de Harinera Chanzará (3.24 mg/L) y los ríos Mejicano (3.26 mg/L), Chagui (3.69 mg/L) y Rosario (3.92 mg/L), para la época lluviosa de 2009, debido posiblemente a que aumentó el consumo de oxígeno por la descomposición de materia orgánica que aumenta con las escorrentías en temporada de lluvias. El pH por su parte osciló entre 6.50 y 8.33 en las 23 estaciones que estuvieron dentro del límite de calidad permisible para la conservación de flora y fauna según la legislación colombiana de 4.5 – 9.0 mg/L ([Minsalud, 1984](#)).

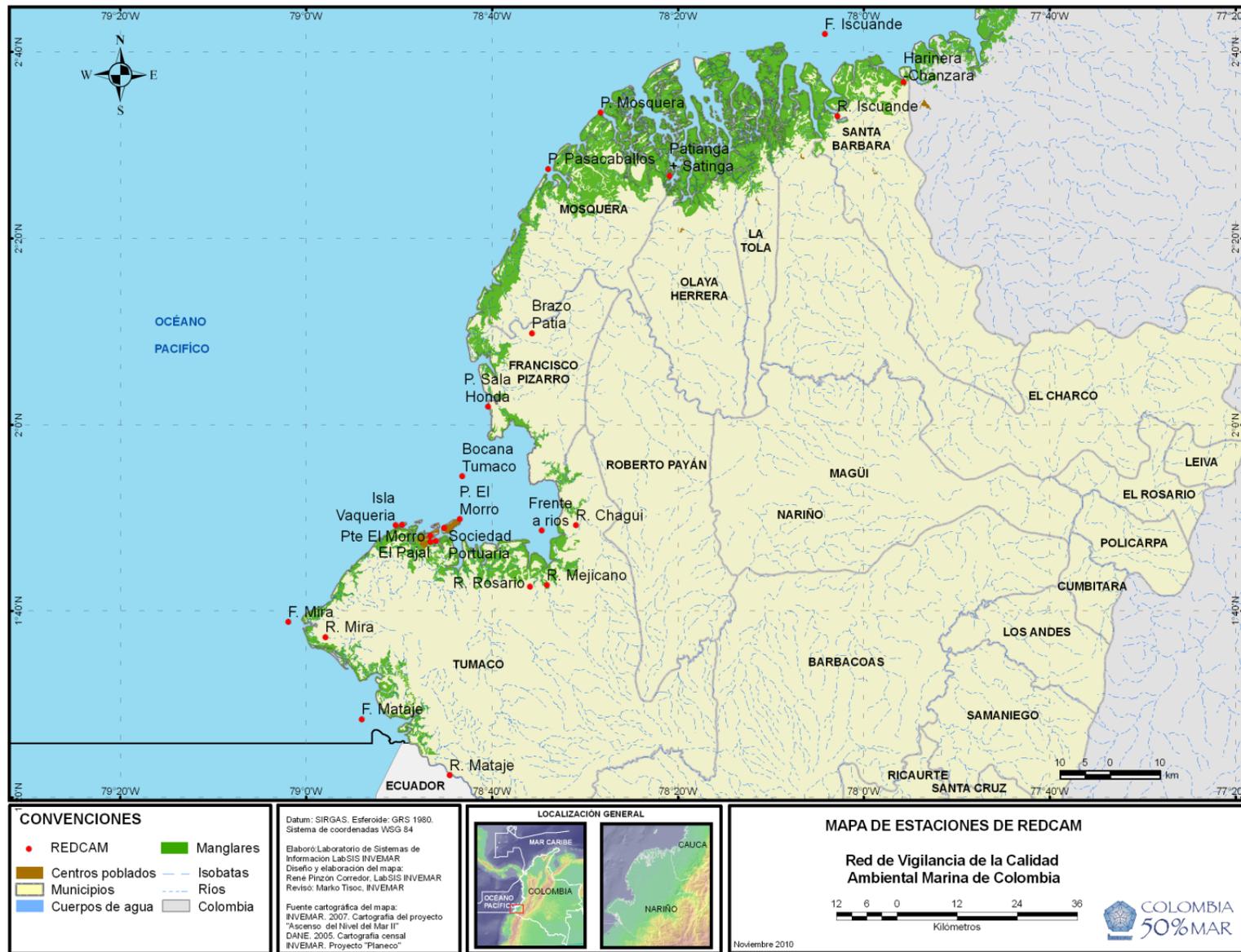


Figura 5.5-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de Nariño

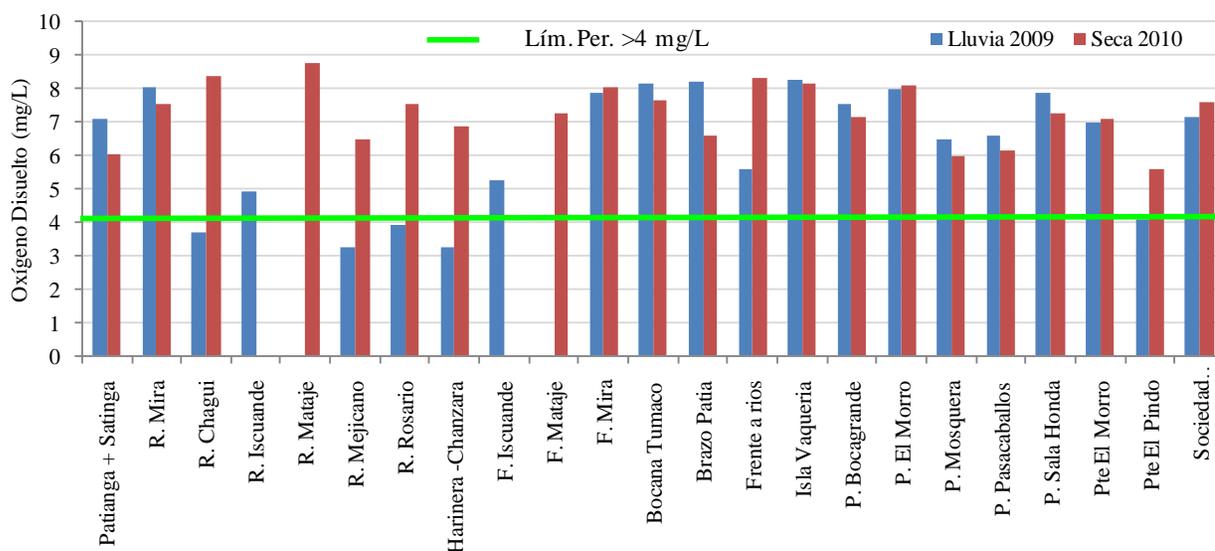


Figura 5.5-2. Concentraciones de oxígeno disuelto OD medido en aguas superficiales de Nariño en la época lluviosa de 2009 y la época seca de 2010. La línea verde es el límite permisible > 4 mg/L para la preservación de la vida acuática.

5.5.2.2 Nutrientes y Sólidos

Históricamente, la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en los ríos ha estado en el rango de 0.8– 795.3 mg/L. Para la época comprendida entre el segundo semestre de 2009 y primero de 2010 los valores se encuentran entre 22.2 – 445.6 mg/L siendo el río Patianga – Satinga el que realiza los mayores aportes de sólidos, principalmente en el segundo semestre debido que para esta época se registran las mayores precipitaciones en esta zona, lo cual conlleva al aumento en sus caudales que origina un arrastre y resuspensión de sedimentos (FEN, 1993; IDEAM, 2001; Martínez *et al.*, 2001). En los tributarios se observa que las concentraciones de nitritos han fluctuado entre 0.86– 121.39 $\mu\text{g/L}$ N-NO₂, las de nitratos entre 0.86 –338.9 $\mu\text{g/L}$ N-NO₃, el amonio entre 2.57- 706.3 $\mu\text{g/L}$ N-NH₄, los fosfatos entre 1.34 – 2600 $\mu\text{g/L}$ P-PO₄³⁻ y los silicatos entre 2.57 – 7548.74 $\mu\text{g/L}$ Si. Durante el periodo evaluado los máximos niveles de nutrientes fueron aportados por los ríos Mira, Patía, Iscuandé Mejicano, Mataje, Patianga – y Satinga (Figura 5.5-3 y Figura 5.5-4). Estos valores se encuentran dentro del rango registrado en este departamento y pueden ser consecuencia de los vertidos de aguas servidas de las poblaciones ribereñas y al lavado de los suelos de los cultivos agrícolas a lo largo de sus cuencas.

La concentración histórica de SST en las aguas marino costeras estuvieron en el rango de 2.42– 727.1 mg/L, para la época comprendida entre el segundo semestre de 2009 y primero de 2010 los valores se encuentran entre 24.1– 486.8 mg/L registrando el mayor valor la estación Frente a ríos la cual se encuentra influenciada por los ríos Rosario, Mejicano y Chagui, en especial en el segundo semestre, donde se registran las mayores precipitaciones para el Pacífico aumentando el aporte de agua dulce por parte de los tributarios que desembocan en la zona costera (FEN, 1993; IDEAM, 2001). A lo largo del proyecto, las aguas marino costeras han presentado concentraciones promedio de nitritos de 7.55 ± 15 $\mu\text{g/L}$ N-NO₂, nitratos 34.65 ± 69.1 $\mu\text{g/L}$ N-NO₃, amonio 20.3 ± 33.9 $\mu\text{g/L}$ N-NH₄, fosfatos 15.6 ± 21.7 $\mu\text{g/L}$ P-PO₄³⁻ y silicatos 716.66 ± 1091 $\mu\text{g/L}$ Si. Durante el periodo de lluvias del 2009 y seca del 2010 las concentraciones más altas de estos nutrientes, se presentaron frente al río Iscuande, frente a Ríos, puente el Pindo, estero Pajal y playa Salahonda (Figura 5.5-3 y Figura 5.5-4). Lo anterior se debe a la influencia de los ríos Iscuande, Mira y Patia y los municipios de Tumaco y Francisco Pizarro, por el vertimiento de

aguas servidas sin ningún tipo de tratamiento, arrastre de fertilizantes químicos en las zonas agrícolas, resuspensión de sedimentos y degradación de materia orgánica ([Martínez et al., 2001](#)).

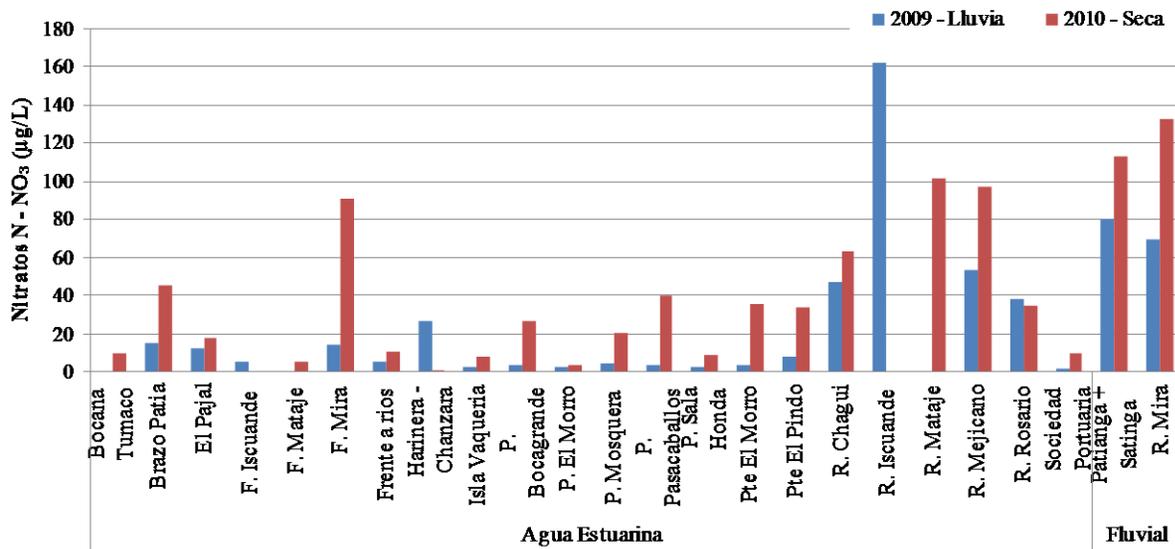


Figura 5.5-3. Concentraciones de nitratos (N-NO₃) medidas en aguas superficiales del departamento de Nariño durante la época lluviosa del 2009 y la época seca de 2010.

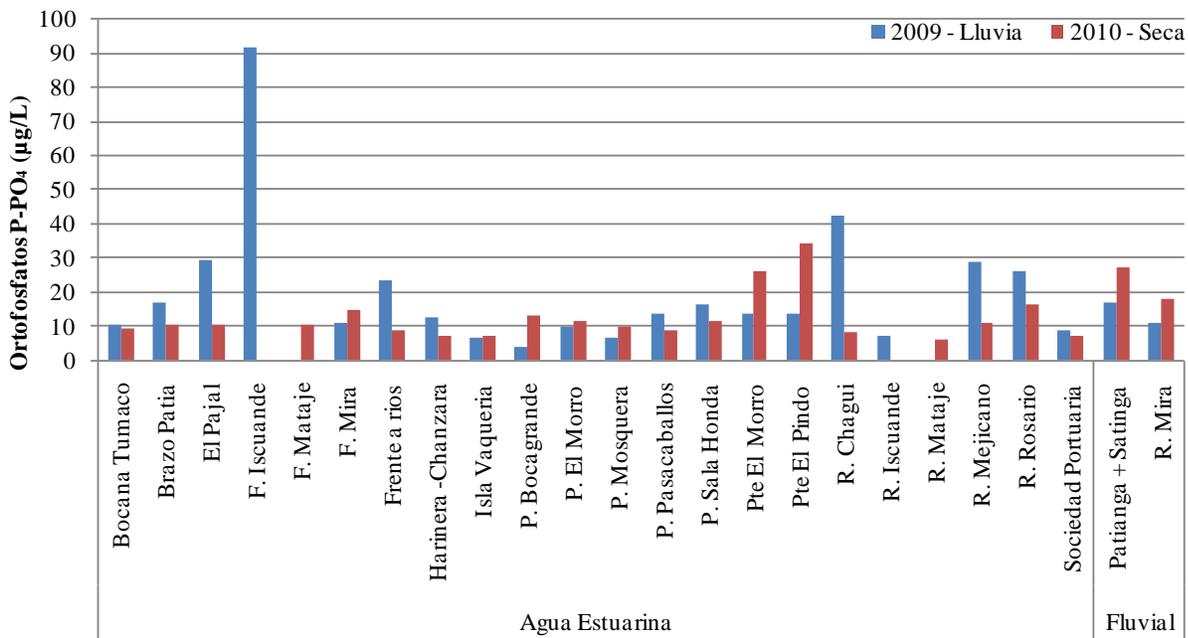


Figura 5.5-4. Concentraciones de fosfatos (P-PO₄) medidas en aguas superficiales del departamento de Nariño durante la época lluviosa del 2009 y la época seca de 2010.

5.5.3 Contaminación Microbiológica

El análisis de indicadores microbiológicos de contaminación fecal en este departamento comprende desde el segundo semestre de 2001 hasta el primer semestre de 2010, siendo los ríos que desembocan en la zona costera los que realizan los mayores aportes de Coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE), con promedios de 7370 NMP/100 mL y 3780 NMP/100 mL, respectivamente. Durante el primer monitoreo de 2010 que se realiza entre marzo y abril, se registran las mayores concentraciones de CTT (Figura 5.5-5), el cual coincide con el primer periodo lluvioso en este departamento (FEN, 1993; IDEAM, 2001). Estas precipitaciones sumadas a las escorrentías superficiales, rebose de aguas servidas, resuspensión de sedimentos y arrastre de suelos a los tributarios pueden incrementar considerablemente las cargas microbianas en los cuerpos de agua. (Figeras *et al.*, 2000 y Noble *et al.*, 2003). Durante el segundo semestre de 2009 el río Chagüi con 7900 NMP/100 ml presenta los mayores aportes de CTT; mientras para el primer semestre de 2010 los rangos más elevados se presentaron en las estaciones Patianga – Saquianga, ríos Mira y Patía (Figura 5.5-5); estos valores sobrepasan el límite establecido en la normatividad colombiana que es 5000 NMP CTT/100 mL para aguas destinadas a actividades de contacto secundario como la pesca (Figura 5.5-5; MinSalud, 1984) y se deben a la influencia de las poblaciones ribereñas que descargan sobre sus vertientes las aguas servidas sin ningún tipo de tratamiento. La presencia de los Coliformes puede incidir en la salubridad de los ecosistemas y afectar la calidad de los productos hidrobiológicos como peces, camarones y pianguas.

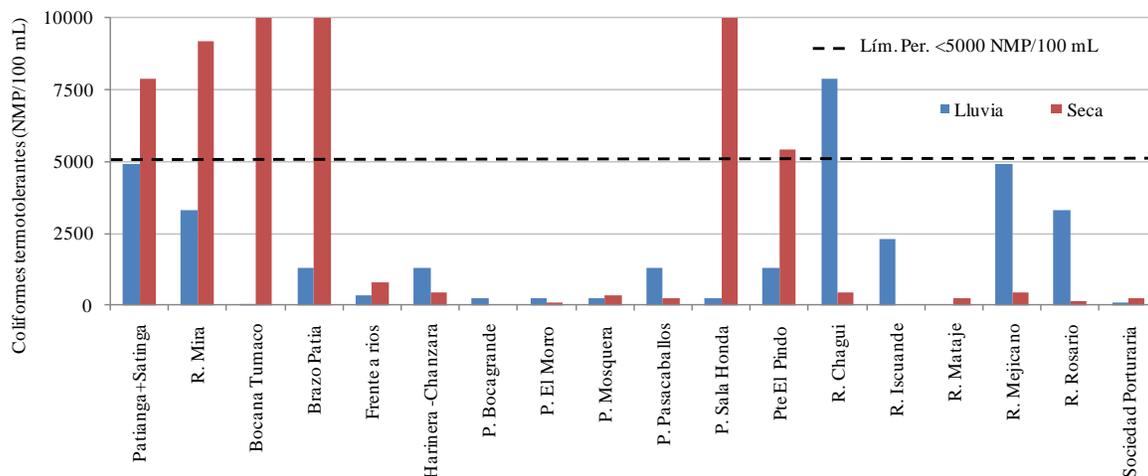


Figura 5.5-5. Coliformes totales medidos en aguas superficiales en la época lluviosa de 2009 y la época seca de 2010. La línea discontinua es el límite permisible de < 5000 NMP/100mL (Minsalud, 1984).

Las playas de Bocagrande, el Morro, Pasacaballos y Salahonda en el segundo muestreo de 2009 mostraron características inadecuadas para actividades de contacto primario, mientras que en 2010 solo la playa de Salahonda se encontró por encima del límite permisible para aguas destinadas a la recreación, natación y los deportes náuticos según la legislación colombiana (Minsalud, 1984). De acuerdo a los criterios de la Organización Mundial de la Salud, donde el mínimo nivel de riesgo para los bañistas se presenta cuando la concentración de enterococos supera 40 UFC/100 mL, todos los balnearios fueron aptos para actividades recreativas de contacto primario el último año de muestreo, exceptuando la playa de Salahonda (118 UFC/ 100 mL) en época seca 2010.

5.5.4 Hidrocarburos y Plaguicidas

El análisis de hidrocarburos en este departamento se inicio en el 2001 hasta 2010 (época seca), mostrando los promedios máximos en las época secas de 2001 y 2008, y en las lluviosas de 2006 y 2009 (Figura 5.5-6). En la época seca del 2001, se presentaron concentraciones por encima del valor máximo permisible de 10 µg/L recomendado por la [UNESCO \(1984\)](#) en las estaciones Río Tapaje 33.7 µg/L, Río Mataje 21.24 µg/L, Desembocadura Río Iscuandé 19.9 µg/L, Boca Iscuandé 13.4 µg/L, Río Iscuandé 13.0 µg/L y Río Mira 11.35 µg/L. Después de esta fecha las concentraciones de Hidrocarburos Disueltos y Dispersos -HDD detectadas en aguas superficiales han estado por debajo de los valores límites establecidos para aguas no contaminadas. En la época de lluvias de 2009 los valores más altos de hidrocarburos disueltos y dispersos se registraron en las estaciones Frente a Ríos (7.76 µg/L), playa el Morro (7.05 µg/L), la Harinera (6.31 µg/L), río Chagui (4.02) y Puente el Pindo (3.08 µg/L), mientras que en la temporada seca de 2010 el valor más alto se reporta en el Puente el Pindo con 1.62 µg/L. Estos valores se encuentran por debajo de 10 µg/L recomendado por la [UNESCO \(1984\)](#).

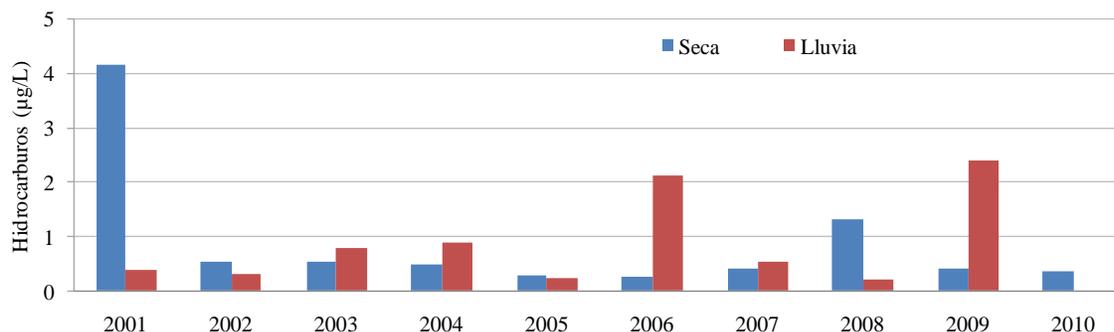


Figura 5.5-6. Promedio histórico de hidrocarburos medidos en las estaciones del Departamento de Nariño.

En el caso de los plaguicidas los resultados obtenidos con el proyecto REDCAM en los años comprendidos entre 2001 y 2009, muestran que los mayores valores se presentan en la época seca. Se han registrado concentraciones que superan el límite de 30 ng/L establecido como referencia para aguas no contaminadas ([EPA, 2008](#)), en la temporada seca de 2001 en las estaciones río Tapaje (75.2 ng/L), Boca Tapaje (66.9 ng/L), frente río Tapaje (48.6 ng/L) y Boca Iscuande (70.9 ng/L), en 2002 en la estación Salahonda brazo Patía (70.3 ng/L), en 2004 la Bocana de Tumaco (78.7 ng/L) y en el 2008 se registró la concentración más alta del departamento de 124.9 ng/L en el Puente el Morro. En los años restantes se aprecian promedios de concentración que oscilan entre 0.09 – 16.67 ng/L, sin evidenciar cargas altas de OCT en las estaciones monitoreadas que causen impacto sobre el medio marino, llegando incluso en algunas estaciones a ser indetectables actualmente (Figura 5.5-7).

Los resultados del proyecto indican un aporte significativo de estas sustancias a través de los ríos de la región sur de Nariño, debido a que en su recorrido atraviesan zonas agrícolas dedicadas al cultivo de palma africana, cacao y algunos cultivos ilícitos que drenan principalmente residuos de DDT y sus isómeros. Para la época lluviosa de 2009 los valores estuvieron entre un rango de 3.0 – 6.1 ng/L, los cuales no colocan en riesgo la biota marina; Sin embargo en la época seca de 2010 en las estaciones el estero Pajal, Puente el Pindo y los ríos Mejicano, Rosario y Chagüí se detectó un incremento en las concentraciones con valores entre 25.0 – 29.4 ng/L. Históricamente las estaciones con mayores contenidos de OCT en sus aguas o que eventualmente han presentado las concentraciones más altas se localizan en el sector sur de la región incluyendo la ensenada de Tumaco (estaciones Frente a Ríos y Bocana); y en el

Norte del departamento especialmente el Río Iscuande y la estación Playa Pasacaballos; en esta última, debido a la influencia de los ríos Sanquianga y Satinga que desembocan muy cerca de esta playa.

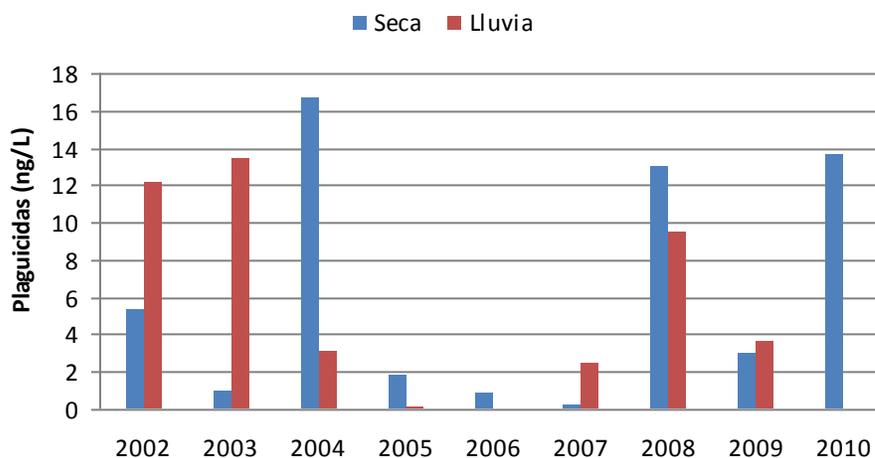


Figura 5.5-7. Promedio histórico de plaguicidas organoclorados medidos en las estaciones del Departamento de Nariño

En el 2009 se inicio el monitoreo de un nuevo grupo de moléculas que son plaguicidas de uso actual. De las 9 moléculas analizadas (Diuron, Diazinon, Clorotalonil, Metil Paration, Bromacil, Clorpirifos, fenamifos, Cis y Trans-Permetrina), en el periodo de estudio sólo se detectó Metil Paration en el río Mejicano (17,4 ng/L), Bocana Ensenada de Túmaco (17,5 ng/L) y Frente a Ríos (19,1 ng/L) debido a la influencia de los ríos Rosario, Chagui y Tablones que desembocan en la Ensenada. Los niveles para estas nuevas moléculas se encuentran por debajo del valor de referencia dado por la [EPA \(2008\)](#) y no representa riesgo para los organismos acuáticos

5.5.5 Metales Pesados

En el departamento de Nariño los estudios realizados han sido puntuales y en su mayoría realizados en la ensenada de Tumaco. No se tienen datos de la calidad marina en la totalidad de la zona costera del departamento por lo cual el monitoreo adelantado por la REDCAM desde 2001, se convierte en un buen acercamiento del estado de las aguas costeras de esta zona. En las cuencas de varios ríos del departamento se realizan actividades de extracción de oro, especialmente en los Municipios de Barbacoas, Magüi, Sotomayor y Cumbitara, cuyos residuos son drenados al río Patía. Las costas del departamento de Nariño, como el caso de la ensenada de Tumaco, hacen parte de un sistema ecológico complejo donde se llevan a cabo procesos diversos: de transporte, mezcla, morfodinámicos, trofodinámicos, energéticos y químicos, entre otros. Influidos externamente por los factores atmosféricos (precipitación, radiación solar, vientos), oceánicos (olas, mareas, corrientes), terrestres (nutrientes y sedimentos), antropogénicos (desechos industriales y domésticos), lo cual favorece que se presenten grandes fluctuaciones en las condiciones del medio, de una u otra forma puede explicar el comportamiento y la presencia de algunos de los tóxicos analizados ([Garay et al., 2006](#)).

Durante el muestreo realizado durante la época de lluvias de 2009 se evidencia un incremento en las concentraciones de cadmio (Cd) y cromo (Cr) registrándose las mayores concentraciones de estos elementos en las estaciones playa Salahonda (3.49 µg/L) y puente el Pindo (17.4 µg/L) para Cd y Cr respectivamente. No obstante, estos valores con referencia a valores de normas internacionales como [EPA \(2002\)](#) y [CONAMA \(1986\)](#) han estado por debajo de los niveles referenciado como de riesgo, sin embargo su persistencia en el medio puede incrementar su biodisponibilidad a los ecosistemas adyacentes,

repercutiendo negativamente en la calidad de las aguas costeras del departamento, tal como se ha expuesto con anterioridad para la problemática ambiental marina de otros departamentos. En el caso del plomo (Pb) se presentó el mayor valor en la estación Sala Honda Brazo Patía con una concentración de 19.9 µg/L.

Aun cuando se detecta la presencia de metales pesados (Cd, Pb y Cr). No se evidencian impactos en la zona costera del departamento de Nariño a lo largo del monitoreo de la REDCAM. Por otra parte, también se observa que a medida que ha avanzado el monitoreo las concentraciones en aguas de estos elementos han disminuido. En general, las concentraciones de estos metales medidos en las aguas costeras del departamento son relativamente bajas, presentando un rango para Cd de 0.30 a 3.49 µg/L y para Cr entre 0.05 y 17.4 µg/L. Estos valores con referencia a valores de normas internacionales como [EPA \(2002\)](#) y [CONAMA \(1986\)](#), han estado por debajo de referenciado como de riesgo (10 µg/L para Cd y 50 µg/L para Cr). Tal como se ha expuesto anteriormente, su presencia en el medio aun en concentraciones muy bajas, puede deberse en parte al mal manejo de los residuos generados de la minería así como la mala disposición de los residuos industriales y domésticos que igualmente favorecen el incremento de estos metales en el medio, por lo cual es importante continuar el monitoreo en esta zona con el fin de evaluar las posibles fuentes de estos elementos en los ríos. Con referencia al Pb, el rango ha estado entre 0.05 a 55.6 µg/L, sin embargo se presentó un dato atípico de 317.4 µg/L en la estación Brazo largo Novillal en la época de lluvias de 2001. En general los valores para este elemento han estado por debajo de los referenciados como de riesgo en normas internacionales (500 µg/L [EPA, 2002](#)).

5.5.6 Conclusiones

En las estaciones de los ríos Mira, Patía, Iscuandé, Mejicano, Mataje, Patianga + Satianga y frente al río Iscuande, frente a Ríos, puente el Pindo, estero Pajal y playa Salahonda, se registran las mayores concentraciones de nitratos y ortofosfatos, debido al vertimiento de aguas servidas sin ningún tipo de tratamiento y arrastre de fertilizantes de las poblaciones ribereñas.

Los ríos Mira, Rosario, Patía e Iscuandé aportan la mayor cantidad de microorganismos indicadores de contaminación fecal a la zona costera del departamento debido a la descarga directa de aguas servidas, desechos orgánicos y agroquímicos que arrojan la población. Las playas Mosquera Bocagrande, Salahonda, el Morro y Pasacaballos presentaron condiciones microbiológicas no aptas para el desarrollo de actividades recreativas según la legislación colombiana. Esta situación que puede estar favorecida por la influencia del municipio Francisco Pizarro y el río Patía.

En la actualidad las concentraciones de HC en aguas son muy inferiores al valor de referencia (<10 µg/L) y no reflejan los impactos de estos contaminantes sobre el ambiente debido al carácter hidrofóbico de estos compuestos. A pesar de la prohibición de algunos plaguicidas organoclorados, aún se detectan concentraciones de estos compuestos en las aguas marino-costeras del departamento, evidenciando un incremento de los niveles especialmente en los ríos Rosario, Mejicano y Chagui. Las características de persistencia y el uso por actividades como las campañas contra la malaria, inmunización de la madera o cultivos ilícitos pueden ser la fuente de la presencia de estas sustancias en las aguas costeras del departamento.

Los metales cadmio y cromo analizados en las aguas costeras en el departamento, no muestran concentraciones que generen riesgo de contaminación según las normas internacionales relacionadas, sin embargo es importante continuar su seguimiento debido al incremento presentado en el último periodo.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P. (A.A.S. S.A. E.S.P.). 2008. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos Municipio de Arboletes, Antioquía. Arboletes. 96 p.
- Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P. (A.A.S. S.A. E.S.P.). 2009. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos. Municipio de San Juan de Urabá, Antioquía. San Juan de Urabá. 95p.
- Acuña, N.B., B. Lerman, R. Meyer, Haye, M.A y M.I Gilli. 1998. Evaluación de niveles de contaminación bacteriana en aguas. Factores intervinientes. Revista FABICIB 2: 61-67.
- Adra - Agencia para el desarrollo Nacional de Antioquía. 2006. Subregión Urabá antioqueño. <http://www.adra.org.co/Documentos/RelacionesCorporativas/Subregiones/Caracterizacion/Urab a.pdf>. 31/08/2010.
- Ahn, J.H., S. B. Grant, C.Q. Surbeck, P. M. DiGiacomo, N. P. Nezlin y S. Jiang. 2005. Coastal Water Quality Impact of Stormwater Runoff from an Urban Watershed in Southern California. *Environmental Science and Technology*. 39 (16): 5940–5953
- Alcaldía Municipal de Arboletes. 2005. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Módulo 1, Diagnóstico y Análisis Brecha. 167p.
- Alcaldía Municipal de Guapi - Cauca. 2005. Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Guapi. 139 p.
- Alcaldía Municipal de Guapi – Cauca. 2008a. Plan de Desarrollo Municipal de Guapi Cauca 2008-2011. Trabajando con Experiencia. Guapi, 227 p.
- Alcaldía Municipal de Guapi – Cauca. 2008b. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el municipio de Guapi-Cauca. 393p
- Alcaldía Municipal de López de Micay Cauca. 2005. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos municipio López de Micay 2005-2019. 99p.
- Alcaldía Municipal de López de Micay. 2003. Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de López de Micay. 344p. <http://www.crc.gov.co>. 111. 20/10/2010.
- Alcaldía Municipal de Medio San Juan. 2009. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Municipio de Medio San Juan (Andagoya) – Departamento del Chocó. 177 p. http://mediosanjuan-choco.gov.co/PGIRS_Medio_San_Juan.pdf. 29/11/2010.
- Alcaldía Municipal de Necoclí. 2004. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Tomo I Capítulo 1: Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos. 100p.
- Alcaldía Municipal de Necoclí. 2008. Plan de Desarrollo Municipal 2008 – 2011 “bienestar social para tod@s”. 381p. <http://www.necocli-antioquia.gov.co>. 31/08/2010. 31/08/2010.
- Alvarado, J.J. y J.F. Aguilar. 2009. Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino, Pacífico, Costa Rica. *Revista Biología Tropical*. 57:19-29.
- APHA, AWWA, WEF. 2005. Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association (APHA), Washington, DC. 570 p.
- Arvanitidou, M., K. Kanellou, V. Katsouyannopoulos y A. Tsakris. 2002. Occurrence and densities of fungi from northern Greek coastal bathing waters and their relation with faecal pollution indicators. *Water Research* 36: 5127 – 5131.
- Atwood D.K., F.J. Burton, J.E. Corredor, G.R. Harvey, A.J. Mata-Jiménez, A. Vásquez-Botello y B.A. Wade. 1988. Petroleum Pollution in the Caribbean. *Oceanus*. 30(4): 25-32
- Badel, D. 1999. Diccionario histórico-geográfico de Bolívar. Bogotá. Gobernación de Bolívar, Instituto Internacional de Estudios del Caribe, Carlos Valencia Editores. 454p.

- Barrera, S. 2001. Plan nacional de gestión de aguas residuales. Primer informe de avance. Ministerio del medio Ambiente y Universidad de los Andes. Bogotá. 86 p.
- Beamonte, E., A. Casino, E. Veres y J. Bermúdez. 2004. Un indicador global para la calidad del agua. Aplicación a las aguas superficiales de la Comunidad Valenciana. *Estadística Española*. 46 (156): 357 - 384
- Benedict, R.T y C. M. Neumann. 2004. Evaluating Oregon's beach sites for application to United States Environmental Protection Agency's Beach Act criteria. *Marine Pollution Bulletin*. 49: 630-636
- Bernal, G., Montoya, L. J., Garizábal, C. y Toro, M. 2005. La complejidad de la dimensión física en la problemática costera del Golfo de Urabá, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 8 (1): pp. 123- 135
- Bianucci, S.P., A.R. Ruperto, C.A. Depettris y M.T. Clemente. 2005. Aplicación de indicadores de impacto ambiental al estudio de calidad de aguas continentales: caso de la laguna Los Lirios, Resistencia, Argentina. *Comunicaciones científicas y tecnológicas*. Resumen T-0.38. UNNE: www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/7-Tecnologia/T-038.pdf
- Bordalo, A., R. Onrassami y C. Dechsakulwatana. 2002. Survival of faecal indicator bacteria in tropical estuarine water (Bangpakong River, Thailand). *Journal of Applied Microbiology*. 93: 864-871.
- Campos, N.H. et al. 1996. Primer taller "Programa de monitoreo de la contaminación en la costa Caribe y océano Pacífico de Colombia". Ministerio del Medio Ambiente e Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés". INVEMAR. 113 p.
- CAN - Comunidad Andina. 2001. Segundo Taller "Conservación de Ecosistemas Transfronterizos y Especies Amenazadas". Lima. Peru. http://www.comunidadandina.org/desarrollo/t2_d2a2.htm. 1/10/2010.
- Casanova R.F. y L.A. Calero, 1997. Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y sustancias contaminantes en el pacífico colombiano. *Bol. Científico CCCP* 6:29-43.
- Casanova, R. 1996. Estudio de la contaminación por compuestos organoclorados en la costa Pacífica colombiana. Tumaco. *Boletín Científico del CCCP* 5: 141-159.
- Castro, L., J. Betancourt y R. Casanova. 2001. Influencia de la marea en la variación de los niveles de parámetros hidroquímicos en el Pacífico Colombiano (Ensenada de Tumaco). *Boletín Científico CCCP*. 8: 52-62.
- CCCP - Centro Control Contaminación del Pacífico. 2001. Caracterización y Evaluación del Litoral Pacífico – Fase VIII. Informe técnico. San Andrés de Tumaco. 103 p.
- Cedeño, C. J., J. Gonzales y S. Guiza. 2001. Compilación y análisis de datos geoquímicos de metales traza en algunas zonas del río Magdalena (Colombia). *Ingeominas*. 59 p.
- Centro Control Contaminación del Pacífico - CCCP. 2001. Caracterización y Evaluación del Litoral Pacífico – Fase VIII. Informe técnico. CCCP. San Andrés de Tumaco. Colombia.
- Chevillot, P. A., Molina, L., Giraldo, C. y Molina., 1993. Estudio Geológico e Hidrográfico del Golfo de Urabá. *Boletín Científico C.I.O.H.* 14: 79-89.
- Cifuentes, J.L., P. García y M. Frías. 2009. *El Océano y sus recursos: Oceanografía física, matemáticas e ingeniería*. Edit. Fondo de cultura Económica. México. 160 p
- Cognetti, G., M. Sara y G. Magazzu. 2001. Los factores físicos y químicos. 37 – 74. En: Cognetti, G. (Ed.). *Biología Marina*. Editorial Ariel S.A, Barcelona, 617 p.
- Comunidad Andina. 2010. Tráfico Portuario en los Países Andinos y en España 2000 – 2008. 57p. <http://www.comunidadandina.org/estadisticas/SGde312.pdf>. 25/11/2010.
- CONAMA. - Consejo Nacional del Medio Ambiente de Brasil. 1986. Resolución CONAMA No. 20, de 18 de junio de 1986. 18 p.
- Concesión Unión Temporal Gorgona. 2010. Plan de Manejo Ambiental (actualización enero del 2010).
- CORMAGDALENA - Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena. 2009. Boletín de prensa N° 32. <http://www.cormagdalena.com.co>. 30/10/2009.

- CORPOURABA - Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá. 2010. Evaluación y Diagnostico de la Calidad Ambiental Marina del Departamento de Antioquia, Golfo de Urabá, Municipios de Arboletes, San Juan de Urabá, Turbo y Necoclí. 85p.
- CORPOURABA - Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá. 2000. Plan de ordenamiento territorial del municipio de Turbo. Acuerdo N°. 015. Concejo del municipio de Turbo. Alcaldía de Turbo, Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Antioquia y Escuela Superior De Administración Pública (ESAP).
- CORPOURABA - Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá. 2008. Agua, recurso de vida. Litografía Dinámica. Medellín. 77 p.
- CRC – Corporación Autónoma Regional del Cauca. 2002. Plan de Gestión Ambiental Regional del Departamento del Cauca. CRC. Popayán. 209 p.
- DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2002. Dirección de síntesis y cuenta nacionales. http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/ena/Result_fin_arroz_2002.pdf. 06/10/2008
- DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2005. Censo general 2005. Información básica DANE Colombia. Procesado con Redatam+SP, CEPAL/CELADE 2007. <http://www.dane.gov.co/> Con acceso el 28/10/2008.
- DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2010. Colombia. Proyecciones de población municipales por área 2005 - 2020. <http://www.dane.gov.co/>. 06/09/2010.
- Davies, C., J. Long, M. Donald y N. Ashbolt. 1995. Survival of fecal microorganisms in marine and freshwater sediments. *Applied and Environmental Microbiology*. 61 (5): 1888 – 1896.
- De La Lanza, G. 2001. Características fisicoquímicas de los mares de México 1.9.1. Editorial UNAM, México D.F., 169 p.
- Dickerson J.W., C. Hagedorn y A. Hassall. 2007. Detection and remediation of human-origin pollution at two public beaches in Virginia using multiple source tracking methods. *Water Research*. 41: 3758 – 3770.
- Edge, T. y S. Hill. 2007. Multiple lines of evidence to identify the sources of fecal pollution at a freshwater beach in Hamilton Harbour, Lake Ontario. *Water Research* 41: 3585 – 3594.
- Elmir, S., M. Wright, A. Abdelzaher, H. Solo-Gabriele, L. Fleming, G. Miller, M. Rybolowik, M. Peter, S. Pillai, J. Cooper y E. Quaye. 2007. Quantitative evaluation of bacteria released by bathers in a marine water. *Water Research*. 41: 3 – 10.
- EPA - Environmental Protection Agency of US. 1999. National Recommended Water Quality Criteria– Correction. U.S. EPA, 401 M. Street, S.W., Washington, D. 26 p.
- EPA - Environmental Protection Agency of US. 2002. National Recommended Water Quality Criteria. United States Environmental Protection Agency. EPA-822-R-02-047. 36 p.
- EPA - Environmental Protection Agency of US. 2008. Screening Quick Reference Tables (SQuiRTs). http://response.restoration.noaa.gov/faq_topic.php?faq_topic_id=6#7. 27/03/09.
- Escobar, J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Naciones Unidas. CEPAL. Serie Recursos naturales e infraestructura N° 50. 68 p.
- Espinosa L.F (Ed.). 2010. Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente Marino en los Países del Pacífico Sudeste. Caso Colombia. INVEMAR, CPPS. Santa Marta. 147 p.
- Fabricius K.E. 2005. Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin* 50: 125–146.
- FEN - Fondo para la Protección del Medio Ambiente. 1993. Colombia Pacífico. Tomo 1. www.lablaa.org/blaavirtual/indicecpacifico2.htm 19/10/2009.
- Fewtrell, L y J. Bartram. 2002. Water quality. Guidelines, standards and health: Assessment of risk and risk management for water–related infections disease. World Health Organization. Ginebra, Suiza. 424 p.

- Figaras, M. J., J. J. Borrego, E. B. Pike, W. Robertson y N. Ashbolt. 2000. Sanitary Inspection and Microbiological water Quality. Monitoring Bathings Waters: A practical guide to the desing and implementation of assessments and monitoring programmes Eds. WHO. 114-167.
- Fleisher, J., D. Kay, R. Salmon, F. Jones, M. Wyer y A. Godfree. 1996. Marine waters contaminated with domestic sewage: nonenteric illnesses associated with bather exposure in the United Kingdom. *American Journal of Public Health* 86 (9): 1228 – 1234.
- Gabutti, G., A. De Donno, F. Bagordo y M.T. Montagna. 2000. Comparative survival of fecal and human contaminants and use of *Staphylococcus aureus* as an effective indicator of human pollution. *Marine Pollution Bulletin*. 40: 697–700.
- Gamarra J. R. 2007. La economía del departamento del Cauca: concentración de tierras y pobreza. Banco de la República: Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER) – Cartagena, Colombia. ISSN 1692-3715.
- Garay, J. 1993. Implicaciones ambientales portuarias de Cartagena MARPOL 73/78. *Bol. Cient. CIOH* 14: 47- 66.
- Garay, J. 1993b. Informe final del proyecto regional FP/5101-90-02-6912 UCR/CAR/COI/CIOH. “Evaluación del impacto sobre ecosistemas marinos costeros generados por el uso de plaguicidas en zonas agrícolas (arroceras) adyacentes a la ciénaga de La Virgen, municipio de Cartagena, Colombia”. CIOH, Cartagena.
- Garay, J. 1994. Inventario sobre capacidades portuarias para recepción y manejo de residuos contaminantes provenientes de buques – fase II (Barranquilla y Santa Marta). *Bol. Cient. CIOH*. 15:67-92.
- Garay, J. A. y L. Giraldo. 1997. Influencia de los aportes de materia orgánica externa y autóctona en el decrecimiento de los niveles de oxígeno disuelto en la bahía de Cartagena. *Boletín Científico CIOH*. 18: 1-13.
- Garay, J. y A. M. Vélez. 2004. Programa Nacional de Investigación, Evaluación, Prevención, Reducción y Control de Fuentes Terrestres y Marinas de Contaminación al Mar – PNICM. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés”- INVEMAR. Santa Marta. 110 p.
- Garay, J.; G. Ramirez; J. Betancourt; B. Marín; B. Cadavid; L.Panizzo; J. Lesmes; H. Sanchez y A. Franco. 2003a. 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, 177p.
- Garay, J.A., B. Marín, G. Ramírez, J. Betancourt, W. Troncoso, M.L. Gómez, B. Cadavid, A.M. Vélez, D. y L.J. Vivas. 2003b. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y pacífico colombiano. Red de vigilancia para la protección y conservación de la calidad de las aguas marinas y costeras. Diagnóstico 2002. INVEMAR. 263 p.
- Garay, J; L.A. Castro y C. Ospina. 1992. Contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo en el litoral Caribe colombiano, Cispata hacia Riohacha. *Bol. Cient. CIOH*, 10.
- Garay-Tinoco, J.A., D.I. Gómez-López y J. R. Ortíz-Galvis (Eds). 2006. Diagnóstico integral del impacto biofísico y socioeconómico relativo a las fuentes de contaminación terrestre en la bahía de Tumaco, Colombia y lineamientos básicos para un Plan de Manejo. Proyecto del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA - Programa de Acción Mundial PAM) y Comisión Permanente del Pacífico Sur CPPS. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR- Centro Control Contaminación del Pacífico CCCP- Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO. Santa Marta, 262 p.
- García-Valencia C. (Ed.) 2007. Atlas del Gofio de Urabá: Una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR y Gobernación de Antioquia. Serie de publicaciones especiales. 12. Santa Marta. 180 p.
- Garzón –Ferreira J. 1998. Problemática ambiental en los mares colombianos. Colombia patria de tres mares. Lisboa. *Expolisboa* 98: 214-220.
- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO–IOC/WMO/WHO/AIEA/UN/UNEP- Joint Group of Experts on the Scientific Aspects on Marine Environmental Protection). 1975. *Marine Pollution*. Informe de la 17a Reunión, OMI Londres, 23-24 abril 1974, GESAMP, Reports and Studies, (s.n.).

- Giraldo, A., E. Rodriguez_Rubio y F. Zapata. 2008. Condiciones oceanográficas en isla Gorgona, Pacífico oriental tropical de Colombia. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 36(1): 121-128.
- Gobierno de Barbados, 2004. "Marine Pollution Control Act: List of Prohibited Concentrations." En 1998-40-4, Apéndice F.
- Gómez, J. 2010. Análisis de la calidad del agua del río Ranchería. *Ecoguaajira*. 4: 12-15.
- Gómez-Velásquez, F.A., N. J. Aguirre, J. B. Urhán y M. Toro. 2008. Distribución de dos indicadores bacterianos de calidad de aguas en el Golfo de Urabá. *Gestión y Ambiente*. 11(3): 87-95.
- González-Lozano, M.C., L. Mendez-Rodríguez, D. López-Veneroni y A. Vásquez-Botello, 2006. Evaluación de la Contaminación en sedimentos del área portuaria y zona costera de Salina Cruz, Oaxaca, México. *Revista Interciencia*. 31 (9): 647-656.
- González, M., T. Torres y S. Chiroles. 2003. Calidad microbiológica de aguas costeras en climas tropicales. *Revista Cuba, Medio ambiente y Desarrollo*. 4: 1-5.
- Guerrero, E.; E. Podlesky y M. Restrepo. 1980. Estudio de la contaminación por mercurio en un estuario tropical (Bahía de Cartagena, Colombia S.A.) y evaluación de la magnitud de sus efectos sobre una población expuesta, 1976 – 1979. Informe técnico.
- Herrera, A y P. Suárez. 2005. Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad ambiental del agua costera. *Interciencia* 30 (3): 171-176.
- Hose, G., G. Gordon, F.E. McCullough, N. Pulver y B.R. Murray. 2005. Spatial and rainfall related patterns of bacterial contamination in Sydney Harbour estuary. 3:349-358.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2001. El Medio Ambiente en Colombia. Segunda Edición. www.ideam.gov.co/publica/index4.htm. 05/10/2009.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2009. Graficas de seguimiento de la precipitación decadal. : <http://institucional.ideam.gov.co/>.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2010. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de "El Niño". Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Boletines N° 4 – 5 – 7 – 8. www.pronosticosyalertas.gov.co. 15/12/2010.
- IDEAM. 2010a. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de "El Niño". Boletín No. 13. 20/04/2010.
- IDEAM. 2010b. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Boletín informativo sobre el monitoreo de los fenómenos de "El Niño" y "La Niña". Boletín No. 15. 04/06/2010.
- IDEAM. 2010c. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Boletín informativo sobre el monitoreo de los fenómenos de "El Niño" y "La Niña". Boletín No. 17. 28/07/2010.
- IDEAM. 2010d. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de "La Niña". Boletín No. 22. 8/11/2010.
- IDEAM. 2010e. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de "La Niña". Boletín No. 23. 8/11/2010.
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2008. Atlas básico de Colombia. 7 ed. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Imprenta Nacional, Bogotá. 704 p.
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2010. Mapa oficial de la República de Colombia. <http://www.igac.gov.co:10040/wps/portal/igac/raiz/iniciohome/Mapas%20de%20Colombia/Aplicaciones/LimitesEntidadesTerritoriales>. 13/12/2010.
- IGAC- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2002. Atlas de Colombia. 5 ed. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Imprenta Nacional, Bogotá. 320 p.

- INCOPLAN – PARSONS. 1999. Estudio de Ordenamiento Físico Portuario y Ambiental de los Litorales Colombianos: Caracterización de la Infraestructura Portuaria. www.minambiente.gov.co/documentos/CAPITU~8.DOC. 25/11/2010.
- INGEOMINAS, 1998. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Pacífico colombiano. Publicación geológica especial # 21. Bogotá, 111p.
- INVEMAR. 2001. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. –REDCAM- Informe técnico. Instituto de investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR-.Santa Marta, Colombia. 249 p.
- INVEMAR. 2002. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. –REDCAM- Diagnostico Nacional. Informe técnico. Santa Marta, Colombia. 260 p
- INVEMAR. 2002. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. –REDCAM- Diagnostico Nacional. Informe técnico. Instituto de investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” –INVEMAR-.Santa Marta, Colombia. 260 p
- INVEMAR. 2006. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. –REDCAM- Informe técnico. Instituto de investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR-. Santa Marta, Colombia. 338 p
- INVEMAR. 2007. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. –REDCAM- Informe técnico. Instituto de investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR-. Santa Marta, Colombia. 198 p
- INVEMAR. 2007. Monitoreo de calidad de aguas, sedimentos, fauna asociada a manglar y bentos en el área de influencia del dragado en el puerto de Buenaventura. INVEMAR, Coordinación de Servicios Científicos. Informe Técnico de Avance, para la empresa Jan de Nul, Santa Marta. 200 p.
- INVEMAR. 2008. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. –REDCAM- Informe técnico. Instituto de investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR-. Santa Marta, Colombia. 301 p
- INVEMAR. 2010. Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia – SIAM. Base de datos. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. <http://www.invemar.org.co/siam/redcam>. 22/11/2010.
- INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO. 2006. Unidad Ambiental Costera de la Llanura Aluvial del Sur: Caracterización, Diagnóstico Integrado y Zonificación Ambiental. Editado por: A. López. INVEMAR – CRC - CORPONARIÑO. Santa Marta, 383 p.
- INVEMAR/CRC/CORPONARIÑO/IIAP. 2003. Formulación del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera del complejo de las bocanas de Guapi-Iscuandé, Pacífico colombiano. Fase I - Caracterización y Diagnóstico. Editado por: P. Sierra y A. López. INVEMAR. Santa Marta, 575 p.
- James, R. J. 2000. From beaches to beach environments: linking the ecology, human-use and management of beaches in Australia. *Ocean & Coastal Management*. 43: 495-514
- Lapointe, B.E. 1997. Nutrient Thresholds for Bottom-Up Control of Macroalgal Blooms on Coral Reefs in Jamaica and Southeast Florida. *Limnology and Oceanography*, Vol. 42, No. 5, Part 2: The Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms. (Jul., 1997), pp. 1119-1131.
- Lara, M. P. 2003. Muelle “El Waffe” Turbo, Colombia. Informe Técnico No 6. Barcelona. 249p.
- Lonin, S., C. Parra, C. Andrade y Thomas Y. 2007. Patrones de la Pluma Turbia del Canal del Dique en la Bahía de Cartagena. *Boletín Científico CIOH*. 22: 77-88.

- Mallin, M. K. Williams, C. Esham y P. Lowe. 2000. Effect of human development on bacteriological water quality in coastal watersheds. *Ecological applications*. 10 (4): 1047 – 1056.
- Marciales, C. y M. Duarte, 1988. Determinación de Cd, Cu, Cr, Pb y Zn en sedimentos de la Bahía de Cartagena. *Mem. VI Sem Nal Cien. Tecnol. Mar*, Diciembre 5-6 y 7: 314-324.
- Marín B., L. Martín, J.L. Garay, W. Troncoso, J. Betancourt, M. Gómez, J. Acosta, J. Vivas y A. Vélez. 2003. Sistema de Indicadores de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia - SISCAM. Programa Calidad Ambiental Marina. Informe Técnico Final. INVEMAR. 184 p.
- Marín, B. 2002. Descripción de la escala conceptual indicativa del grado de contaminación. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de la calidad de las aguas marinas y costeras. Informe Final. Anexo 4. Programa Calidad Ambiental Marina – INVEMAR.
- Marín, B., J. Garay, W. Troncoso, J. Acosta, J. Betancourt, M. Gómez, L. Vivas, B. Cadavid y G. Ramírez. 2004. Diagnostico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. REDCAM. INVEMAR. Santa Marta, diciembre 2004. 304 p.
- Marrugo, A. 1990. Estudio de la contaminación marina por hidrocarburos en el litoral sur Pacífico Colombiano. *Bol. Cient. CCCP* 1: 41-54.
- Marrugo, A. J. 1993. Estudio de la contaminación marina por hidrocarburos en el Pacífico Colombiano – Fase III. *Boletín Científico del CCCP* 4: 47-60.
- Martínez A., 2010. Ubicación, Extensión y Límites – Cauca. <http://www.todacolombia.com/departamentos/cauca.html>. 20/10/2010.
- Martínez, G., J. Alvarado y W. Senior. 2001. Estudio físico-químico de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Manzanares. Caracas. Venezuela. *INTERCIENCIA*. 26(8): 342 – 351.
- MAVDT - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia. 2010. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá. 124 p.
- Mejía, G. y Gómez J. 1999. Seminario Internacional Gestión Ambiental de Residuos Sólidos y Peligrosos, Siglo XXI: Los desechos generados por la Industria Bananera Colombiana. 1-9. Memorias Congreso AIDIS. Medellín. ACODAL.
- Meybeck, M. 1982. "Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers." *American Journal of Science* 282(4):401-450.
- MinSalud - Ministerio de Salud. 1984. Decreto No. 1594 del 26 de junio. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. 61 p.
- Miravet, M.E., O. Ramírez, J. Montalvo, Y. Delgado y E. Perigó. 2009. Índice numérico cualitativo para medir la calidad de las aguas costeras cubanas de uso recreativo. Serie Oceanológica: <http://oceanologia.redciencia.cu/articulos/articulo53.pdf>
- MMA/PNUMA/UCR/CAR. 2000. Global Environment Facility; Informe Final. Informe nacional sobre el uso y manejo de plaguicidas en Colombia, Tendiente a Identificar y proponer alternativas para reducir el escurrimiento de plaguicidas al Mar Caribe. Bogotá, 124 p.
- Naciones Unidas. 1992. Programa 21: Un Plan de Acción en pro del Desarrollo Sostenible- Texto definitivo de los acuerdos logrados por los Gobiernos en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) 3–14 de junio de 1992, Río de Janeiro, Brasil, Naciones Unidas, NY. USA.
- Navas Camacho R, K. Gómez Campo, J.C. Vega Sequeda, T. López Londoño, D.L. Duque, A. Abril y N. Bolaños. 2010. Estado de los arrecifes coralinos. (73-100) En: INVEMAR. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2010. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 319 p.

- Noble, R., M. Leecaster, C. Mcgee, S. Weisberg y K. Ritter. 2004. Comparison of bacterial indicator analysis methods in stormwater-affected coastal waters. *Water Research*. 38: 1183 – 1188.
- Noble, R., S Weisberg, M. Leecaster, C. McGee, J. Dorsey, P. Vainik.y V. Orozco-Borbon. 2003. Storm effects on regional beach water quality along the southern California shoreline. *Journal of Water Health* 01(1): 23-31.
- Observatorio DDHH, 2010. Programa Presidencial de Derechos Humanos y Derecho Internacional Humanitario. Diagnóstico de la situación de los municipios habitados por las comunidades afrocolombianas priorizadas por la Honorable Corte Constitucional en el departamento de Cauca. Programa presidencial para la protección y vigilancia de los Derechos Humanos y el Derecho Internacional Humanitario. Presidencia de la República de Colombia. Acción Social. 21 p. www.derechoshumanos.gov.co. 31/10/10.
- Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos y DIH. 2004. Algunos indicadores sobre la situación de los derechos humanos en la región del Urabá antioqueño, Colombia. <http://www.reliefweb.int/library/documents/2004/govcol-col-27oct11.pdf>. 07/09/2010.
- Oli, M. y N. Krstulovi. 1992. Separate and combined effects of solar radiation, temperature, salinity, and pH on the survival of faecal coliforms in seawater. *Marine Pollution Bulletin*. 24(8): 411-416.
- Olyphant, G. 2005. Statistical basis for predicting the need for bacterially induced beach closures: Emergence of a paradigm? *Water Research*. 39: 4953–4960
- OMS - Organización Mundial de la Salud 0. 2003. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: Coastal and fresh waters. 219 p. Comparison of culture-based Prats, J., T. Garcia-Armisen, J. Larrea y P. Servais. 2007. Comparison of culture – based methods to enumerate *Escherichia coli* in tropical and temperate freshwaters. *Letters in Applied Microbiology*. 46: 243-248.
- OMS - Organización Mundial de la Salud. 2003. Guidelines for safe recreational water environments. Coastal and fresh waters, vol 1. 219 p.
- Pagliardini, J. I., M. A. Gómez, H. Gutiérrez, S. I. Zapata, A. Jurado, J. A. Garay y G. Vernet. 1982. síntesis del proyecto Bahía de Cartagena. *Bol. Cient. CIOH* (4): 49-110.
- Palacios, M. y Moreno, C. 1992. Estudio de la influencia de la marea en el río Guapi. Tumaco. *Boletín Científico CCCP*, 3: 3-13.
- Parra J.P y L.F. Espinosa. 2007. Acumulación de Pb, Cd y Zn en sedimentos asociados a la especie de mangle *Rhizophora mangle* en el Río Sevilla, Ciénaga Grande de Santa Marta. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 120: 347-354
- PNUMA. 1994. Perspectiva regional sobre las fuentes de contaminación de origen terrestre en la región del Gran Caribe. Informe Técnico del PAC No. 33.76p.
- PNUMA. 2008. Guía para el muestreo, preparación y análisis de contaminantes orgánicos en muestras ambientales (agua, suelos/sedimentos y biota). Manual del Programa del Monitoreo Costero del Proyecto GEF-REPCar. PNUMA Programa Ambiental del Caribe. Kingston. 121p.
- Prahl H. Von, Cantera, J., Contreras, R.1990. Manglares y Hombres del Pacifico Colombiano. Fondo FEN Colombia. Editorial Presencia. Bogotá. 193p.
- Rajendran, R. B., T. Imagawa, H. Tao y R. Ramesh. 2005. Distribution of PCBs, HCHs and DDTs, and their ecotoxicological implications in Bay of Bengal, India. *Environment International* 31: 503– 512.
- Ramos-Ortega, L., L. Vidal, S. Vilarity, y L. Saavedra-Díaz. 2008. Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Acta Biológica Colombiana*. 13 (3): 87 – 98.
- Redfield, A.C. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. *Am. Sci.* 46:205-221.
- Restrepo J.D., P. Zapata, J.M. Díaz, J. Garzón-Ferreira, C. García y J.C. Restrepo. 2005. Aportes fluviales al mar Caribe y evaluación preliminar del impacto sobre los ecosistemas costeros. 189-215. En: Restrepo J.D. Los sedimentos del río Magdalena: Reflejo de la crisis ambiental. Universidad EAFIT. Medellín. 189–215.

- Restrepo, J.D., P. Zapata, J.M. Díaz, J. Garzón-Ferreira y C.B. García. 2006. Fluvial fluyes into the Caribbean Sea and their impacts on coastal ecosystems: The Magdalena River, Colombia. *Global and Planetary Change* (50): 33-49.
- Rodríguez-Rubio, E. y A. Giraldo-López, 2001. Surgencia oceánica en el Pacífico colombiano durante febrero – marzo de 1997: aproximación oceanográfica utilizando sensores remotos. Resumen ampliado. IX Congreso Latinoamericano Sobre Ciencias Del Mar. San Andrés 16-20, 2001. 5 p.
- Roldán, G.A. y J.J. Ramírez. 2008. Fundamentos de Limnología neotropical. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, 440p.
- Salas, H. 2000. Historia y aplicación de normas microbiológicas de calidad del agua en el medio marino. En <http://www.ingenierioambiental.com/4014/historia.pdf>. Diciembre de 2009
- Sampson, R.W, S.A. Swiatnicki, V.L. Osinga, J.L. Supita, C.M. McDermott y G. T. Kleinheinz. 2006. Effects of temperature and sand on E. coli survival in a northern lake water microcosm. *Journal of Water and Health*. 4:389-393
- Savichtcheva, O y S. Okabe. 2006 .Alternative indicators pollution: Relation with pathogens and conventional indicators, current methodologies for direct pathogen monitoring and future application perspectives. *Water Res.*, 40: 2463-2476.
- Selvakumar, A y M. Borst. 2006. Variation of microorganism concentrations in urban stormwater runoff with land use and seasons. *Journal of Water and Health*. 4:109-124.
- Serguei, L., C. Parra, C. Andrade, y. Thomas. 2003. Patrones de la pluma turbia del canal del Dique en la bahía de Cartagena. *Boletín Científico CIOH*. (22): 77–90.
- Shibata, T., H. M. Solo-Gabriele, L. E. Fleming y S. Elmir. 2004. Monitoring marine recreational water quality using multiple microbial indicators in an urban tropical environment. *Water Research* 38: 3119–3131
- SIDAP Antioquia - Sistemas Departamentales de Áreas Protegidas. 2010. Atlas de áreas protegidas del Departamento de Antioquia. Editor, Raúl Alberto Cáceres Cárdenas. 180 p.
- Silva, N. y D. Guerra. 2008, Distribucion de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes en el canal Pulluche-Chacabuco. Chile (crucero CIMAR o fiordos). *Revista Ciencia y Tecnología del mar*. 31(2): 29-43.
- SSPD. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2009b. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia. Diagnóstico 2009. Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI. www.superservicios.gov.co. 04/08/2010
- Suárez, M. 2002. Tendencia actual del Estreptococo como indicador de contaminación fecal. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 40(1):38-43.
- Sunderland, D., T.Graczyk, I. Tamang y P. Breyse. 2007. Impact of bathers on levels of *Cryptosporidium parvum* oocysts and *Giardia lamblia* cyst in recreational beach waters. *Water Research* 41: 3483 – 3489.
- Superintendencia de Puertos y Transporte - SPT. 2005. Anuario Estadístico de Puertos 2005. www.supertransporte.gov.co. 29/10/2010.
- Superintendencia de Servicios Públicos domiciliarios SSPD. 2009a. Publicación de coberturas de acueducto y alcantarillado 2009. http://www.superservicios.gov.co/home/c/document_library/get_file?uuid=677a85f2-4604-4bfe-b163-6cacbbe9c0d9&groupId=10122. 06/09/2010.
- Taborda, B. 2007. El Puerto de Urabá como polo de desarrollo para Antioquia. Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia.16p. http://www2.epm.com.co/bibliotecaepm/biblioteca_virtual/documents/EL_PUERTO_DE_URABACOMOPOLO_DE_DESARROLLO_PARA_ANTIOQUIA.pdf. 03/05/2010
- Tejada, C., L. Castro. A. Navarrete. T. Cardona, L. Otero, F. Afanador, A. Mogollón y W. Pedroza. 2003. Panorama de la Contaminación Marina del Pacífico Colombiano. Centro Control Contaminación del Pacífico Colombiano. Ed. DIMAR. Serie Publicaciones Especiales Vol. 3, San Andrés de Tumaco, 120 p.

- Troncoso, W., L. Vivas, J. Sánchez, S. Narváez, L. Echeverri y J. Parra, 2009. Diagnóstico y Evaluación de Calidad de Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico Colombiano. Red de vigilancia para la protección y conservación de la calidad de las aguas marinas y costeras. Diagnóstico Nacional y Regional 2009. INVEMAR, Programa Calidad Ambiental Marina. Santa Marta, 185 p.
- Troncoso, W., L.J. Vivas y J. Garay. 2006. Fundamentos para el establecimiento de límites permisibles de los parámetros indicativos de la calidad de las aguas marinas y costeras d Colombia. Informe técnico final. Santa Marta, 89 p.
- Tyagi, V., A. Chopra, A. Kazmi y A. Kumar. 2006. Alternative microbial indicators of faecal pollution: current perspective. Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering 3 (3): 205 – 216
- UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 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.
- Vásquez J. G. 2010. Corporación Autónoma Regional de Urabá. Comunicación Personal.
- Vergaray, G., C.R. Méndez, H.Y. Morante, V.I. Heredia y V.R. Béjar. 2007. *Enterococcus* y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG. 10 (20): 82-86
- Vivas-Aguas L.J. 2010. Fuentes Terrestres de Contaminación. En: Espinosa L.F. (Ed.). Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente Marino en los países del Pacífico Sudeste. Caso Colombia. INVEMAR, CPPS. Santa Marta. 147 p.
- Vivas-Aguas, L.J. 2007. Calibración, validación e implementación de la batería de indicadores de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia. Informe Técnico de consultoría No. 0550-06. Convenio No. 001/04 OEI- MAVDT-IDEAM-INVEMAR. 41 p
- Vivas-Aguas, L.J., J.A. Garay, L.F. Espinosa, P. Abdul Asis y O. Bent. En prep. Estado de la calidad ambiental de las aguas marino-costeras y del aire en las islas de San Andrés y Providencia. En: CORALINA – INVEMAR (Ed.). Atlas de San Andrés.
- Wade, T., R. Calderon, E. Sams, M. Beach, K. Brenner y A. Williams. 2006. Rapidly measured indicators of recreational water quality are predictive of swimming-associated gastrointestinal illness. Environmental Health Perspectives 114: 24 – 28.
- WHO - World Health Organization. 1999. Health based Monitoring of Recreational Waters: The Feasibility of a New Approach (The “Annapolis Protocol”). Protection Of the Human Enviroment Water, Sanitation and Healrh Series. World Health Oroganisation, Geneva. WHO/SDE/WSH/99.1. 50 p.
- Yepes, V. 1999. Las playas en la gestión sostenible del litoral. Cuadernos de turismo. 4: 89-110.
- Zapata, F.A. 2001. Formaciones coralinas de isla Gorgona. pp. 27-40. En: L.M. Barrios & M. López-Victoria (eds.). Gorgona marina: contribución al conocimiento de una isla única. INVEMAR, Ser. Pub. Esp. 7, Santa Marta, 160 p.