

invemar

# Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico Colombiano 2008

## 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, 2008

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

## **2008**

**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, 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

### DIRECTIVOS INVEVAR

**FRANCISCO ARMANDO ARIAS ISAZA**  
Director General

**JESÚS ANTONIO GARAY TINOCO**  
Subdirector Coordinación de Investigaciones

**CARLOS PINILLA GONZALEZ**  
Subdirector Recursos y Apoyo a la Investigación

**GABRIEL RODOLFO NAVAS SUÁREZ**  
Coordinador (E) 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 INVEVAR

**WALBERTO TRONCOSO OLIVO**  
Coordinador Proyecto y Físicoquímicos

**JULIÁN MAURICIO BETANCOURT**  
Coordinador Laboratorios, hidrocarburos y Plaguicidas

**LUIS ADRIÁN ECHEVERRY**  
Hidrocarburos y Plaguicidas

**SILVIA NARVÁEZ, JOSÉ GREGORIO SÁNCHEZ Y PAOLA BAUTISTA**  
Microbiología

**BETTY CECILIA CADAVID Y JUAN PABLO PARRA**  
Metales pesados

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

**OSMAN ARAGÓN, HALBIN SERRANO, DEIVIS FLOREZ y CARLOS HENRY**  
Unidad de Laboratorios de Química

**LEONARDO ARIAS ALEMÁN**  
Laboratorio de Sistema de Información

**JESÚS A. GARAY TINOCO Y LUISA F. ESPINOSA**  
Asesores

## INFORME TÉCNICO 2008

### COMPILACIÓN Y EDICIÓN

Walberto Troncoso Olivo  
Lizbeth Janet Vivas Aguas  
Silvia Narvárez Florez  
José Gregorio Sánchez

### NODOS, ENTIDADES PARTICIPANTES Y COLABORADORES

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Chocó - CODECHOCO  
**Iván Restrepo**

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC

**Luisa M. Baena, Alejandro Pantoja y Alba N. Samboni**

Corporación Autónoma Regional del Cauca - CRC

**Luz Marina Prieto**

Corporación Autónoma Regional de Nariño - CORPONARIÑO

**Gerardo Arteaga, Marcela Caviedes y Javier H. López**

Corporación Autónoma Regional de la Guajira - CORPOGUAJIRA

**Jaime Pinto y Edwin Enrique Cera**

Corporación Autónoma Regional del Magdalena - CORPAMAG

**Ismael Acosta Morales**

Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA

**Alberto Escolar y Katusca García**

Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique - CARDIQUE

**Ildefonso Castro**

Corporación Autónoma Regional de Sucre - CARSUCRE

**Tulio Rafael Ruíz**

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge - CVS

**Domingo Montalvo**

Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá - CORPOURABA

**Jairo Guillermo Vázquez**

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - CORALINA

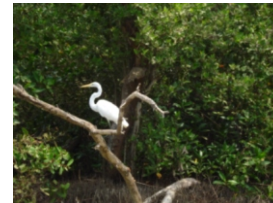
**Patricia Abdul-Azis y Alexander Secué**

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico - IIAP

**Lady Palacios**

### ESTUDIANTES

Luis G. Parra, Katy Henríquez, Tania Córdoba, María Angélica Salcedo y Karol Rodríguez



## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>3</b>
<b>1. ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>6</b>
2.1    VARIABLES MEDIDAS .....	6
2.2    MÉTODOS ANALÍTICOS.....	6
2.3    SISTEMA DE GESTIÓN DE BASE DE DATOS Y CARTOGRAFÍA .....	9
2.4    SISTEMA DE ÍNDICES PARA REPRESENTAR LA CALIDAD DEL AGUA MARINO-COSTERAS DEL PAÍS. ....	12
<b>DIAGNÓSTICO NACIONAL.....</b>	<b>15</b>
<b>3. ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL CARIBE Y PACIFICO COLOMBIANO .....</b>	<b>15</b>
3.1    FUENTES TERRESTRES DE CONTAMINACIÓN AL MAR. ....	17
3.2    COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS EN LAS AGUAS COSTERAS DEL PAÍS. ....	32
3.3    CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES .....	35
<b>REGIONAL CARIBE.....</b>	<b>47</b>
<b>4. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA COSTA CARIBE.....</b>	<b>47</b>
4.1    COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS .....	49
4.2    PRESENCIA DE CONTAMINANTES .....	53
4.3    SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA .....	63
4.4    LA GUAJIRA.....	79
4.5    MAGDALENA.....	97
4.6    ATLÁNTICO.....	117
4.7    BOLIVAR .....	137
4.8    SUCRE .....	151
4.9    CÓRDOBA.....	169
4.10   ANTIOQUIA.....	187
<b>REGIONAL PACÍFICO .....</b>	<b>203</b>
<b>5. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA COSTA PACÍFICA.....</b>	<b>205</b>
5.1    COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS .....	205
5.2    PRESENCIA DE CONTAMINANTES EN EL PACÍFICO .....	209
5.3    CHOCÓ PACÍFICO .....	217
5.4    VALLE DEL CAUCA .....	237
5.5    CAUCA .....	249
5.6    NARIÑO .....	269
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>291</b>





## INTRODUCCION

La REDCAM llegó a su octavo año de labores, en el que el seguimiento a la calidad de las aguas marino-costeras nos permite aumentar el conocimiento de los recursos hídricos marinos del país, con la esperanza en que podamos cambiar de paradigmas y costumbres sociales, de manera que incorporemos el bienestar costero, como uno de los bienes importantes para construir y mejorar, la calidad de vida de los colombianos.

Seguimos en la tarea de medir y comparar con las normas nacionales, internacionales y los históricos para saber la evolución de las condiciones de las aguas, aplicando además una nueva herramienta que aunque esta en el proceso de ajuste final, ya se esta ejecutando como una forma de darlo a conocer a los tomadores de decisiones para su uso cotidiano. El índice ha recorrido un trayecto de desarrollo que no termina aun, pero que requiere de la opinión de los usuarios para mejorar, es uno de los retos que enfrenta la actividad de la REDCAM: agilizar el diagnóstico de calidad conservando toda la infraestructura sobre la fue desarrollada.

Mediante el monitoreo sistemático de variables medidas en aguas costeras superficiales y en corrientes de agua continentales que se constituyen en fuentes de sustancias al mar territorial (Garay *et al.*, 2001), se continuará la labor de seguimiento a las condiciones de las aguas marino-costeras del país, con la interacción de las entidades que responden desde lo regional para la planificación, recolección y análisis de información sobre calidad de aguas marino-costeras de Colombia. Todo el sistema sirve a los propósitos del sistema nacional ambiental (SINA) en cabeza del Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). La información puede ser consultada en la Internet.

La REDCAM, definida como la interacción entre todas las entidades participantes mediante actividades de seguimiento a la calidad de las aguas marino-costeras, ofrece la disponibilidad de la información colectada, mediante la herramienta de estaciones de cómputo que se pueden conectar mediante acceso completo a una base de datos central en INVEMAR, que ofrece además sistemas cartográficos, estadísticas de la información y otras herramientas, que permite a los técnicos y administradores, conocer y repasar el estado actual e histórico de las calidad de las aguas marino-costeras. El sistema ayuda a los propósitos del sistema nacional ambiental (SINA) en cabeza del Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), para que el ambiente marino se integre a los planes de desarrollo en las regiones.

El sistema posee varias características que le hacen recibir elogios de varios sectores del país y del extranjero en donde se ha presentado. Su funcionamiento sin embargo, implica un esfuerzo continuo y permanente, que el país reconoce en estos momentos, pero que se debe persistir para sostenerlo y hacerlo parte de las herramientas que cualquier colombiano pueda usar.

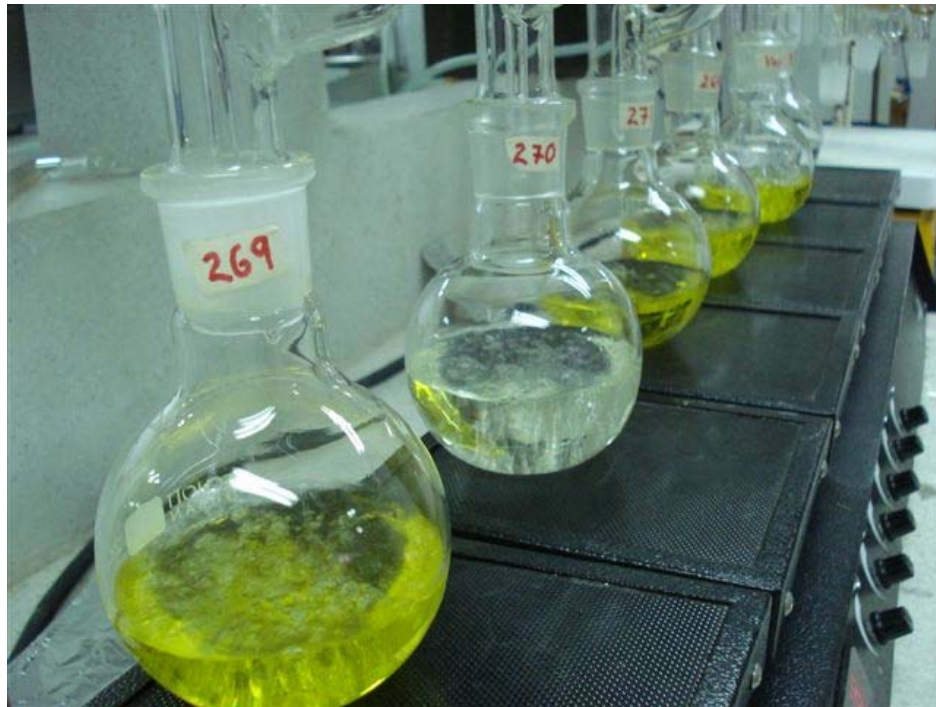
Durante estos años de labores, se ha detectado que la principal amenaza a las aguas costeras colombianas, son los vertimientos de aguas residuales de los poblados y ciudades costeras (DNP, 2002). Muchos de estos sitios, son objeto del turismo nacional e internacional (Santa Marta, Cartagena, San Andrés, etc.), la protección ambiental de dichas playas debe convertirse en prioridad nacional, más ahora que la política económica del país tiende a competir en el mercado internacional (tratados y áreas de libre comercio, convenios de biodiversidad y de protección a los ecosistemas marinos). Las inversiones en infraestructura turística del país, no serán suficientes para “vender” servicios turísticos en el país, si no se garantizan las mejores condiciones del agua para los bañistas y de una mejor conservación de los hábitats, ambientes naturales u otros paisajes que se promocionan hoy en día como destinos “ecoturísticos”.

El esfuerzo deberá ser concertado y liderado por el sector estatal, con la participación del sector industrial, por los continuos accidentes que ponen en riesgo no sólo la biota, sino la actividad del sector turístico. Eventos como el derrame de aceite vegetal en Santa Marta, el accidente del buque Saeta en Cartagena, los problemas de los puertos del Pacífico y la implementación de emisarios de aguas servidas sin tratamiento previo a las zonas costeras, son amenazas identificadas que deben ser atendidas y disminuidas.

Este informe contiene una descripción estacional y temporal de las variables fisicoquímicas, microbiológicas y contaminantes (Hidrocarburos del petróleo y Plaguicidas organoclorados) tanto en el Caribe, como en el Pacífico colombiano. En este documento se presentan los resultados del segundo muestreo de 2007 y del primer muestreo de 2008. También se muestra el Indicador de Calidad de aguas, según el uso que tenga el recurso.



# GENERALIDADES



Proceso en el laboratorio



## GENERALIDADES

### 1. ÁREA DE ESTUDIO

Colombia posee un potencial económico, cultural y de riquezas naturales al estar ubicado en la esquina norte de Sur América, donde posee costas tanto en el Mar Caribe, como en el océano Pacífico. Sus riquezas abracan un área similar en extensión, a la del territorio continental en su parte marina, que aun no es conocida en su totalidad. Por tal razón, es necesario propender por conservar en el mejor estado posible (Garay *et al.*, 2004), los recursos que no se han estudiado a fondo, para conocer el verdadero potencial de esa diversidad.

En la actualidad, la zona costera de los departamentos del Caribe, tienen explotación de gas natural, exploración de yacimientos de petróleo y un creciente tráfico de transporte marítimo, entre países de la región e incluso con Europa. Todo lo anterior, debe reflexionarse a la luz del potencial que el país pueda desarrollar en un futuro, sobre el material genético que la diversidad marina puede aportar en cuanto a tecnología de alimentos, medicamentos y quien sabe cuantos otros.

Las áreas costeras de la región del presentan, presentan constante alteración de sus propiedades naturales, como consecuencia del vertimiento continuo de desechos domésticos e industriales. Las aguas residuales domésticas carecen de tratamiento y son descargadas directamente en las aguas costeras o a través de los ríos, causando disminución de la calidad de las aguas marino-costeras (PNUMA, 1999). La actividad del seguimiento a la calidad de los recursos hídricos del país (que incluye las aguas marino-costeras), es una necesidad en actual momento histórico, por lo que significa para el bienestar social y el disfrute de las generaciones actuales y futuras (CCO, 2007)



Figura 2.1-1. Mapa de las zonas costeras de Colombia, incluidas las oceánicas (INVEMAR, 2008)



## 2. METODOLOGÍA

El territorio colombiano está influido por los cambios atmosféricos en cuanto a su clima, en lo general se presenta dos períodos climáticos bien definidos. Las salidas de campo se realizan durante dos campañas anuales: el primer muestreo se realiza durante los cinco primeros meses del año, que se corresponden con la época seca en el Caribe (entre enero y abril); el segundo muestreo se realiza en los últimos 5 meses del año, que generalmente abarca la época húmeda, entre septiembre y noviembre. Sin embargo, en algunas áreas del país, los muestreos realizados pueden ser influidos por factores que cambian las épocas de lluvia y sequía (IDEAM, 2000). La toma de muestras se realiza de manera coordinada entre el INVEMAR y cada corporación en su jurisdicción, para lo cual se desplazan los técnicos e investigadores a las estaciones, por vía terrestre o marítima. El trabajo de laboratorio se realiza en INVEMAR y en las corporaciones que poseen laboratorio para muestras ambientales (CORALINA, CVC, CARDIQUE y CORPOURABÁ), según la disponibilidad de infraestructura logística, equipos de laboratorios y profesionales especializados.

Las muestras de agua después de colectadas son transportadas a los laboratorios donde se procesan y luego la información se estandariza e ingresa en la Base de Datos, quedando a disposición del Sistema de Información de la REDCAM, integrada al Sistema de Información Ambiental Marino (SIAM). La cartografía base fue implementada por el Laboratorio de Sistemas de Información del INVEMAR (LABSIG), con los mapas elaborados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Departamento Nacional de Estadística (DANE). Cada año, tanto la cartografía como la base es actualizada y mantenida en óptimas condiciones para la divulgación de la información procesada.

### 2.1 VARIABLES MEDIDAS

Los parámetros fisicoquímicos medidos en las aguas costeras y continentales se resumen en la Tabla 2.2-1, que también recoge los métodos y unidades usadas en sus mediciones.

### 2.2 MÉTODOS ANALÍTICOS

Los métodos utilizados para la determinación de las diferentes variables se describen en el Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos (Garay *et al.*, 2003), que recogen algunos de los que referencia el libro “*Métodos de Referencia Estándar*”, los Manuales de Referencia de la UNESCO, Standard Métodos y el manual de Strickland y Parsons (1972) utilizados internacionalmente, ya que sus conceptos técnicos se mantienen vigentes.

#### 2.2.1 Físicoquímicos.

Los métodos usados en la determinación de las variables fisicoquímicas se relacionan en la Tabla 2.2-1 y se encuentran detallados en el Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos (Garay *et al.*, 2003).

## 2.2.2 Indicadores de contaminación microbiológica en aguas de contacto primario y secundario.

La legislación colombiana indica que la manera de medir condiciones de contaminación microbiana, es mediante los indicadores de contaminación fecal "*Coliformes fecales*". De igual manera se utilizan los valores guía de la OMS (Organización Mundial de la Salud, 2003) para "*Enterococos*", que se han usado ampliamente como grupos de elección para determinar la calidad microbiológica de estas masas de agua.

Tabla 2.2-1. Listado de Variables monitoreadas y sus métodos de análisis

TIPO VARIABLE	NOMBRE VARIABLE	METODO	UNIDAD DE MEDIDA
FISICOQUÍMICAS	Salinidad	Conductividad	‰
	Conductividad	Electrométrico	mS/cm
	pH	Electrodo	Unidad
	Oxígeno disuelto	Membrana permeable	mg/l
	% Saturación de Oxígeno		%
	Temperatura	Sensor electrico	°C
	Transparencia secchi	Disco Secchi	m
	Sólidos Suspendidos Totales	Gravimetría	mg/l
	Amonio	Colorimetría	ug/l
	Nitritos		ug/l
	Nitratos		ug/l
	Fosfatos		ug/l
Silicatos	ug/l		
Silicio	ug/l		
PLAGUICIDAS	Hexaclorociclohexano total	Cromatografía de gas	ng/l
	Aldrín		ng/l
	Heptacloro		ng/l
	Organoclorados totales		ng/l
	Sumatoria de los DDT y sus metabolitos		ng/l
HIDROCARBUROS	Hidrocarburos totales	Fluorimetría	ug/l
	Hidrocarburos aromáticos disueltos y dispersos		ug/l
METALES TRAZA	Cadmio	Espectrometría de emisión atómica con plasma Acoplado (ICPs)	mg/l
	Cromo		mg/l
	Plomo		mg/l
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes fecales	Número más probable	NMP/100 ml
	Coliformes totales		NMP/100 ml
	Enterococos fecales	Filtración por membrana	UFC/ 100

El método usado para la determinación tanto de Coliformes totales y fecales, es el 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 (Eaton *et al.*, 2005) y la norma establecida para las aguas colombianas (Ministerio de Agricultura, 1984).

La legislación colombiana a través del decreto 1594 (Ministerio de Agricultura, 1984), establece niveles permisibles para la destinación del recurso hídrico con fines recreativos mediante

contacto primario, como en la natación y el buceo y contacto secundario, como en los deportes náuticos y la pesca. Los niveles establecidos en el decreto son: para uso del recurso hídrico con fines recreativos mediante contacto primario Coliformes fecales 200 NMP/100 ml y para coniformes totales 1000 NMP/100 ml. En el caso de uso del recurso hídrico con fines recreativos mediante contacto secundario para Coliformes totales es de 5000 NMP/100 ml.

### 2.2.3 Residuos de Plaguicidas

El proceso analítico para residuos de plaguicidas organoclorados (OC) en agua, sigue el procedimiento descrito en el *Manual de Técnicas Analíticas para la determinación de Parámetros Físico-Químicos y Contaminantes Marinos: Aguas, sedimentos y organismos* (Garay *et al*, 2003) que se ajusta las recomendaciones de métodos de referencia como los del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Programa CEPOL de IOCARIBE. Esta metodología ha sido probada mediante ensayos de intercalibración con la Red de Análisis Químicos Ambientales para América Latina (RAQAL) y con el Laboratorio de Referencia del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) de Mónaco.

Para la determinación de plaguicidas OC se realiza una extracción líquido - líquido con soluciones al 6 y 15 % de éter etílico en hexano. El extracto obtenido se concentró en rotavapor y se purificó con ácido sulfúrico concentrado. Los residuos OC se cuantificaron en un cromatógrafo de gases Perkin-Elmer Autosystem con detector de Captura de electrones (ECD), en el cual se realizaron curvas de calibración de cinco puntos que contenían 50, 100, 150, 200 y 300 pg/ $\mu$ L de una mezcla de 18 pesticidas (TCL Pesticides Mix, SUPELCO Ref. 48913/4S8913): Aldrín, a-BCH, b-BCH, d-BCH, g-BCH, Dieldrín, Endosulfan I (a), Endosulfan II (b), Endosulfan sulfato, Endrín, Endrín aldehído, Endrín cetona, Heptacloro, Heptacloro epóxido isómero B, Metoxicloro, 4,4'-DDD, 4,4'-DDE y 4,4'-DDT y 50 pg/ $\mu$ L de estándar interno (2,4,5 TCB). Las condiciones de trabajo para el Cromatógrafo, se pueden leer en la Tabla 2.2-2.

Tabla 2.2-2 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 $\mu$ m
Tipo de inyección	Splitless
Temperatura del inyector:	220 °C
Temperatura del detector:	310 °C
Flujo del gas auxiliar (N <sub>2</sub> ):	60 ml/min
Flujo del gas de arrastre:	1,5 ml/min
Temperatura del horno:	Inicial: 150°C (4 min) Rata: 9°C/min Final: 300°C (5 min)

### 2.2.4 Hidrocarburos Disueltos y Dispersos

Para el tratamiento de las muestras de agua se siguen los lineamientos establecidos en el manual de técnicas analíticas del INVEMAR (Garay *et al.*, 2003). Se realizan 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) son medidos con la técnica fluorométrica. Se emplea un Espectrofluorómetro Shimadzu RF-5301 PC y 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.

### 2.2.5 Metales traza

Las muestras de agua son tratadas con Ditiocarbamato de Pirrolidín Amonio (APDC) a pH 4 y Metil isobutil cetona (MIBK) y extraídas con HNO<sub>3</sub> 4N. Las mediciones se hacen en un Espectrómetro de Emisión Atómica de Plasma Acoplado (ICP) marca SPECTRO. El equipo usa como fuente de emisión, un flujo de plasma de argón. El procedimiento realizado se describe en detalle, en el *Manual de Técnicas Analíticas para la determinación de Parámetros Físico-Químicos y Contaminantes Marinos: Aguas, sedimentos y organismos* (Garay et al, 2003).

## 2.3 SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN: BASE DE DATOS Y CARTOGRAFÍA.

El sistema de gestión de base de datos y cartografía es el encargado de mantener integrados, actualizados, organizados y centralizados los datos del monitoreo de calidad de aguas marinas y costeras de Colombia que realizan las instituciones miembro (nodos) de la Red de Vigilancia de la Calidad Ambiental Marina de Colombia – REDCAM (Figura 2.3-1).

La información suministrada por la salida de campo y los resultados de laboratorio van al sistema de la REDCAM donde se organizan según localización (estación), fecha, variable y un código preestablecido en la base de datos que sirve para identificar los datos y poder recuperarlos fácilmente. Los datos se pueden consultar en forma de gráficos, tablas estadísticas, mapas temáticos e indicadores de calidad de aguas, a través del portal del Sistema de Información Ambiental Marino de Colombia – SIAM en la página de INVEMAR ([www.invemar.org.co/siam](http://www.invemar.org.co/siam)).

### 2.3.1 Formas de salida de la información

El sistema ofrece a sus usuarios varias opciones de consulta de información y productos desde el portal de INVEMAR, tales como el listado de las estaciones de muestreo, variables, módulo de estadísticas, indicadores de calidad de aguas – ICAM y cartografía dinámica en línea que muestra la *calidad sanitaria de las playas y calidad de aguas marinas y costeras de Colombia* (Figura 2.3-2). Sólo los usuarios registrados en el sistema pueden ingresar, actualizar y consultar datos puntuales de cada muestreo.

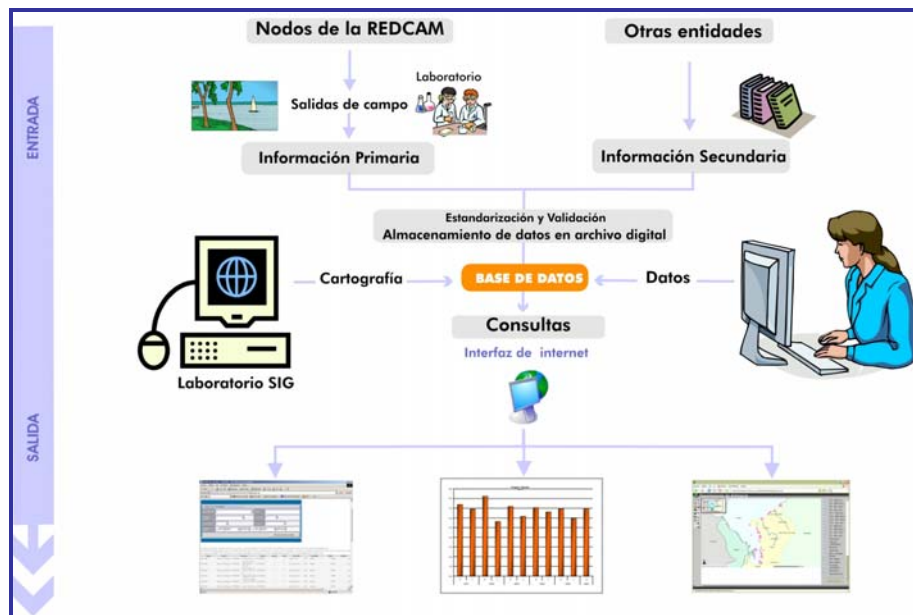


Figura 2.3-1. Entradas y salidas del sistema de información de gestión de base de datos de la información REDCAM.

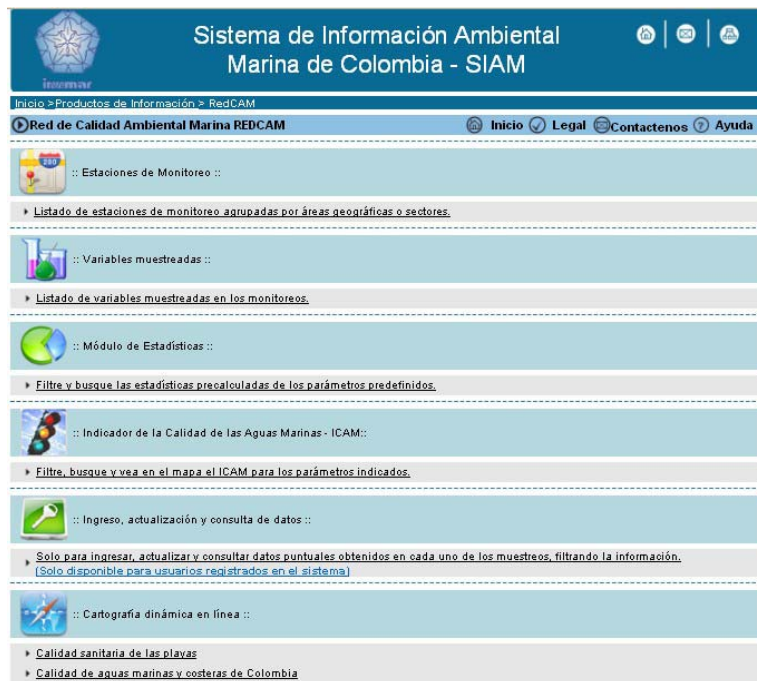


Figura 2.3-2. Consultas de información y productos de la Red de Vigilancia de la Calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. [www.invermar.org.co/siam](http://www.invermar.org.co/siam)

### 2.3.2 Estado Actual 2008

En este momento el sistema de información de la REDCAM contiene 191230 registros de 57 variables reportadas en 10324 muestras correspondientes a 14 años de monitoreo en las 981 estaciones históricas y vigentes de los 12 departamentos costeros del Caribe y Pacífico (Tabla

2.3-1). La base de datos del sistema está distribuida en 73,5% en parámetros fisicoquímicos, 12,6 % microbiológicos, 6,1% metales traza, 5,9 plaguicidas organoclorados y sólo el 1,8% en hidrocarburos del petróleo (Figura 2.3-3).

Tabla 2.3-1. Crecimiento de los datos en el Sistema de información de la REDCAM

<b>Año de operación</b>	<b>Estaciones de muestreo</b>	<b>Muestras analizadas</b>	<b>Registros almacenados</b>	<b>Total Variables</b>
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

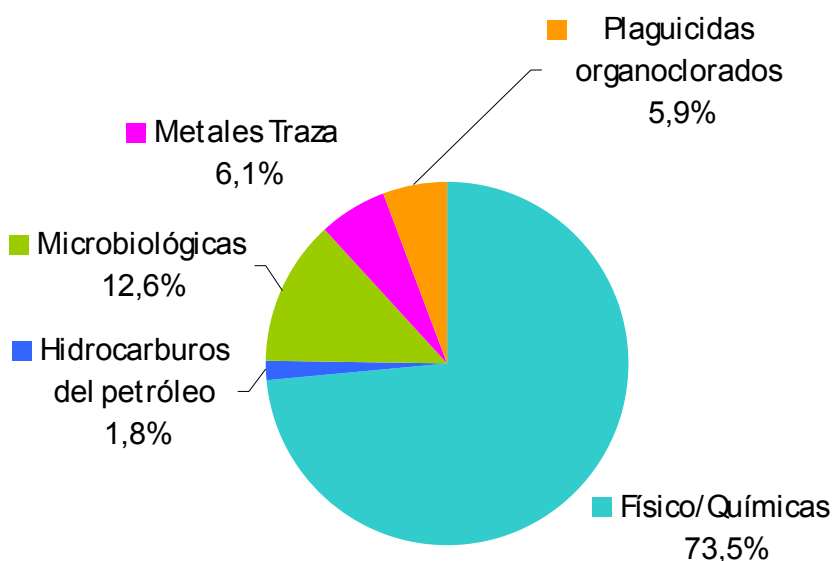


Figura 2.3-3. Distribución del tipo de datos contenidos en el Sistema de información de la REDCAM.

## 2.4 SISTEMA DE ÍNDICES PARA REPRESENTAR LA CALIDAD DEL AGUA MARINO-COSTERAS DEL PAÍS.

Desde el año 2007, se empezó a utilizar un índice para mostrar la calidad de las aguas marinas y estuarinas, su iconografía es sencilla de manera que con sólo observar el gráfico se pueda interpretar el sentido de la información.



Los indicadores de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia SISCAM, son la herramienta que intenta aliviar la necesidad de una referencia para evaluar el estado de la calidad de las aguas marinas y costeras, teniendo en cuenta los usos y tipos de aguas que existen en nuestras zonas costeras.

El indicador consta de una serie de funciones que califican uno a uno los parámetros involucrados, los cuales son ponderados dentro de una sumatoria por bloques (diferencia entre los parámetros naturales y los contaminantes introducidos por la actividad humana). Al final de los cálculos se obtiene un porcentaje numérico, que se asocia un concepto de calidad entre cuatro opciones. Cada opción es relacionada con un color que indica rápidamente la condición de las aguas evaluadas (Marín *et al*, 2003).

La ecuación 1 representa el algoritmo general, que incluye sumatorias separadas de los bloques de parámetros naturales (físicoquímicos) y de contaminantes. Dentro de los bloques sumados, se incluye una calificación de cada variable media, multiplicada por un factor que pondera la importancia de cada uno de los parámetros (Marín *et al*, 2003).

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

### 2.4.1 Parámetros Utilizados

Dos conjuntos de variables son usadas en bloques para el cálculo, un primero comprende aquellos parámetros físicoquímicos que describen la calidad natural del agua y un segundo grupo de variables que involucran los contaminantes inorgánicos, orgánicos y microbiológicos, que representan las alteraciones de dicha calidad por actividades antrópicas.

En la Tabla 2.4-1, se presentan los catorce parámetros que fueron seleccionados como indicadores de la calidad físicoquímica y microbiológica de las aguas para conformar el indicador. Esta selección fue hecha por el grupo Calidad Ambiental Marina de INVEMAR, en el marco del proyecto “*Formulación y Diseño del Sistema de Gestión de Indicadores Ambientales Marinos y Costeros de Colombia*”.

Tabla 2.4-1. Parámetros utilizados para evaluar la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia. Modificado de: Decreto 1594 de 1984.

No	TIPO	COD	NOMBRE	UNIDAD
1	Físico/Químicos	NO2	Nitritos	µg/l
2	Físico/Químicos	NO3	Nitratos	µg/l
3	Físico/Químicos	PO4	PO4 (Ortofosfatos)	µg/l
4	Físico/Químicos	OD	Oxígeno Disuelto	mg/l
5	Físico/Químicos	SST	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l
6	Físico/Químicos	SAL	Salinidad	‰

No	TIPO	COD	NOMBRE	UNIDAD
7	Físico/Químicos	PH	pH	Unidad
8	Hidrocarburos del petróleo	HDD	Hidrocarburos disueltos y dispersos	µg/l
9	Metales Traza	CD	Cadmio	mg/l
10	Metales Traza	CR	Cromo	mg/l
11	Metales Traza	PB	Plomo	mg/l
12	Microbiológicos	CFS	Coliformes Fecales	NMP/100 ml
13	Microbiológicos	CTT	Coliformes Totales	NMP/100 ml
14	Plaguicidas organoclorados	OCT	Organoclorados Totales	ng/l

#### 2.4.2 Indicador de Calidad en Aguas Marinas para Preservación de Flora y Fauna (ICAMPFF)

El  $ICAM_{PFF}$  representa el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas, que describen el estado de un cuerpo de agua marino (ecuaciones 2), con relación a las condiciones ambientales que propician la preservación de la flora y la fauna (Marín *et al*, 2003).

**Ecuación (2)  $ICAM_{PFF}$  en aguas marinas:**

$$ICAM_{PFFM} = [(0,21)OD + (0,18)SST + (0,17)PO_4 + (0,16)NI + (0,15)pH + (0,13)SAL] - [(0,2)HDD + (0,19)DBO + (0,18)CFS + (0,15)CTT + (0,14)OCT + (0,14)MET]$$

Tabla 2.4-2 Descriptores del Indicador de Calidad de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia (ICAM). Tomado de Informe Final de Indicadores SISCAM. INVEMAR, 2003

No	Descriptor	Rango de Representación Numérica del Indicador CAM %	Color
1	Malo	0 – 25	Rojo
2	Regular	26 – 50	Naranja
3	Bueno	51 – 75	Amarillo
4	Excelente	76 – 100	Verde



# DIAGNÓSTICO NACIONAL



Parque Tayrona



## DIAGNÓSTICO NACIONAL

### 3. ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL CARIBE Y PACIFICO COLOMBIANO

#### 3.1 FUENTES TERRESTRES DE CONTAMINACIÓN AL MAR

En la mayoría de los países las áreas costeras constituyen zonas muy activas de desarrollo económico y social, donde desembocan ríos o aflora agua subterránea con ecosistemas compuestos por humedales, lagunas costeras, marismas, manglares, estuarios y hábitats de agua dulce y además son las zonas receptoras de todo tipo de materiales procedentes del continente (Zhou *et al.*, 2007). El crecimiento de *las poblaciones humanas* trae consigo el desarrollo comercial, agropecuario e industrial y derivados de estas actividades una gran cantidad de residuos que llegan directamente a la zona costera y al mar por medio de diferentes fuentes de contaminación como las descargas domésticas, el turismo, la acuicultura, el transporte marítimo, los cultivos, la industria y la minería, entre otros (Figura 3.1-1). Los ríos son la principal vía de ingreso porque recogen en su trayectoria sedimentos y sustancias contaminantes que desembocan en los ambientes costeros, causando un impacto adverso sobre los ecosistemas y su fauna asociada (Zhou *et al.*, 2007; Escobar, 2002).

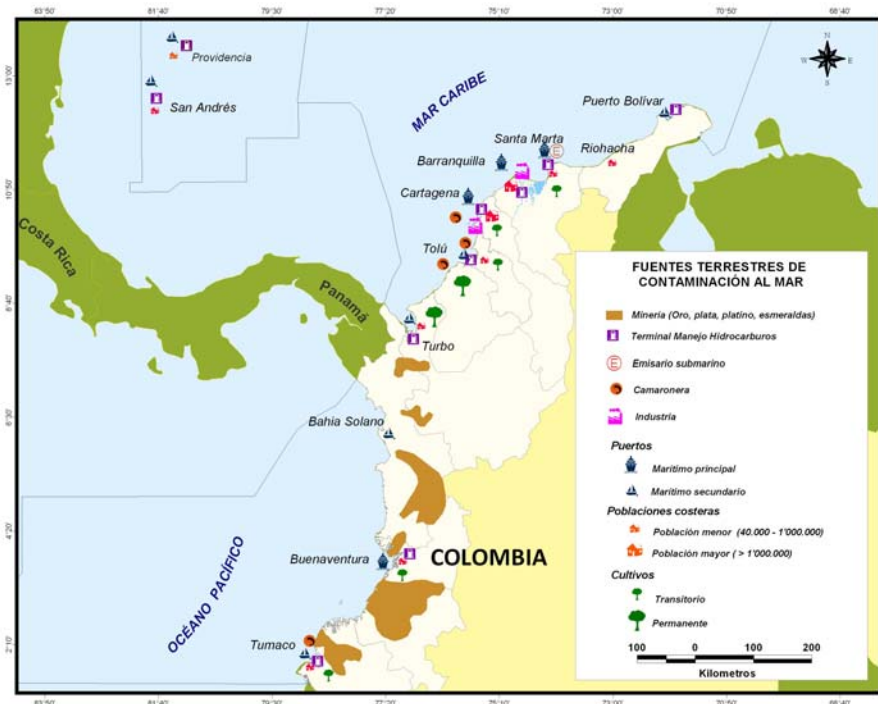


Figura 3.1-1. Principales fuentes terrestres puntuales de contaminación a las aguas marinas y costeras de Colombia.  
Fuente: IGAC, 2002; DANE, 2005; Supertransporte, 2007

Las principales fuentes de contaminación que afectan a las zonas costeras son: Los vertimientos domésticos, los efluentes industriales, las actividades agropecuarias y portuarias.



*Aguas residuales municipales*, las poblaciones costeras de Colombia, crecen sin mucha planificación y control sobre sus recursos y necesidades, por tal razón los servicios de agua potable y recolección de aguas residuales (alcantarillado) no tienen las coberturas suficientes ni el tratamiento adecuado para las mismas. La mayoría de municipios costeros realizan la disposición de sus aguas residuales sobre cuerpos de aguas naturales, sin tratamiento previo (con excepción de pocos municipios), lo cual origina un inadecuado manejo de residuos sólidos y líquidos, actividad generalizada en la mayoría de los asentamientos litorales con viviendas nucleadas y dispersas, construidas en madera y estilo palafito cerca a la costa o en la ribera de ríos (Tejada *et al.*, 2003). En este sentido, es importante que las autoridades municipales competentes consideren los impactos al ambiente y a la salud que conllevan esta prácticas inadecuadas y se ajusten a la normatividad vigente (Superservicios, 2008) para evitar problemas relacionados con vectores infecciosos, contaminación de aguas superficiales y subterráneas por lixiviados, producción de gas metano y CO<sub>2</sub> por la descomposición de los residuos, entre otras emisiones perjudiciales para el ambiente y la salud de la población (Garay *et al.*, 2006).

Los vertimientos de aguas residuales pueden afectar playas y áreas costeras generando riesgos para la salud pública, pérdida de oportunidades recreativas y costosos impactos para la economía local (Edge y Hill, 2007). La mayor atracción de las zonas costeras involucra tanto para residentes como turistas actividades en contacto con el agua, tales como natación, pesca y cultivo de mariscos, y quienes participan en ellas se enfrentan a riesgos para su salud por los contaminantes resultantes de la creciente urbanización costera (Mallin *et al.*, 2000). Los bañistas se consideran una fuente potencial de contaminación fecal, ya que estos arrojan gran cantidad de microorganismos patógenos a través de la piel y las excretas, aumentando el riesgo de enfermedades gastrointestinales asociadas a altas concentraciones bacterianas (Elmir *et al.*, 2007; Calderon *et al.*, 1991). También la playa de arenas y sedimentos tropicales y subtropicales son fuentes no puntuales de contaminación fecal por contener altas concentraciones de *E. coli* y enterococos (Elmir *et al.*, 2007), estas bacterias indicadoras también se encuentran comúnmente en el excremento de seres humanos, otros animales de sangre caliente y en el medio natural por eso la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. los recomienda para medir el potencial de contaminación fecal en las aguas marinas.

*Los residuos sólidos*, constituyen otra de las fuentes de contaminación al mar, por el mal manejo que se hace de ellos en los municipios costeros del país. Las estadísticas consultadas, muestran que en Colombia se disponen los residuos sólidos en 255 rellenos sanitarios (44 son regionales) y 59 plantas integrales, donde acuden 750 (68,93%) municipios del país para realizar la disposición del 90,4% de la producción nacional (22.668,5 ton/día) y 98 municipios lo hacen en plantas integrales, lo que corresponde al 2,45% de la producción (615 ton/día).

Otros 338 municipios del país (31,06 %) continúan disponiendo el 6,8% de los residuos (1.721 ton/día) en sistemas inadecuados, representados en 284 botaderos a cielo abierto ubicados en 40 municipios de los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, Chocó, Córdoba, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Nariño, Norte de Santander, Santander y Sucre; el 0,30% restante (75,02 ton/día) en 19 enterramientos, 7 quemas y 8 cuerpos de agua, con la situación preocupante más persistente en los departamentos de Chocó y Nariño, con 10 municipios, 9 y 1 respectivamente (Figura 3.1-2; Superservicios, 2008).

Según la información reportada al Sistema Único de Información, SUI por los prestadores del servicio de aseo, se estima que en Colombia se generan aproximadamente 25.079 toneladas diarias de residuos, de las cuales el 92,8% (23.283,5 ton/día) son dispuestas en rellenos sanitarios o plantas integrales de tratamiento de residuos sólidos; persistiendo la disposición inadecuada del 7,16% restante (1.796 ton/día; Superservicios, 2008).

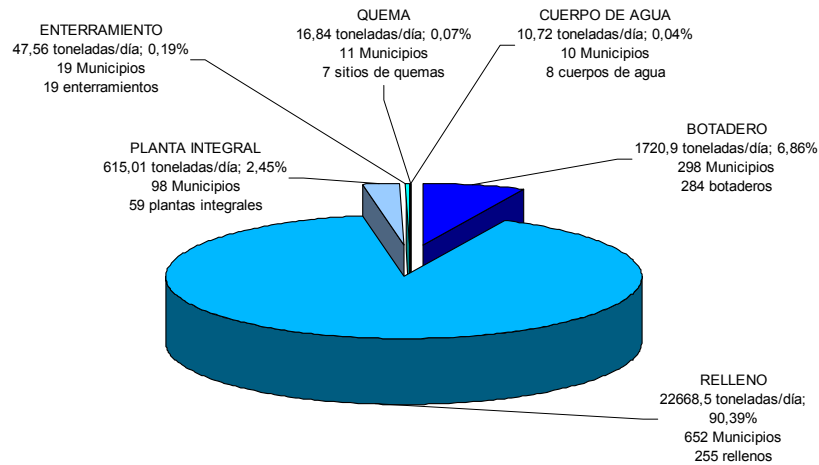


Figura 3.1-2. Sistemas de disposición final - Año 2008. Fuente: SUI – SSPD, tomado de Superservicios, 2008.

*El tráfico marítimo y la actividad portuaria*, han convertido las costas y océanos en zonas de alto riesgo ambiental, por la alta probabilidad de derrames de hidrocarburos, aguas de sentinas, de lastres, otras sustancias, introducción de especies exóticas y de generación de basura marina. Por es necesario incorporar en la planificación estratégica, elemento para mejorar la competitividad de los puertos colombianos, incluyendo el cumplimiento de las disposiciones internacionales de recepción y manejo de desechos de los buques tales como el Convenio MARPOL 73/78 – Ley 12 de 1981; Estocolmo 2001, Convenio de Basilea Ley 253/95; Convenio de Cartagena (Ley 56/87); Protocolo del Pacífico Sudeste por Hidrocarburos y otras Sustancias Nocivas (Ley 45/85); entre otros (DNP, 2007; Supertransporte, 2008, Garay *et al.*, 2004). En el 2007 el tráfico portuario de Colombia en términos de importación, exportación, comercio exterior, cabotaje, fluvial, transbordo, tránsito y transitoria movilizó en total 100 millones de toneladas de carga por las zonas portuarias, sociedades portuarias y muelles homologados del litoral Caribe y aproximadamente 12 millones de toneladas por los puertos del Pacífico (Tabla 3.1-1).

Asociado a la actividad marítima y específicamente a la Marina Mercante, se presenta además el problema generado por las aguas de lastre. A través de esta agua introducen especies exóticas e invasoras, que pueden tener impacto sobre la biodiversidad de los ecosistemas, por lo cual se constituye una de las grandes preocupaciones ambientales para la comunidad internacional (CPPS, 2000; Garay *et al.*, 2006).

*La actividad turística* es una de las industrias más grandes que ha crecido vertiginosamente en los últimos años, consolidándose en parte importante del desarrollo económico y en los avances de muchas regiones, por su contribución en inversión, empleo y divisas ejerciendo un impacto positivo sobre la distribución del ingreso por la utilización de mano de obra local. Esta industria estimula las inversiones en infraestructura básica (acueducto y alcantarillado, electricidad, vías de acceso, comunicaciones, atención médica, educación) y especializada (hoteles, restaurantes, estaderos turísticos, áreas de camping y sensibilización de quienes prestan el servicio), mejorando las condiciones de vida de la población y generando importantes ingresos para el Gobierno, a través de tasas e impuestos.

No obstante, a estos impactos pueden estar ligados efectos ambientales adversos para los ecosistemas costeros que están bajo un creciente estrés por la variedad de actividades humanas que aumentan la contaminación, los cambios en la fauna y flora, disminución en la cantidad y calidad del agua y alteraciones del medio ambiente físico (Epstein, 1998; Mallin *et al.*, 2000; USEPA, 1992; DNP, 2007).

**Tabla 3.1-1. Descripción general de los sistemas portuarios de Colombia y carga total en toneladas movilizada durante el 2007 en zonas portuarias, sociedades portuarias y muelles homologados. Fuente: Supertransporte, 2008. Este cuadro no contiene el movimiento registrado en la Zona Portuaria de Urabá. Información consolidada por la Oficina Asesora de Planeación - Supertransporte a través del Sistema de Indicadores de Gestión Portuaria -SIGP Módulo Estadístico.**

<i>Litoral</i>	<i>Zona Portuaria</i>	<i>Tipo de Movilización</i>	<i>Profundidad</i>	<i>Carga (ton)</i>
<i>Atlántico</i>	San Andrés	Carga general y Pasajeros	Aguas someras	126.970
	Puerto Bolívar	Carbón	Aguas profundas	30.456.147
	Santa Marta	Hidrocarburos, carbón, carga general y pasajeros	Aguas someras	35.142.833
	Barranquilla	Hidrocarburos, carbón, carga general y pesquero	Aguas someras	6.452.025
	Cartagena	Hidrocarburos, carbón, carga general y pesquero	Aguas medias	16.299.328
	Tolú	Hidrocarburos y carga general	Aguas someras	11.766.146
<i>Pacífico</i>	Buenaventura	Hidrocarburos, carga general y pesquero	Aguas someras	11.565.328
	Tumaco	Hidrocarburos, carga general y pesquero	Aguas someras	646.964

En Colombia como en el resto del mundo, la calidad de las aguas marinas y costeras se ha convertido en motivo de preocupación, debido a los efectos negativos que pueden producir los contaminantes sobre la salud humana y de los ecosistemas acuáticos, incluyendo la biodiversidad marina y costera (Fournier y Fonseca, 2006). Para establecer acciones de prevención y control de la contaminación, el país implementó el programa de monitoreo de la calidad de aguas marinas y costeras REDCAM, a través del cual se establecen las variaciones espacio-temporales del recurso, los riesgos, fenómenos y las fuentes de contaminación derivadas de actividades humanas, terrestres y marítimas que afecten negativamente las aguas marino costeras. El análisis de esta información llevó a la identificación de las fuentes de contaminación que impactan las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombiano y que se describen a continuación.

### 3.1.1 Costa Caribe

#### 3.1.1.1 Vertimientos de aguas residuales domésticas

La costa Caribe tiene 31 de los 47 municipios costeros de Colombia distribuidos en los ocho departamentos, donde el 85,2% de la población vive en Atlántico, Bolívar, Magdalena y La Guajira (Figura 3.1-3). La proyección para el 2008 en el Caribe es de 3,7 millones de habitantes según el Censo general de 2005 (DANE, 2005) equivalente al 8,3% del total nacional con nivel de urbanización del 81%, superior al promedio del país (75%). Ciudades como Barranquilla, Cartagena, Santa Marta y Rihacha son las mayores generadoras de todo tipo de residuos líquidos y sólidos por su nivel de urbanización (DNP, 2007).

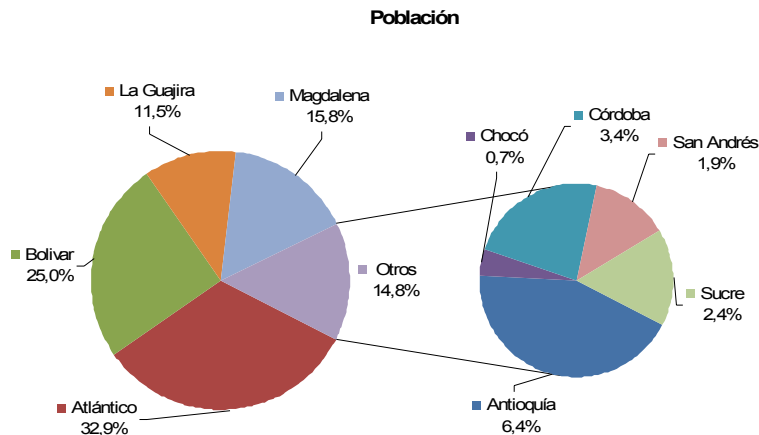


Figura 3.1-3. Distribución porcentual de la población costera en los departamentos del Caribe colombiano proyectada a 2008, según el Censo general 2005 (DANE).

La cobertura de alcantarillado para los municipios costeros del Caribe es del 32,04% aproximadamente (DANE, 2008), valor muy bajo para la extensión territorial y la cantidad de asentamientos ubicados en el litoral. Se estima que cerca de 709.051 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales municipales son arrojadas directamente a la zona costera con escaso o nulo tratamiento afectando la calidad del agua y de ecosistemas estratégicos como arrecifes de corales, praderas de fanerógamas, lagunas costeras y manglares, entre otros (MinDesarrollo, 2002; PNUMA, 1994; Escobar, 2002; Ramírez *et al.*, 2006). Sólo en Santa Marta hay un emisario submarino, construido en el año 2000, para mitigar el impacto ambiental de las aguas residuales del Rodadero y Santa Marta y en la actualidad vierte 850 L/s en promedio, con picos diarios de 925 L/s. Este sistema sólo realiza un tratamiento preliminar de remoción de sólidos de gran tamaño para optimizar el flujo y la dilución del agua en la bahía de Santa Marta. Aunque visualmente hay cambios en los 8 años de operaciones no hay información sobre los impactos reales del sistema a la calidad ambiental marina (Rodríguez y Barros, 2007).

Las descargas de contaminantes domésticos calculados con la población proyectada a 2008 de cada municipio según el censo general 2005 (DANE, 2008b) y con los factores de contribución diaria por persona asociados al material orgánico biodegradable para países tropicales referenciados por Mara (1980); Metcalf-Eddy (1998) y Ramírez *et al.*, 2006 se muestran en la Tabla 3.1-2 y la Figura 3.1-4. Barranquilla es el mayor contribuyente de contaminantes domésticos debido a su mayor población con 17.954 ton/año de DBO<sub>5</sub>, 42.748 ton/año de DQO, 855 ton/año de nutrientes, 29.924 ton/año de sólidos suspendidos totales y 342 ton/año de fosfatos; seguida de Cartagena, Santa Marta y Riohacha (Figura 3.1-3). En total las aguas residuales de los 31 municipios descargan al Caribe 57.358 ton/año de DBO<sub>5</sub>, 136.567 ton/año de DQO, 2731 ton/año de nutrientes, 1093 ton/año de fosfatos y 95.597 ton/año de sólidos suspendidos totales, siendo la cuenca del Magdalena la más contaminada.

Tabla 3.1-2. Cargas de contaminantes domésticos (Ton/año) aportados por los municipios costeros al mar Caribe colombiano calculadas con factores per cápita y la población proyectada a 2008. Fuente: DANE, censo general 2005

Departamento	Municipios	Población	DBO	DQO	NT	PT	SST
		Proyección 2008	(Tn/año)	(Tn/año)	(Tn/año)	(Tn/año)	(Tn/año)
Antioquia	Arboletes	33.385	511,8	1218,6	24,4	9,7	853,0
	Necoclí	52.008	797,3	1898,3	38,0	15,2	1328,8
	San Juan de Urabá	22.108	338,9	806,9	16,1	6,5	564,9
	Turbo	132.393	2029,6	4832,3	96,6	38,7	3382,6
Atlántico	Barranquilla	1.171.180	17954,2	42748,1	855,0	342,0	29923,6
	Juan de Acosta	15.225	233,4	555,7	11,1	4,4	389,0

	Piojó	5.058	77,5	184,6	3,7	1,5	129,2
	Puerto Colombia	27.693	424,5	1010,8	20,2	8,1	707,6
	Tubará	10.945	167,8	399,5	8,0	3,2	279,6
<b>Bolívar</b>	Cartagena	923.219	14152,9	33697,5	673,9	269,6	23588,2
	Santa Catalina	12.332	189,0	450,1	9,0	3,6	315,1
<b>Chocó</b>	Acandí	10.180	156,1	371,6	7,4	3,0	260,1
	Unguía	14.737	225,9	537,9	10,8	4,3	376,5
<b>Córdoba</b>	Los Córdoba	19.406	297,5	708,3	14,2	5,7	495,8
	Moñitos	24.646	377,8	899,6	18,0	7,2	629,7
	Puerto Escondido	23.711	363,5	865,5	17,3	6,9	605,8
	San Antero	27.561	422,5	1006,0	20,1	8,0	704,2
	San Bernardo del Viento	32.305	495,2	1179,1	23,6	9,4	825,4
<b>La Guajira</b>	Dibulla	24.943	382,4	910,4	18,2	7,3	637,3
	Manaure	77.596	1189,5	2832,3	56,6	22,7	1982,6
	Riohacha	193.633	2968,4	7067,6	141,4	56,5	4947,3
	Uribia	133.886	2052,5	4886,8	97,7	39,1	3420,8
<b>Magdalena</b>	Ciénaga	102.615	1573,1	3745,4	74,9	30,0	2621,8
	Pueblo Viejo	26.589	407,6	970,5	19,4	7,8	679,3
	Santa Marta	435.079	6669,8	15880,4	317,6	127,0	11116,3
	Sitio Nuevo	28.046	429,9	1023,7	20,5	8,2	716,6
<b>San Andrés</b>	Providencia	4.942	75,8	180,4	3,6	1,4	126,3
	San Andrés	67.225	1030,6	2453,7	49,1	19,6	1717,6
<b>Sucre</b>	Coveñas	11.959	183,3	436,5	8,7	3,5	305,6
	San Onofre	47.407	726,7	1730,4	34,6	13,8	1211,2
	Santiago de Tolú	29.557	453,1	1078,8	21,6	8,6	755,2

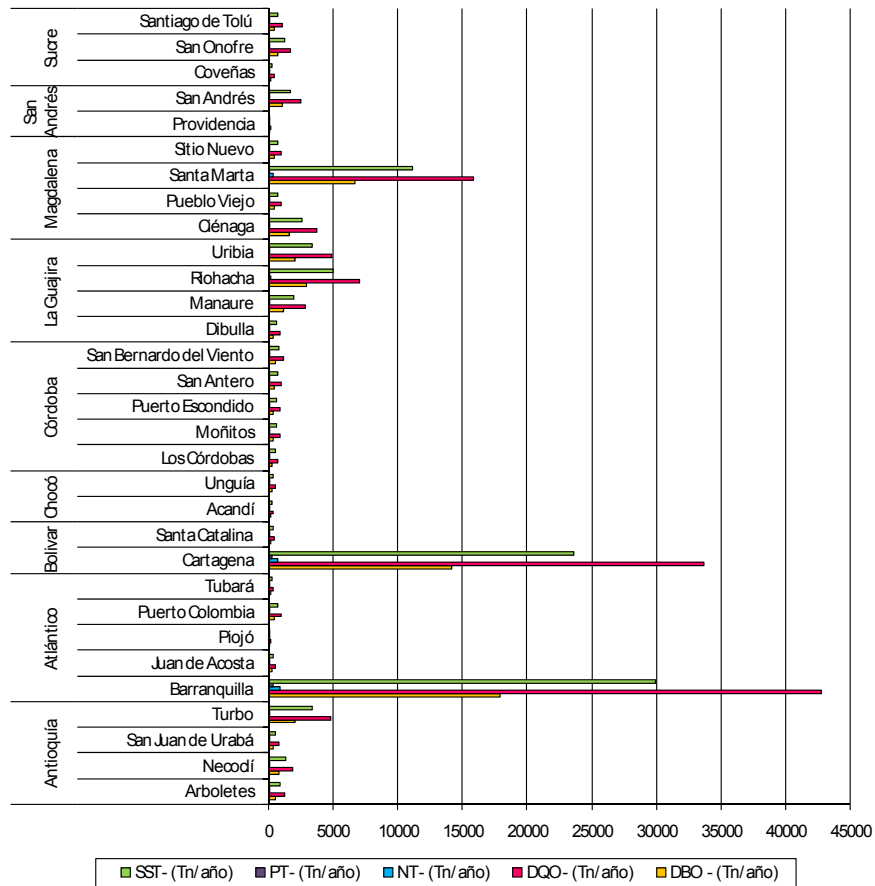


Figura 3.1-4. Cargas de contaminantes domésticos (ton/año) aportados por los municipios costeros al mar Caribe colombiano calculadas con factores per cápita y la población proyectada a 2008. Fuente: DANE, censo general 2005. SST = Sólidos suspendidos totales; PT= Fosfatos; NT = Nitrógeno inorgánico; DQO = Demanda química de oxígeno; DBO = Demanda bioquímica de oxígeno.

### 3.1.1.2 Actividad Portuaria, transporte marítimo y de combustible

Colombia moviliza actualmente cerca del 90% de su volumen de comercio exterior – importación y exportación – por vía marítima, a través de 9 zonas portuarias. De éstas, hay 7 en el Caribe, 3 de mayor escala en Barranquilla, Cartagena y Santa Marta y 4 menores en Ciénaga, Puerto Bolívar, Golfo de Morrosquillo, Urabá y San Andrés (Figura 3.1-1IGAC, 2002; DNP, 2007; Supertransporte, 2008). Del tráfico portuario del 2007 en zonas portuarias, sociedades portuarias y muelles homologados, el 48,8% corresponde a comercio exterior, 42,7% a exportaciones, 6,11% a importaciones y el 2,24 % restante, a cabotaje, tránsito internacional, fluvial y trasbordo (Figura 3.1-5). Según los datos de la superintendencia de Puertos y Transporte, para el 2007 se movilizó el 91% del volumen total de las exportaciones en el Caribe, representadas en un 71% por el carbón que sale por Puerto Bolívar (La Guajira) y Santa Marta, el 20% en granel líquido (petróleo) por el Puerto de Coveñas y un 9% restante representado en graneles secos y líquidos, carga general y en contenedores (Supertransporte, 2008; DNP, 2007).



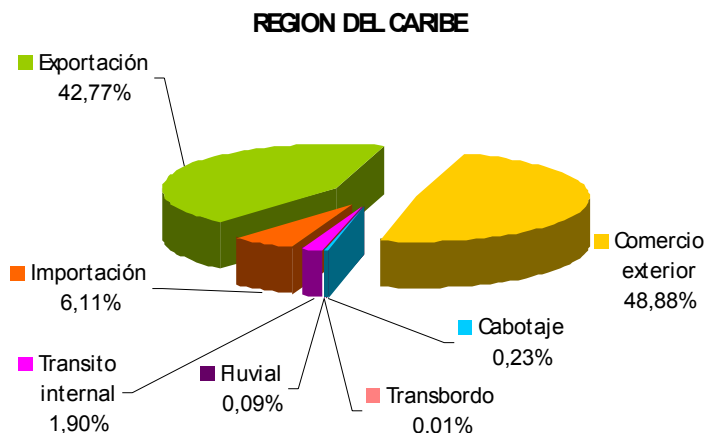


Figura 3.1-5. Tráfico portuario en zonas portuarias, sociedades portuarias y muelles homologados en la región Caribe en el 2007. Fuente: Supertransporte a través del Sistema de Indicadores de Gestión Portuaria -SIGP Módulo Estadístico.

Los principales puertos del Caribe conforman una oferta portuaria diversificada tanto en terminales públicos y privados que compiten entre sí y con otros puertos internacionales de la región. En el Tabla 3.1-3 se detallan los principales productos movilizados por los puertos como alimentos (banano y café), minerales (carbón), materiales para construcción, productos químicos e industriales, plásticos, petróleo y sus derivados (Supertransporte 2008).

Tabla 3.1-3. Principales productos cargados por las diferentes zonas portuarias de Barranquilla, Buenaventura, Cartagena, Puerto Bolívar, Santa Marta y Tolú en el 2005. Fuente: Superintendencia de Puertos y Transporte SIGP-Módulo Estadístico-reporte de vigilados

<i>Principales Productos Cargados</i>	<i>Toneladas</i>	<i>Principales Productos Cargados</i>	<i>Toneladas</i>
Aceites lubricantes	26625	Melasa	105.647
Aceites y grasas de origen vegetal	184.964	Menas y chatarra	64.541
Acero	43.943	Mineral de hierro	26625
Arena	39.004	Otros materiales crudos	147.458
Asbesto	51.355	otros productos alimenticios	53.715
Azúcar y preparados de azúcar y miel	385.484	Otros productos químicos	150.462
Banano	408.165	Papel y cartón	93.132
Café excelso	82.541	Petróleo y sus derivados	13.438.939
Carbón	54.609.398	Polietileno y materiales plásticos	210.683
Cemento	2.130.707	Productos químicos industriales	789
Clinker	45.512	Productos químicos inorgánicos	7.958
Contenedores vacíos	4.308	Repuestos en general	1.437
Corcho y madera	20.966	Soya	163757
Frutas y Legumbres	9.216	Tabacos y sus manufacturas	8.748
Hulla coque y briquetas	975.006	Trigo	107286
Láminas chapas metálicas y hojalata	1.703	Tuberías	24869
Magnesio	55505	Varios sin especificar	1.917.606
Maíz	589986	Vidrios	88.876
Materiales de construcción	2.597		

El transporte de combustible ejerce presión en las bahías y ensenadas donde se desarrollan actividades marítimas que generan residuos de hidrocarburos, lubricantes quemados, residuos de carbón, aguas de sentinas y de lastre, entre otros. Bahías como la de Santa Marta, Portete, Cartagena y Hooker (San Andrés) y el río Ranchería en La Guajira tienen instalaciones abastecedoras de combustibles que han afectado directamente las aguas costeras con estos compuestos (CORALINA, 1999; Marín *et al.*, 2003).

### 3.1.1.3 Actividad industrial manufacturera

El 85% de la actividad industrial costera se localiza en el Caribe, especialmente en Bolívar y Atlántico. El *complejo industrial de Mamonal* en Cartagena – Bolívar, con cerca de 70 empresas dedicadas a la refinación del petróleo y a elaboración de productos químicos, alimentos y productos de caucho y plástico. El Atlántico, concentra su actividad manufacturera en el *corredor Barranquilla – Soledad*, en donde se destacan los sectores de alimentos, bebidas, textiles y confecciones, productos químicos, y minerales no metálicos (DNP, 2007; DANE, 2008).

Barranquilla y Cartagena como las principales ciudades con industrias en el Caribe, son las que producen una cantidad importante de residuos líquidos y sólidos, así como contaminantes orgánicos e inorgánicos que van en muchos casos directo a las alcantarillas, ya que pocas industrias tienen un sistema de tratamiento adecuado para reducir los niveles de contaminantes antes de descargarlos al receptor final (muchas veces van directamente al mar). En el resto de los municipios costeros la infraestructura industrial instalada es aún incipiente o casi nula (Ramírez *et al.*, 2006). Para el 2006 se estimó la carga total de contaminantes industriales para Cartagena y Barranquilla que genera la industria química, papelera, alimentos, refinería, acuicultura y de bebidas con valores de 4.264 ton/año en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), 2.583 ton/año en demanda química de oxígeno (DQO), 261,4 ton/año de grasa y aceites, 8.391 ton/año de sólidos suspendidos totales, 1.199 ton/año de nitrógeno, 69 ton/año de fosfatos (Ramírez *et al.*, 2006).

### 3.1.1.4 Agricultura

En la agroindustria se utilizan grandes cantidades de agroquímicos, plaguicidas y fertilizantes que pueden llegar por escorrentía a los tributarios que recorren las áreas de cultivo o son lixiviados hasta los cuerpos de agua que finalmente drenan a la zona costera.

La agricultura comercial está orientada al mercado nacional e internacional del banano, el sorgo, algodón, arroz y palma africana; entre estos el banano es el principal producto agrícola, que más requiere el uso de agroquímicos, el cual se cultiva en el Urabá Antioqueño y la Zona Bananera en el Magdalena (AUGURA, 2008). El arroz es el segundo en importancia, producido en La Guajira, Sucre, Córdoba y Bolívar, e igualmente requiere gran cantidad de agroquímicos. A menor escala existe la agricultura tradicional destinada al autoconsumo o subsistencia y venta de pequeños excedentes de maíz, tomate, sorgo, café, ají, coco, yuca, plátano, frijol, tabaco y ñame (Garay *et al.*, 2002; DNP, 2007).

### 3.1.1.5 Descargas de ríos

Los ríos han sido reconocidos desde hace varias décadas como la vía principal de entrada de contaminantes producidos por actividades humanas y por causas naturales al mar (Lerman, 1981). Desde 1992 en la 1ª Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro, la comunidad internacional consideró el enfoque de manejo integrado y se comprometió a la ordenación integrada y sostenible de las zonas costeras y a promover prácticas de ordenación de cuencas hidrográficas, para prevenir, controlar y reducir la degradación del medio marino (Naciones Unidas, 1992). Sin embargo, la mayor parte de la contaminación producida aguas arriba aún llega al mar a través de los ríos y por la escorrentía costera produciendo importantes efectos en los estuarios, recursos vivos, sobre los usos y usuarios ubicados aguas abajo (Escobar, 2002).

El Caribe colombiano recibe 10.000 m<sup>3</sup>/s del caudal aportado por 18 ríos importantes que desembocan al mar, distribuidos en 7 departamentos los cuales aportan en total 93.009 ton/año de nitrógeno, 14.415 ton/año de fosfatos, 58 millones de ton/año de sólidos suspendidos, 283 ton/año de cromo, 4.145 ton/año de plomo, 317 ton/año de cadmio, 513 ton/año de hidrocarburos del petróleo, 0,15 ton/año de plaguicidas organoclorados, 1,5 E+20 NMP/año y 2.5 E+20 NMP/año de coliformes termotolerantes y totales (Tabla 3.1-4). El Río Magdalena por su caudal (7.100 m<sup>3</sup>/s promedio), área de cuenca (257.438 km<sup>2</sup>) y extensión (1540 Km.) es el principal tributario aportando de la contaminación a la costa Caribe Este (71,5%). Este río, recoge los desechos y sedimentos de 722 municipios donde se asienta más del 80% de la población y centros de producción económica de la zona Andina donde se concentra la mayoría de actividades productivas (Ramírez *et al.*, 2006; Restrepo *et al.*, 2005). Le sigue el Atrato, con un 18,4 % superando con creces el aporte de los restantes tributarios y ratificándolos como los principales vectores de contaminación al mar (Figura 3.1-6).

**Tabla 3.1-4. Cargas de contaminantes orgánicos e inorgánicos aportadas por los 18 principales ríos al Mar Caribe colombiano. Fuente: cálculos estimados con concentraciones tomadas de la Base de Datos REDCAM 2007 y caudales de IDEAM serie 1959 – 2005.**

<b>Contaminantes</b>	<b>Unidades</b>	<b>Aportes</b>
Caudal	m <sup>3</sup> /s	10.000
Nitrógeno total (NT)	ton/año	93.009
Fósforo total (PT)	ton/año	14.415
Sólidos suspendidos totales (SST)	ton/año	5,8E+07
Cromo (Cr)	ton/año	283
Plomo (Pb)	ton/año	4.145
Cadmio (Cd)	ton/año	317
Hidrocarburos del petróleo (HDD)	ton/año	513
Plaguicidas organoclorados totales (OCT)	ton/año	0,15
Coliformes termotolerantes (CTE)	(NMP/año)	1,5E+20
Coliformes totales (CTT)	(NMP/año)	2,5E+20

Los ríos Atrato, Sinú y León también transportan altas concentraciones de sólidos, nitrógeno, fósforo, hidrocarburos, plaguicidas y Coliformes, ya que recorren zonas con deforestación, urbanización con alta actividad productiva, agrícola y en el caso del Atrato minería del oro (Garay *et al.*, 2001; Marín *et al.*, 2003). Los ríos Manzanares y Gaira, aunque tenga un caudal inferior a 10 m<sup>3</sup>/s, recoge en su recorrido vertimientos de desechos producidos en la zona cafetera y las aguas residuales de las poblaciones localizadas a lo largo de su ronda hidráulica, por lo tanto realizan grandes aportes de contaminantes al mar Caribe (Garay *et al.*, 2002; Ramírez *et al.*, 2006).

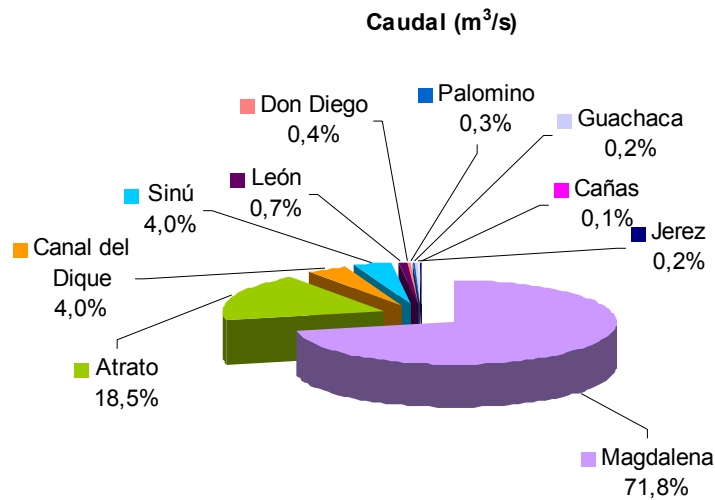


Figura 3.1-6. Distribución del caudal de los ríos tributarios al mar Caribe colombiano, superiores a 10 m³/s

### 3.1.2 Costa Pacifica

#### 3.1.2.1 *Vertimientos de aguas residuales domésticas*

Entre los departamentos del Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño son 16 los municipios costeros que concentran sólo el 17% de la población costera colombiana. El 46,7% vive en el Valle del Cauca específicamente en Buenaventura, el 37,3% en Tumaco (Nariño) y el 16% restante entre Cauca y Chocó. El litoral Pacífico presenta niveles de urbanización del 63%, por debajo de 75% promedio nacional (Figura 3.1-7; DANE, 2008).

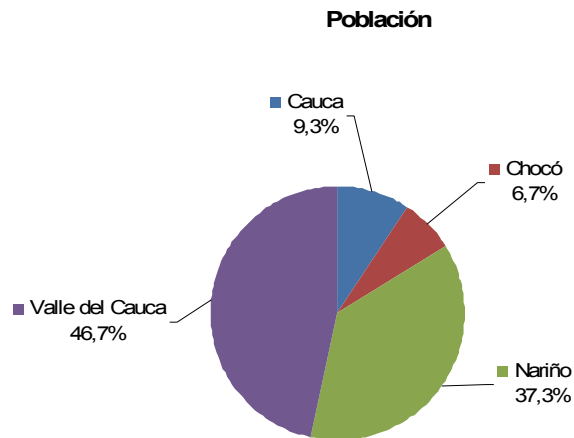


Figura 3.1-7. Distribución porcentual de la población costera en los departamentos del Pacífico colombiano proyecta a 2008 según el Censo general 2005 (DANE).

A diferencia del Caribe, la costa Pacífica tiene menos asentamientos y menos población (747.145 habitantes; DANE, 2008). Su cobertura de alcantarillado es sólo del 15,57% (DANE, 2008b), es decir que la mayoría de los 139.223 m³/día (MinDesarrollo, 2002) de aguas servidas municipales sin ningún tipo de tratamiento son vertidas al océano de forma directa o a través de los ríos. Buenaventura y Tumaco

aportan el 84% de la carga en términos de contaminantes domésticos (Tabla 3.1-5) con 7.975 ton/año de DBO<sub>5</sub>, 18.988 ton/año de DQO, 380 ton/año de nitrógeno inorgánico, 152 ton/año de fosfatos y 13292 ton/año de sólidos suspendidos totales (Figura 3.1-8). Los municipios de los departamentos de Cauca, Chocó y la mayoría de Nariño tienen menos de 28.000 habitantes, no obstante, presenta niveles apreciables de contaminación derivados de las diversas actividades presentes en la zona.

**Tabla 3.1-5. Cargas de contaminantes domésticos (Ton/año) aportados por los municipios costeros al océano Pacífico colombiano calculadas con factores per cápita y la población proyectada a 2008 del censo general 2005 (DANE).**

Departamento	Municipios	Población	DBO	DQO	NT	PT	SST
		Proyección 2008	(Tn/año)	(Tn/año)	(Tn/año)	(Tn/año)	(Tn/año)
Cauca	Guapí	28814	442	1052	21	8	736
	López	19565	300	714	14	6	500
	Timbiquí	20996	322	766	15	6	536
Chocó	Bahía Solano	9164	140	334	7	3	234
	Bajo Baudó	16675	256	609	12	5	426
	El Litoral del San Juan	13124	201	479	10	4	335
	Juradó	3514	54	128	3	1	90
	Nuquí	7898	121	288	6	2	202
Nariño	El Charco	28673	440	1047	21	8	733
	Francisco Pizarro	12132	186	443	9	4	310
	La Tola	9475	145	346	7	3	242
	Mosquera	13161	202	480	10	4	336
	Olaya Herrera	28589	438	1043	21	8	730
	San Andrés de Tumaco	171281	2626	6252	125	50	4376
Valle del Cauca	Santa Bárbara	15133	232	552	11	4	387
	Buenaventura	348951	5349	12737	255	102	8916

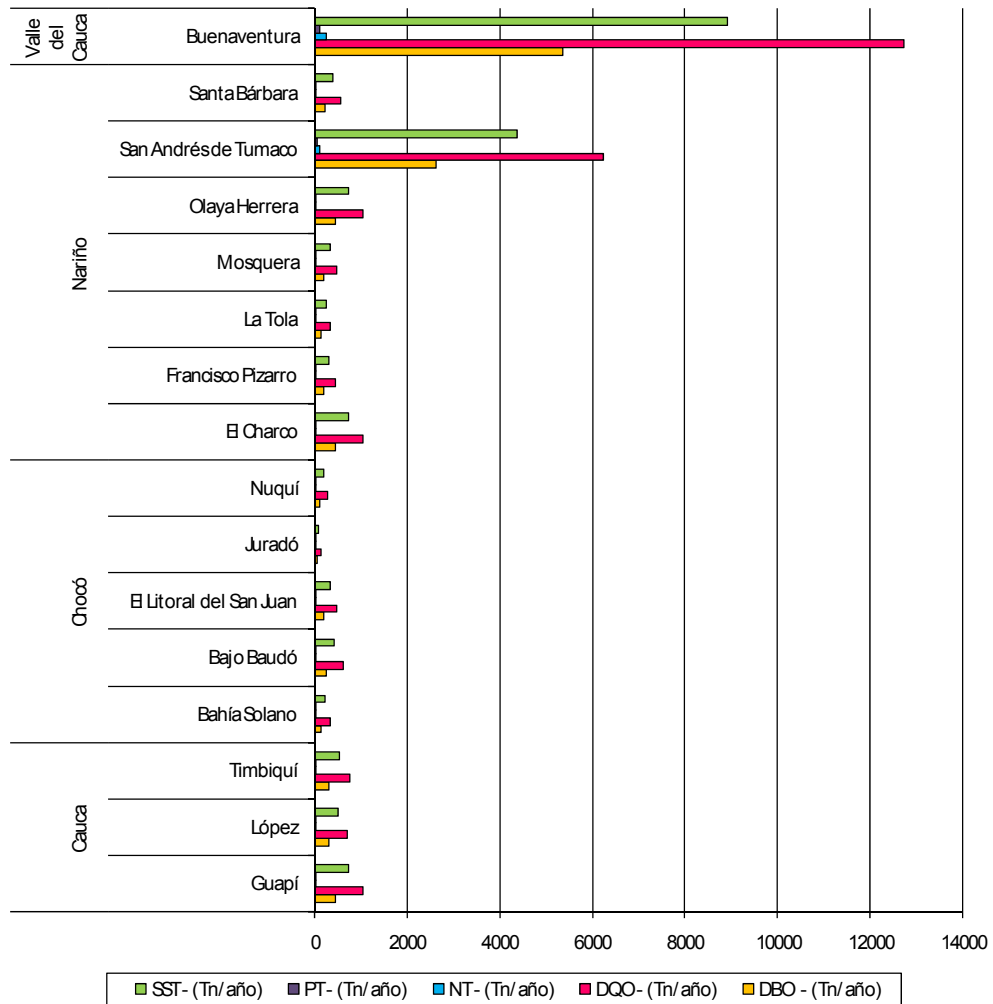


Figura 3.1-8. Cargas de contaminantes domésticos (Ton/año) aportados por los municipios costeros al océano Pacífico colombiano calculadas con factores per cápita y la población proyectada a 2008. Fuente: DANE, censo general 2005. SST = Sólidos suspendidos totales; PT = Fosfatos; NT = Nitrógeno inorgánico; DQO = Demanda química de oxígeno; DBO = Demanda bioquímica de oxígeno.

### 3.1.2.2 Actividad Portuaria y transporte de combustibles

Esta región presenta 2 zonas portuarias regionales de interés, Buenaventura y Tumaco. Buenaventura es considerado el puerto más importante del país por el tráfico portuario que mueve anualmente (10.560.357 ton. en el 2007) y la cantidad de muelles instalados (SPRBUN, 2008; Supertransporte, 2008). La actividad del puerto de Tumaco es de menor escala (53.275,83 toneladas en el 2007), pero presenta un movimiento importante en hidrocarburos, pesca y carga general (Supertransporte, 2008). También se reconoce en la región un pequeño puerto o muelle dedicado al transporte local de pasajeros y alimentos en Bahía Solano (IGAC, 2002).

Del tráfico portuario movilizadado en el 2007 en el Pacífico por zonas portuarias, y muelles homologados el 46,41% corresponde a Comercio exterior, el 33,41% importaciones, el 13% exportaciones, el 6,22% transbordo y el 0,03 restante en cabotaje (Figura 3.1-9). Los puertos de Buenaventura y Tumaco se han convertido en una de las principales fuentes de contaminación de hidrocarburos en las bahías del mismo nombre por el transporte, exploración, explotación, refinación y usos del petróleo con sus derivados (CCCP, 2002; Tejada *et al.*, 2003). Además hay embarcaciones que no están bajo el control del Convenio

MARPOL y son fuentes importantes de residuos oleosos especialmente aguas de sentinas, de lastre y residuos aceitosos arrojados a las zonas costeras por no disponer de la infraestructura necesaria para el manejo, tratamiento y disposición final de estos residuos.

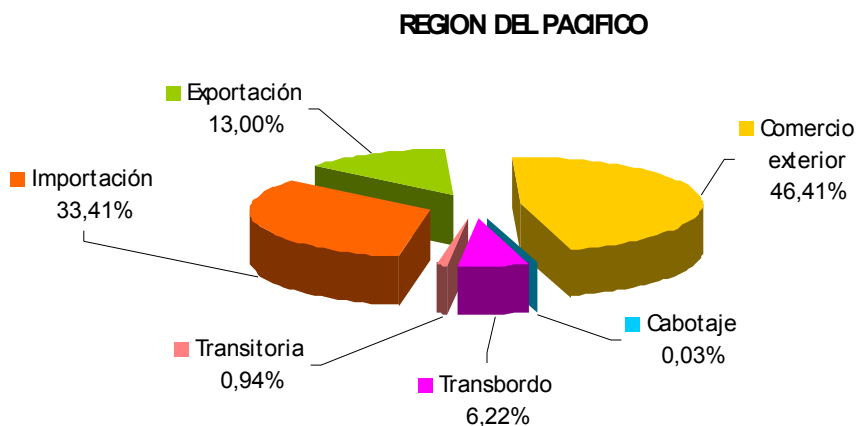


Figura 3.1-9. Tráfico portuario en zonas portuarias, sociedades portuarias y muelles homologados en la región Pacífica en el 2007. Fuente: Supertransporte a través del Sistema de Indicadores de Gestión Portuaria -SIGP Módulo Estadístico.

### 3.1.2.3 Actividad industrial manufacturera

La actividad industrial en esta región se da a menor escala comparada con el Caribe. Las actividades que existen en la zona son 8 plantas de beneficio de palma aceitera en las márgenes de los ríos Mira, Rosario y sus afluentes. El proceso de extracción de aceite aporta residuos de fibra vegetal, grasas y aceites que requieren para degradarse una alta demanda bioquímica de oxígeno, estimada en 20.000 mg/L (Marrugo y Gallo, 1988; Garay *et al.*, 2006), la cual es descargada directamente a los ríos y finalmente a la Bahía de Tumaco.

Los empresas de producción pesquera procesan básicamente pescado, langostino de exportación, camarón Tití, crustáceos y moluscos. Los residuos líquidos de esta actividad, causan efectos negativos sobre el ambiente marino por su alta carga de materia orgánica, producción de olores desagradables, ácidos grasos volátiles y orgánicos. Para la instalación de las camaroneras se talaron cerca de 5.000 hectáreas de bosque de manglar, en las zonas estuarinas ubicadas en los esteros del sector de Cabo Manglares y cerca de la carretera Tumaco-Pasto (Garay *et al.*, 2006). La producción de enlatados alcanza 1.500 ton/año en Buenaventura y Tumaco; este sistema productivo genera gran cantidad de materia orgánica arrojada al mar (Tejada *et al.*, 2003).

La industria maderera produce residuos de aserrín y otros desechos de la madera en las zonas de bajamar, que al entrar en contacto con el agua genera efectos adversos sobre los ecosistemas marinos y costeros tales como: disminución del oxígeno disuelto, generación de ácidos grasos volátiles, producción de metano, taninos, alcoholes, ácido sulfhídrico y otros compuestos sulfurados tóxicos para los organismos; liberándose gases y olores desagradables a los habitantes de la zona (Garay *et al.*, 2006). Se destacan los expendios de combustible como fuentes potenciales de contaminación, por el inadecuado suministro del combustible a las embarcaciones menores (a través de mangueras, sin llave de cierre), por la inadecuada disposición de los residuos de aceite y latas de lubricantes, además el descargue de sentinas de los buques pequeños que arriban periódicamente a la bahía de Tumaco.

El transporte de hidrocarburos de petróleo por medio del Oleoducto Trasandino desde Ecuador hasta el puerto de Tumaco, el transporte local para las motonaves y la actividad marítima y portuaria tiene riesgo potenciales y reales de derrames que se presentan en tres formas en el Océano pacífico: derrames invisibles ocasionados por estaciones de gasolina ubicadas en los muelles; derrames de las estaciones

de ECOPETROL, que se presentan especialmente en Buenaventura y Tumaco, puertos donde se manejan parte de las exportaciones de crudo del país, y por último los derrames de los buques a llegar a puertos (CCCP, 2002; Tejada et al., 2003)

### 3.1.2.4 Agricultura

El sector agrícola en la región pacífica se caracteriza por los cultivos de subsistencia y la agroindustria. En la agricultura tradicional o de subsistencia se destacan el plátano, maíz, yuca, coco y frijol los cuales son la base de la dieta alimenticia de las poblaciones costeras. En cuanto a los cultivos comerciales existen la caña de azúcar producida en los valles interandinos y la agroindustria de palma aceitera que representa impactos ambientales importantes por la adecuación de tierras y el mantenimiento del monocultivo, también sobresalen los de coco, cacao, palma africana y cultivos de arroz poco tecnificados en la ribera del río San Juan, cuyo producto requiere el uso intensivo de fertilizantes y pesticidas que contribuyen a la contaminación de la zona costera del Valle del Cauca y Chocó (Tejada *et al.*, 2003; Garay *et al.*, 2006; DNP, 2007). Existen otro tipo de cultivos (ilícitos) que demandan un alto uso de productos agroquímicos y generalmente se encuentran en las cuencas de los principales ríos y por escorrentías drenan sus aguas al océano Pacífico.

### 3.1.2.5 Descargas de ríos

El océano pacífico recibe 4.509 m<sup>3</sup>/s de aguas dulces que vienen por los 11 ríos más importantes que desembocan en esa zona del litoral. En total estos tributarios arrojan 37.483 ton/año de nitrógeno, 2.531 ton/año de fosfatos, 4,8 millones de ton/año de sólidos suspendidos, 51 ton/año de cromo, 797 ton/año de plomo, 51,4 ton/año de cadmio, 70 ton/año de hidrocarburos del petróleo, 0,01 ton/año de plaguicidas organoclorados, 7,2 E+18 NMP/año y 1,5 E+20 NMP/año de coliformes (termotolerantes y totales; Tabla 3.1-6).

**Tabla 3.1-6. Cargas total de contaminantes orgánicos e inorgánicos aportadas por los 11 principales ríos al océano Pacífico colombiano. Fuente: cálculos estimados con concentraciones tomadas de la Base de Datos REDCAM 2007 y caudales de IDEAM serie 1959 – 2005.**

<b>Contaminantes</b>	<b>Unidades</b>	<b>Aportes</b>
Caudal	m <sup>3</sup> /s	4509
Nitrógeno total (NT)	ton/año	37483
Fósforo total (PT)	ton/año	2531
Sólidos suspendidos totales (SST)	ton/año	4,9E+06
Cromo (Cr)	ton/año	51
Plomo (Pb)	ton/año	797
Cadmio (Cd)	ton/año	51,4
Hidrocarburos del petróleo (HDD)	ton/año	70,2
Plaguicidas organoclorados totales (OCT)	ton/año	0,01
Coliformes termotolerantes (CTE)	(NMP/año)	7,2E+18
Coliformes totales (CTT)	(NMP/año)	1,5E+19

El litoral Pacífico colombiano tiene un régimen de lluvias irregular y sus ríos experimentan crecientes periódicas que proyectan plumas de descarga de varios kilómetros mar afuera, con altos contenidos de arcillas en suspensión y cualquier otro contenido asociado al grado de erosión en la cuenca alta y baja de los ríos, a las actividades antrópicas como la sobre explotación maderera y tala de bosque para expandir el cultivo de palma de aceite, haciendo las tierras más vulnerables a la erosión afectando los ecosistemas hídricos y por ende el litoral (Garay *et al.*, 2006).



Entre ellos los ríos San Juan, Mira y Patía suman el 72,7% de las descargas fluviales al Pacífico, el San Juan por ser el más caudaloso (2.024 m<sup>3</sup>/s), es el principal tributario aportando el 45,6%, seguido por el río Mira (868 m<sup>3</sup>/s) con un 19,3 % y el río Patía (356 m<sup>3</sup>/s) con el 7,9% (Figura 3.1-10), los cuales recogen a lo largo de su cuenca diferente tipo de desechos orgánicos, tóxicos, agroquímicos, sedimentos, microorganismos, nutrientes, hidrocarburos y metales pesados producto de las actividades que allí se desarrollan como la extracción de la madera que utiliza en su proceso plaguicidas en altas concentraciones y residuos de hidrocarburos para protegerla de los insectos (Vivas-Aguas *et al.*, 2005; Garay *et al.*, 2006; DNP, 2007). Por los ríos Iscuandé, Mira y Patía hay escorrentía de residuos provenientes de cultivos agrícolas, procesamiento pesquero comercial (carga orgánica), minería (metales pesados) y aserríos.

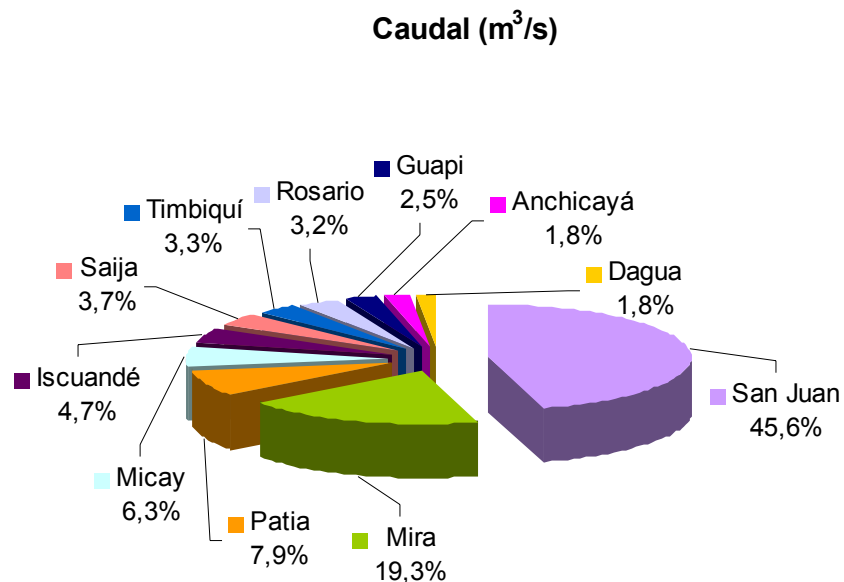


Figura 3.1-10. Distribución del caudal (m<sup>3</sup>/s) de los ríos tributarios al océano Pacífico colombiano, superiores a 10 m<sup>3</sup>/s

## 3.2 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS

### 3.2.1 Nutrientes inorgánicos.

#### Amonio

Las concentraciones del ión amonio en la zona costera del país, durante el primer muestreo del 2008 (Figura 3.2.1-1; INVEMAR, 2008), mostraron que el valor promedio para aguas estuarinas en los departamentos de San Andrés, Sucre y Bolívar, superó los 50 µg/L, considerado el valor máximo en aguas naturales, para el uso de preservación de fauna y flora, de acuerdo con la Norma colombiana (Decreto 1594 de 1984; Minagricultura, 1984) Los elevados contenidos de amonio en la zona esturina del Departamento de Bolívar, están determinados por las concentraciones medidas dentro de Bahía de Cartagena (cerca de los vertimientos), los caños Correa y Lequerica, así como en Arroyo Plata. Para las aguas marinas (de menor influencia continental), los promedio más alto se encontró en Bolívar (146 µg/L) influidos por dos sitios de las islas del Rosario, playas de Marbella y en el sector de Galerazamba (INVEMAR, 2008).

Para las aguas marinas (de menor influencia continental), los promedio más alto se encontraron en Bolívar (146 µg/L) determinados por los altos valores encontrados en dos sitios de las islas del Rosario, playas de Marbella y en el sector de Galerazamba (INVEMAR, 2008).

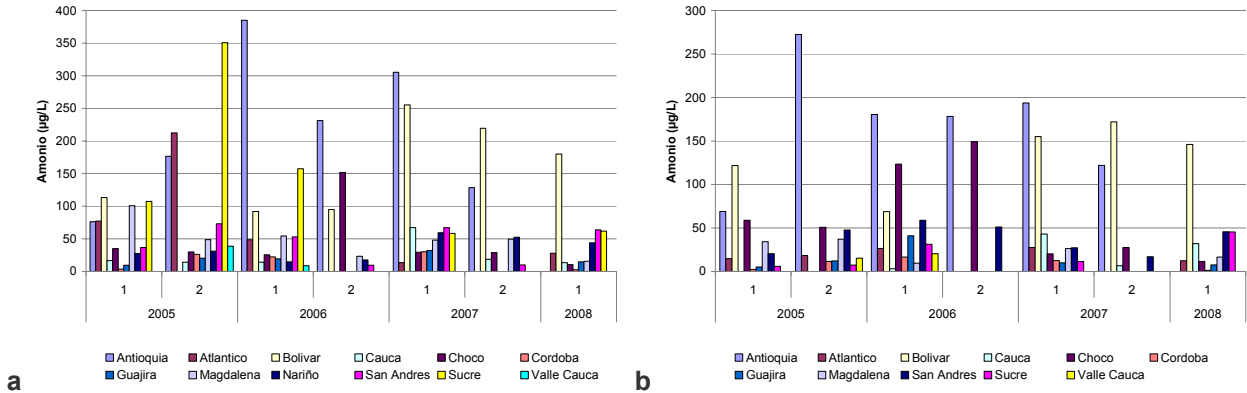


Figura 3.2.1-1. Concentración promedio del ión amonio en las aguas estuarinas (a) y marinas (b) de Colombia, durante los últimos cuatro años de muestreo.

Nitratos.

En las aguas estuarinas de los departamentos de Atlántico, Guajira y valle del Cauca se estimaron promedios por encima de los 60 µg/L (Figura 3.2.1-2). Este valor representa la referencia máxima para aguas marinas y estuarinas en la región Asiática, para usos de preservación de flora y fauna (EPD de Hong Kong, 2003). En el departamento de La Guajira, los registros más altos se presentaron frente al río Palomino y la Playa Dibulla (611 y 525 µg/L de nitratos). Estas estaciones reciben aportes continentales de los ríos que desembocan en sus cercanías; sin embargo en las concentraciones de nitratos en los ríos fueron menores, por lo cual se considera que son aportados a través de la surgencia de La Guajira, que es característica de la región en esta época del año (diciembre abril; Bernal *et al.*, 2006).

Las concentraciones del nitrato en las aguas marino-costeras del país, mostraron que para el primer muestreo del 2008 el departamento de La Guajira fue el único cuyo promedio se acercó al valor de 60 µg/L, los demás departamentos presentaron promedios por debajo de 35 µg/L. La Figura 3.2.1-2, presenta la comparación entre las concentraciones de nitratos en las aguas estuarinas y marinas de las zonas costeras del país; se muestran los últimos 4 años de muestreo, para el ejercicio del presente informe, pero las estadísticas y otros recursos se pueden ver en la página del INVEMAR (INVEMAR, 2008).

Ortofosfatos.

Durante el primer muestreo 2008, las concertaciones promedio de ortofosfátos, en las aguas estuarinas de Atlántico (128 µg/L), Bolívar (49 µg/L), San Andrés (113 µg/L), Sucre (91 µg/L) y Valle del Cauca (64 µg/L) superaron los 45 µg/L (Figura 3.2.1-3). Este valor descritos en la norma de Asia (EPD de Hong Kong, 2003), se usa como referencia por ser similares a la propuesta por Troncoso *et al.* (2006), en las aguas costeras del país.

Para aguas marinas, la referencia del continente asiático es de 15 µg/L. Los promedios de los departamentos de Bolívar, Magdalena, San Andrés y Sucre estuvieron por encima de éste valor (Figura 3.2.1-3). En la mayoría de los casos, las estaciones con altas concentraciones de Ortofosfatos están asociadas a vertimientos continentales (INVEMAR, 2008).

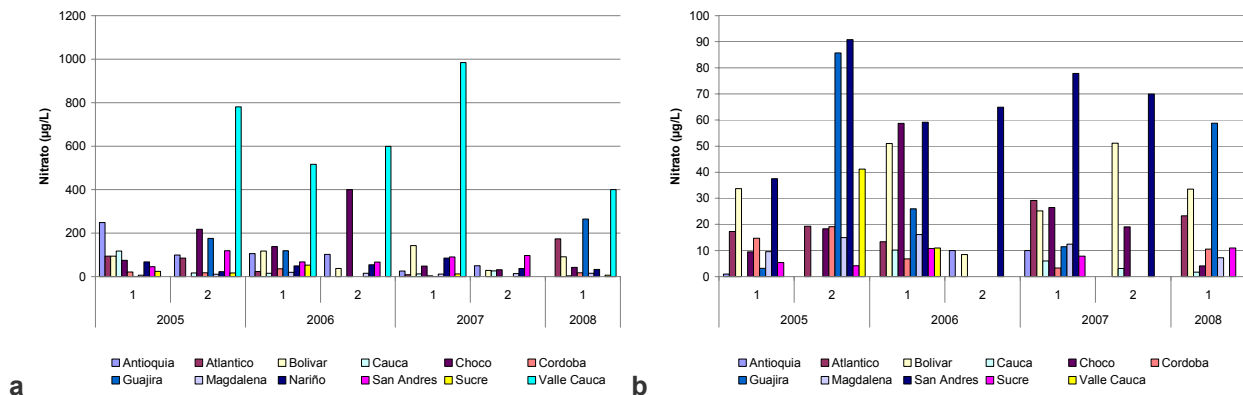


Figura 3.2.1-2. Concentración promedio del ión nitrato en las aguas estuarinas (a) y marinas (b) del país, durante los últimos 4 años de muestreo.

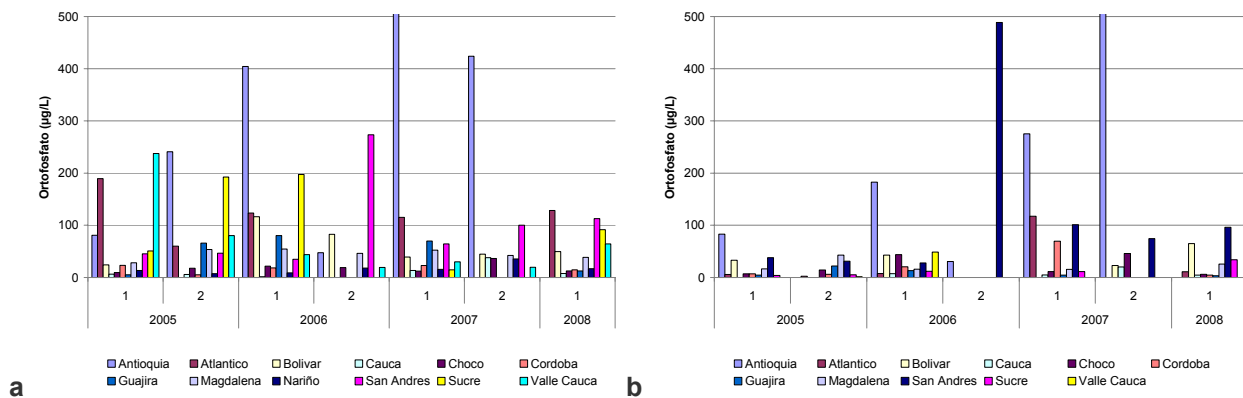


Figura 3.2.1-3. Concentración promedio del ión ortofosfato en las aguas estuarinas (a) y marinas (b) del país, durante los últimos 4 años de muestreo.

### Oxígeno disuelto.

Para el primer muestreo del 2008, el oxígeno disuelto promedio en las aguas costeras de los Colombia, fueron superiores a los 4 mg/L, que es valor mínimo exigido por la norma colombiana (Decreto 1594 de 1984; Figura 3.2.1-4; INVEMAR, 2008). La buena aireación de las aguas superficiales costeras, se debe al intercambio gaseoso agua-aire y otros procesos naturales. Su valor se puede afectar cuando ingresan volúmenes grandes de materia orgánica que puede disminuir su concentración por efecto de la oxidación de la misma y el consumo de los organismos marinos (*Begon et al.*, 2006).

### Sólidos en suspensión.

Durante el primer muestreo del 2008 el contenido promedio estimado de sólidos en suspensión (SST) para aguas estuarinas estuvo entre 0,2 y 129 mg/L y para aguas marinas entre 0,1 y 68,9 (Figura 3.2.1-5). Los departamentos con mayor promedio de SST en sus aguas estuarinas fueron La Guajira, Bolívar y Magdalena, que sobrepasaron los 75 mg/L, propuestos en la legislación de México para aguas costeras (Estados Unidos Mexicanos, 2006).

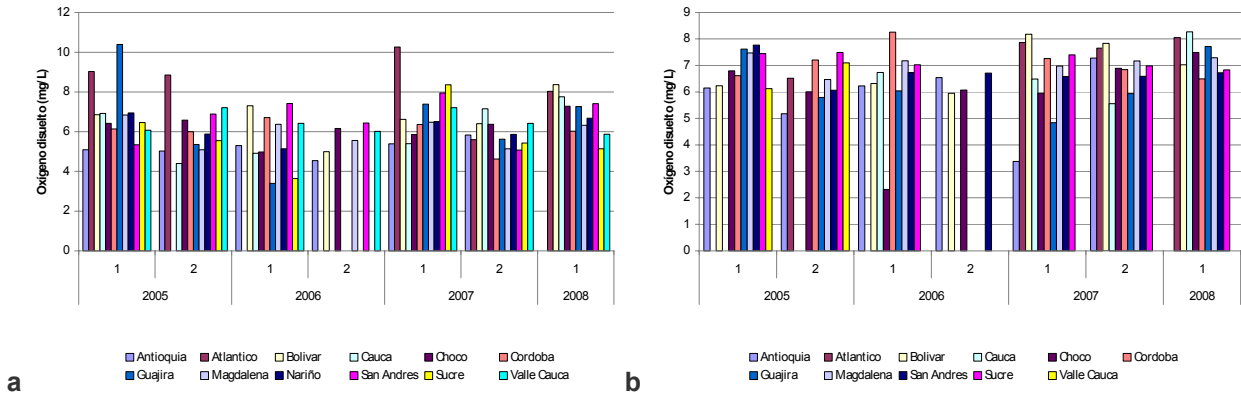


Figura 3.2.1-4. Concentración promedio del oxígeno disuelto en las aguas estuarinas (a) y marinas (b) del país, durante los últimos 4 años de muestreo.

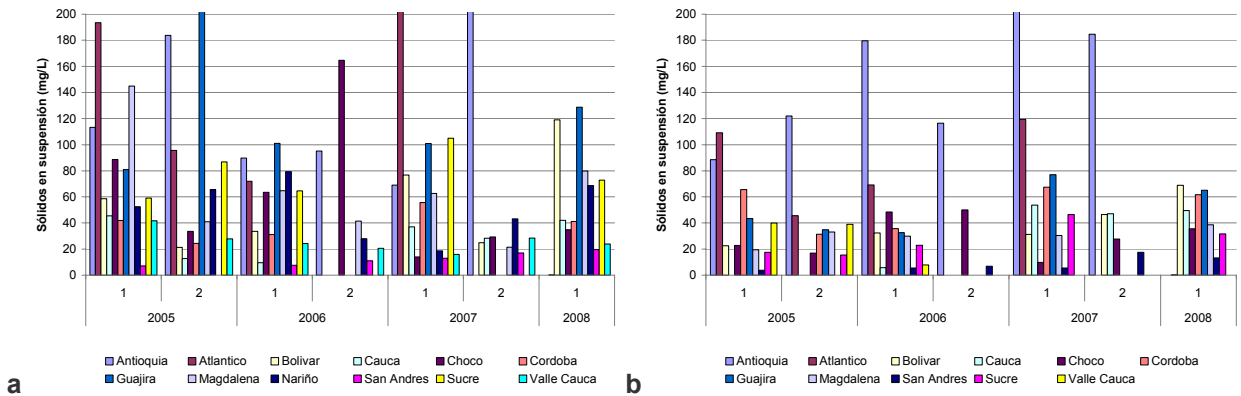


Figura 3.2.1-5. Concentración promedio de los sólidos en suspensión, para las aguas estuarinas (a) y marinas (b) del país, durante los últimos 4 años de muestreo.

### 3.3 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES

#### 3.3.1 Hidrocarburos

La evaluación de hidrocarburos se centra en los compuestos aromáticos disueltos y dispersos (HDD), por ser estos los más tóxicos para el medio marino. Los valores de HDD se compararon con el valor de referencia establecido para aguas no contaminadas por hidrocarburos de 10 µg/L (Atwood *et al.*, 1988; UNESCO, 1984); con base en este valor y al trabajo de Marín y colaboradores (2002), se definen las concentraciones inferiores a 1 µg/L como bajas y no representan un riesgo para el ambiente; entre 5 - 10 µg/L se consideran altas (pero no contaminadas) para las condiciones actuales de las aguas colombianas y representan una alerta para tomar acciones con el fin impedir el aumento en los niveles. Finalmente, concentraciones mayores a 10 µg/L representan contaminación de las aguas por hidrocarburos con graves riesgos para la biota. Es claro que la contaminación por residuos de hidrocarburos en las zonas costeras, está asociada espacialmente con los centros urbanos más poblados, por el vertimiento de aguas servidas, las actividades portuarias y marítimas; la explotación, transporte, refinación y usos del petróleo y sus derivados. Se han identificado como zonas costeras más afectadas Santa Marta, Barranquilla, Cartagena y los Golfos de Morrosquillo y Urabá, en el Caribe; y Buenaventura, Tumaco y Guapi, en el Pacífico.

El aumento del consumo de hidrocarburos ha incrementado el riesgo de contaminación, por eventos relacionados con el vertido accidental de hidrocarburos, que ponen en peligro ecosistemas frágiles y actividades productivas. Estas eventualidades se han presentado tanto en el Caribe como el Pacífico. Sin embargo, los resultados del monitoreo REDCAM muestran una disminución importante en las concentraciones de hidrocarburos desde el 2001 hasta la fecha en la mayoría de departamentos, especialmente los del Caribe (Figura 3.3.1-1). Sin embargo en departamentos como Valle, Nariño y Sucre se siguen registrando concentraciones cercanas al valor de referencia debido a las actividades antrópicas que se desarrollan en Buenaventura, Tumaco y el golfo de Morrosquillo respectivamente. Los mayores niveles de HDD se encontraron en el 2001, alcanzando valores de 33,7 µg/L (Nariño) en la época seca y 49,4 µg/L (Bolívar) en la época húmeda. En el 2002 los valores máximos fueron 17,8 (Córdoba) y 25,2 µg/L (San Andrés) para las épocas seca y húmeda respectivamente; en el 2003 el valor máximo fue de 13,9 µg/L (Chocó); en el 2004 de 9,7 µg/L (Atlántico); y en la época seca del 2005 no sobrepasan de 4,7 µg/L (Sucre). En el 2006 y 2007 las concentraciones incrementaron y los máximos se registraron en el Pacífico en los departamentos de Nariño (9,11µg/L) y Valle (9,8 µg/L). Para el 2008 aproximadamente en el 85% de las estaciones las concentraciones de HDD fueron inferiores a 5,0 µg/L, excepto en el golfo de Morrosquillo (9,0 µg/L). La Figura 3.3.1-2 muestra espacialmente los sitios donde se han encontrado las mayores concentraciones de HDD (máximos); en ella se observa la disminución en el tiempo y que en la actualidad los sitios con mayor impacto por hidrocarburos se siguen localizando en el Pacífico.

Tanto en la región Caribe como en la Pacífica; los sitios donde se registran valores mayores a 5.0 µg/L son de carácter puntual, por ejemplo, el valor más alto de Bolívar corresponde a la Bahía de Cartagena, que es un cuerpo de agua cerrado, con bastante desarrollo marítimo, en tanto que el resto de la zona costera, como las islas, se encuentra en condiciones más favorables. Si se comparan las concentraciones actuales, con los reportes de otras regiones costeras del mundo, se pueden considerar que la contaminación con HDD en el país es baja (Tabla 3.3.1-1). Factores como la implementación de mecanismos de Producción más Limpia, la aplicación de los compromisos del convenio MARPOL en los buques, los controles ejercidos por las corporaciones y la conciencia ambiental de los sectores productivos han logrado la reducción significativa de los vertidos industriales y quizás sean las razones por las cuales las concentraciones de hidrocarburos en aguas han disminuido en los últimos años.

Si se comparan las concentraciones actuales, con los registros de investigaciones en otras regiones del mundo, estas se pueden considerar bajas como lo indica la Tabla 3.3.1-1. Factores como la implementación de mecanismos de Producción más Limpia, la aplicación de los compromisos del convenio MARPOL en los buques, los controles ejercidos por las corporaciones y la conciencia ambiental de los sectores productivos han logrado la reducción significativa de los vertidos industriales y quizás sean las razones por las cuales las concentraciones de hidrocarburos en aguas han disminuido en los últimos años.

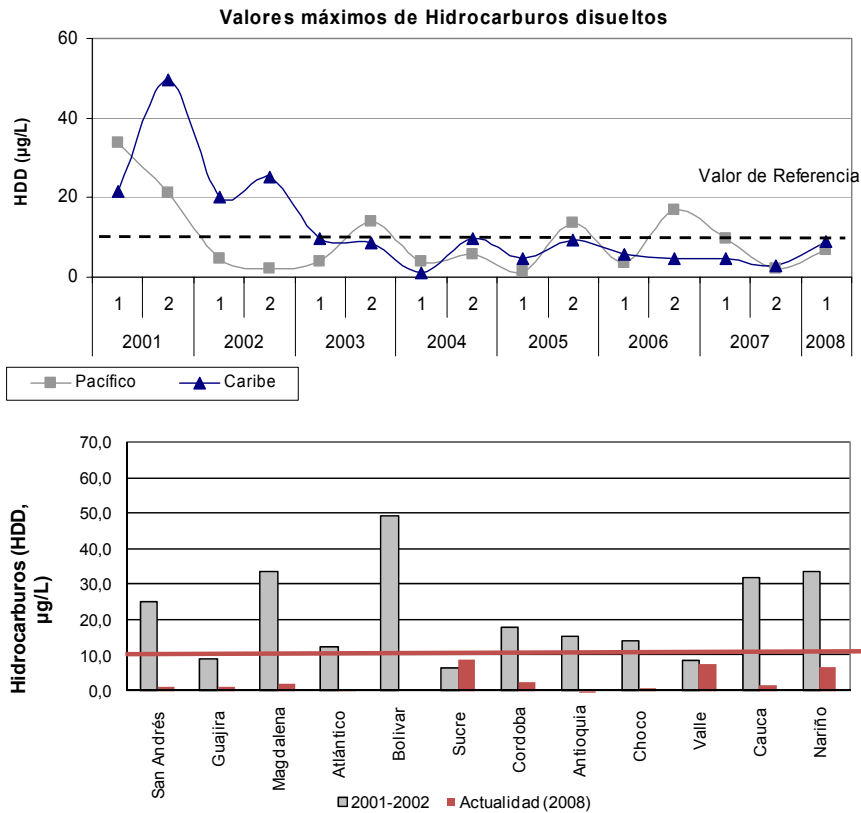


Figura 3.3.1-1. Valores máximos registrados en la base de datos REDCAM para hidrocarburos disueltos dispersos (HDD), en aguas a) por años y b) por departamentos. (La línea representa el valor de referencia de 10 µg/L).

Tabla 3.3.1-1. Niveles de hidrocarburos del petróleo reportados para aguas costeras superficiales de Colombia y otras áreas marinas.

Localidad	Hidrocarburos Dispersos y Disueltos (µg/L)	Nivel de contaminación	Referencia
Manzanillo (Cartagena)	0,19 – 8,74	Bajo a moderado	Garay <i>et al.</i> (1992)
Playa Blanca (Cartagena)	0,07 – 2,46	Bajo	
Ciénaga Grande de Sta. Marta	0,21 – 3,54	Bajo	
Bahía Tumaco	1 – 3	Bajo	Marrugo (1990);
Bahía Buenaventura	4 – 10	Moderado	
Isla Gorgona	2 – 4	Bajo	Chouksey <i>et al.</i> (2004)
Dabhol-Ratnagiri (India)	1,7 – 3,7	Bajo	
Bassein – Mumbai	2,9 – 39,2	Bajo a alto	González <i>et al.</i> (2006)
Costa de Galicia después de 4 años del derrame del Prestige	0,1 – 4,8	Bajo	
<b>Caribe Colombiano (2007-2008)</b>	<b>0,2 - 9,0</b>	Bajo a moderado	Presente estudio
<b>Pacífico Colombiano (2007-2008)</b>	<b>0,3 - 9,8</b>	Bajo a moderado	Presente estudio

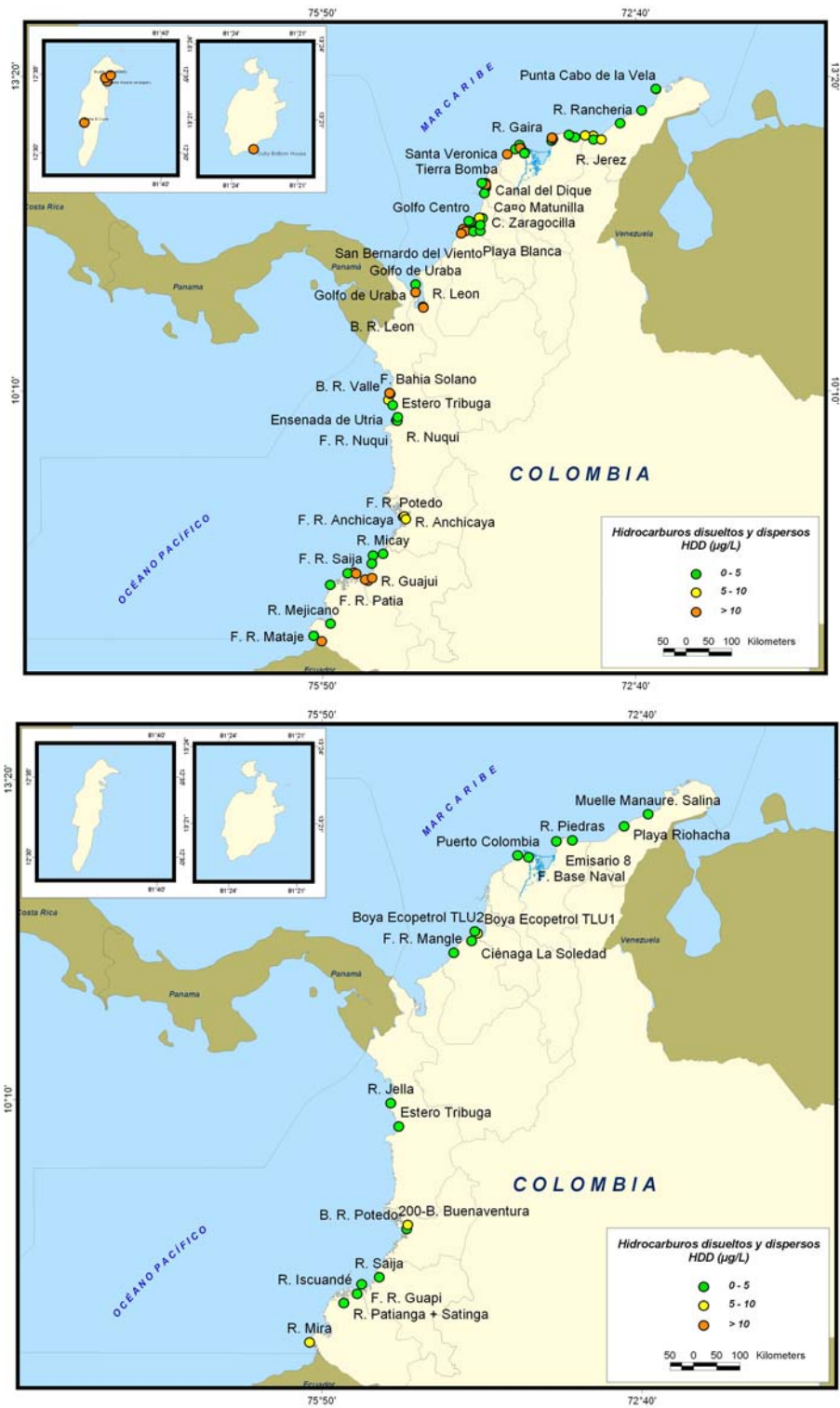


Figura 3.3.1-2. Ubicación de los sitios donde se han registrado concentraciones que altas de hidrocarburos en aguas, a) 2001-2003 y b) 2008).



### 3.3.2 Residuos de Plaguicidas

El contenido de organoclorados totales (OCT) corresponde a la suma de las concentraciones de cuatro grupos de compuestos (aldrines, DDT y sus metabolitos, metoxicloro y sus metabolitos y hexacloro-hexanos), entre ellos el lindano tiene marcado interés ambiental debido a sus características tóxicas (Walker y Livingstone, 1992).

Para fines de diagnóstico los resultados del análisis se compararon con el valor de referencia internacional de 30 ng/L, utilizado en este informe como indicador umbral de alto riesgo en aguas marinas, según el trabajo realizado por Marín y colaboradores (2002), en aguas costeras de Colombia. En este sentido, las concentraciones inferiores a 5 ng/L se consideran bajas y no representan un riesgo para el ambiente, entre 5 y 15 ng/L representan un riesgo bajo; y concentraciones entre 15 y 30 ng/L representan un riesgo medio por contaminación con OCT. Finalmente, las mayores a 30 ng/L representan contaminación por organoclorados (OC) con graves riesgos para la biota.

El monitoreo REDCAM ha permitido identificar como principales fuentes de plaguicidas al medio marino los cultivos (principalmente de banano, arroz, palma y pastos,); la manufactura de los mismos en Cartagena y Barranquilla; los residuos transportados por los ríos y escorrentías continentales, como el río Magdalena y los ríos que cruzan la zona bananera de Urabá y Magdalena. En el Pacífico, se han identificado otras fuentes como las campañas de erradicación de la malaria, la inmunización de la madera en aserríos y los cultivos ilícitos. En los últimos años también se plantea la hipótesis el transporte por las corrientes marinas desde otros sectores incluso transnacionales como ocurre en San Andrés.

Los resultados muestran que los sitios donde ha sido recurrente la presencia de OCT son: la zona costera del Magdalena y los golfos de Morrosquillo y Urabá en el Caribe; y La ensenada de Tumaco y Guapi en el Pacífico (Figura 3.3.2-1). Históricamente, se han observado cambios, del 2001 al 2004 los niveles más altos de OCT se encontraron en el Pacífico. En el 2001 en el Cauca (94 ng/L), en el 2002 en el norte de Nariño (70,3 ng/L), en 2003 Chocó (20,5 ng/L) y en el 2004 nuevamente en Nariño (78,7 ng/L). En contraste, en más del 90% de las muestras colectadas en el Caribe la concentración de OCT estuvo por debajo del límite de detección para el método analítico utilizado, excepto el Magdalena, donde en el 2003 se encontró la mayor concentración de OCT a nivel nacional (35,7 ng/l; Figura 3.3.2-2). En el 2005 aunque el valor máximo se halló en San Andrés (59 ng/L), en el Chocó también se registró un valor alto, 27 ng/L (*Río Nuquí*). En el 2006 las concentraciones fueron inferiores a 3 ng/L y en el 2007 el valor más alto en todo el país se localiza en la región del golfo de Urabá (17,6 ng/L), evidenciando el impacto de las actividades agrícolas adyacentes al Golfo. En el 2008 se detectaron trazas de OCT que no sobrepasan el valor de referencia. Sin embargo los valores más altos nuevamente se registran en el Pacífico (Parque Sanquianga; 21,2 ng/L) y en el golfo de Urabá (17,6 ng/L).

En general, en la mayor parte de los departamentos, se observa una disminución paulatina de residuos de plaguicidas OC. A pesar de que en el último año se registró un incremento en los rangos de concentración, los niveles se han mantenido por debajo del valor de referencia de 30 ng/L (Figura 3.3.1-2). Adicionalmente los datos se compararon con los reportados en otras regiones del mundo (Tabla 3.3.2-1), de lo cual se deduce que las concentraciones de estos compuestos en las zonas costeras del país son bajas, más del 70% de las estaciones presentan concentraciones de OC inferiores a 15 ng/L. Esto se debe básicamente a la restricción en el uso de plaguicidas organoclorados y los cambios en las prácticas agrícolas.

Se destaca, la continua presencia de residuos clorados en Urabá y en las concentraciones relativamente altas (> 50 ng/L) encontradas la zona costera de San Andrés y Providencia durante el 2005 y 2006. Si bien su presencia podría estar asociada al transporte marino o aéreo desde Centroamérica, hay que seguir monitoreando estas para establecer si los residuos son transportados desde otros sectores o provienen de usos locales.



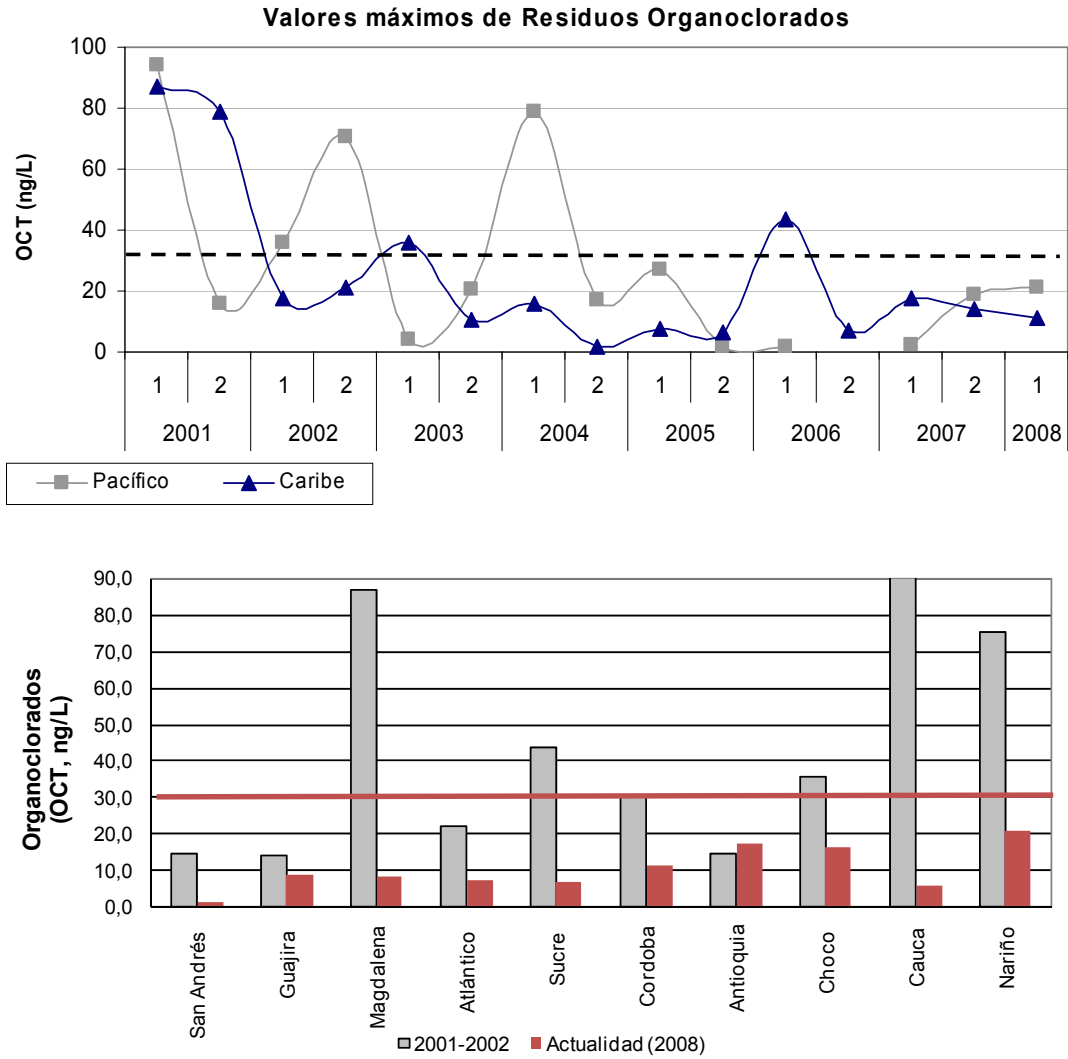


Figura 3.3.2-1. Valores máximos registrados en la base de datos REDCAM para organoclorados en aguas a) por años y b) por departamentos. (La línea representa el valor de referencia de 30 ng/L). No están representados los valores máximos obtenidos en San Andrés del 2005 y 2006

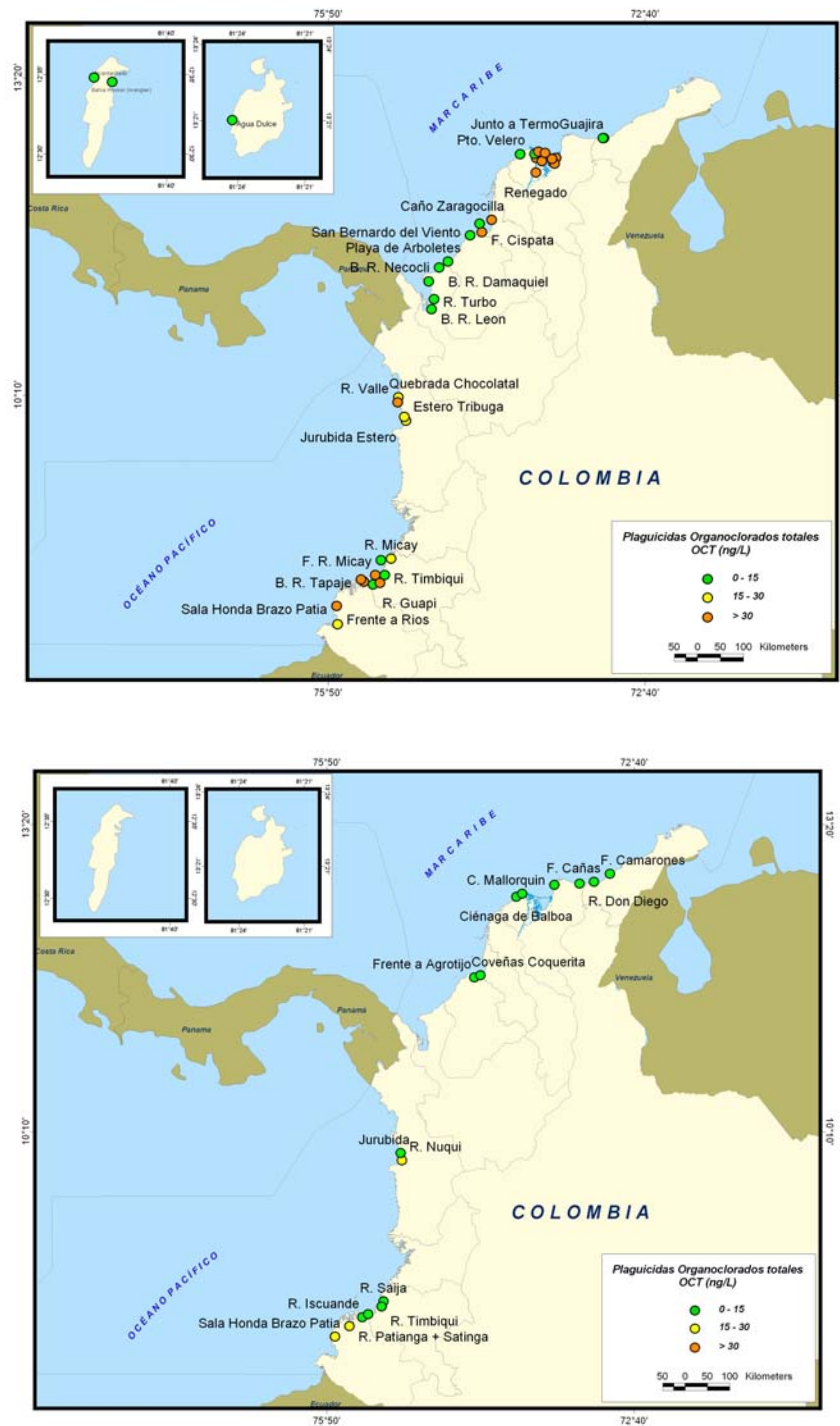


Figura 3.3.2-2. Ubicación de los sitios donde se han registrado concentraciones más altas de organoclorados en aguas, a) 2001-2003 y b) 2008).

Tabla 3.3.2-1. Niveles de organoclorados reportados para aguas costeras superficiales de Colombia y otras áreas marinas.

Localidad	$\Sigma$ OC (ng/L)	Nivel de contaminación	Referencia
Delta del Río Pearl - China	2,57 - 41,2	Bajo a Moderado	Yu-Feng et al., (2008)
Mumbai - India HCH	0,16 - 15,92	Bajo a Moderado	Pandit et al., (2006)
DDT	3,01 - 33,2		
Mar Negro	0,02 - 0,368	Bajo	Maldonado y Bayona (2002)
Mar de Bering y Chukchi	0,412 - 0,446	Bajo	Zi-Wei et al., (2002)
<b>Caribe Colombiano (2007-2008)</b>	0,03 - 17,6	Bajo a moderado	Presente estudio
<b>Pacífico Colombiano (2007-2008)</b>	0.03 - 21,2	Bajo a moderado	Presente estudio

Temporalmente, la información no muestra incrementos notables en las concentraciones de OC en las épocas húmedas, como podría suponerse, por el lavado de los suelos agrícolas y descarga final a las aguas costeras; debido a la complejidad de los procesos que experimentan estos tóxicos con base en la oferta climática.

### 3.3.3 Microorganismos de Origen Fecal

La contaminación microbiológica de las aguas costeras se presenta de manera especial en los países del Caribe y América Latina, ya que un gran porcentaje de los residentes viven cerca de los ríos o líneas de costa, donde se vierten de manera descontrolada descargas de aguas residuales domésticas no tratadas o con tratamientos deficientes (PAHO, 2003). En Colombia, se estima que estos vertimientos se encuentran en un volumen cercano a los 67 m<sup>3</sup>/s (Acevedo, 2004). Éste hecho, tiene mayor relevancia cuando se considera que las áreas receptoras de vertimientos son empleadas para el desarrollo de actividades turísticas, deportivas, de cosecha y pesca. Factores que incrementan el riesgo de transmisión de enfermedades a los diferentes usuarios del sistema (González et al., 2003).

Los ríos son la fuente de contaminación puntual con mayor aporte de microorganismos de origen fecal. Durante el segundo semestre del año 2007 (época húmeda) y el primer semestre del año 2008 (época seca), la mayor concentración de Coliformes totales – CTT (NMP/100 ml) en la línea de la costa Caribe se encontró en los ríos Sinú en Córdoba (9.400.000); Manzanares en Magdalena (3.500.000); Volcán, Hobo y Mulatos en Antioquia (1.600.000) y río Magdalena a la altura de la Base Naval en el departamento del Atlántico (1300.000). En la zona costera del Pacífico los aportes de coliformes fueron menor comparados con el Caribe. Las máximas concentraciones se encontraron en los ríos Jella en Choco (104.500), Potedo (66.000) y Dagua (33.000) en Valle del Cauca; y Juagui en Cauca (7.900).

De acuerdo con la Legislación colombiana (Decreto 1594 de 1984: MinAgricultura, 1984) las concentraciones de Coliformes totales no deben exceder 5.000 NMP para actividades de contacto secundario y 1.000 NMP para contacto primario, concentraciones superiores, generan riesgo sanitario el cual se manifiestan en generación de enfermedades gastrointestinales y respiratorias principalmente (OMS, 2003)

Las playas son activos medioambientales que generan recursos económicos para las poblaciones costeras, a través del desarrollo del sector turístico (Yepes, 1999). La oferta de estos recursos requiere además, garantía en la protección de la salud de los bañistas, para lo cual se requiere evaluar su calidad sanitaria, para garantizar la seguridad de los bañistas, ya que estos se exponen agentes infecciosos a través del agua de baño en actividades de natación, natación con careta, buceo e ingestión directa de la misma.

Durante el año 2008 (primer muestreo), las mejores condiciones sanitarias de las playas se presentaron durante el primer semestre, con solamente el 14 % de las estaciones no aptas para actividades de baño y natación. Mientras que en el segundo semestre del año 2007 (segundo muestreo), el 31% de 88

estaciones evaluadas no cumplió los requerimientos microbiológicos para actividades de contacto primario de acuerdo con los parámetros de la legislación colombiana (CTE > 200 NMP/100 mL; MinAgricultura, 1984).

Los balnearios con mayor concentración de CTE (NMP/ 100 mL) durante el año fueron: Playa Municipal en la zona de la calle 10 en Magdalena (390.000), Puerto escondido en Córdoba (16.000), Coveñas coquerita en Sucre (13.000), Playa Almejal (3.500) y Bahía Solano (2.400) en Choco, Frente al muelle Bocana en Valle del cauca (2.400), La Martina (1.700) y Necoclí (1.300) en Antioquía y Muelle San Andrés en la isla de San Andrés (1.600; Figura 3.3.3-1)

El grupo indicador Enterococos (UFC/100 mL) establecido por la OMS, presentó mayores concentraciones en la época húmeda del año 2007. Los máximo niveles se reportaron en Playa Blanca San antero (702), Puerto escondido (399) y Moñitos (171) en el departamento de Córdoba, Coveñas coquerita (420) en Sucre, playa Municipal – Zona calle 10 (236), Playa Salguero (176) y Puerto Colombia (211) en Atlántico.

Los resultados muestran que los riesgos de infección para los bañistas aumentan en periodos de lluvias, donde la concentraciones ascienden por el proceso de arrastre de sedimentos al mar a través de las escorrentías y los ríos (González *et al.*, 2003; OMS, 2003; Noble *et al.*, 2003).



Figura 3.3.3-1. Calidad sanitaria de las playas del Caribe y Pacifico Colombiano durante el segundo semestre del año 2007 al primer semestre del año 2008, de acuerdo a la concentración de Coliformes termotolerantes establecidos en la legislación Colombiana, decreto 1594 de 1984.

### 3.3.4 Evaluación de la calidad del agua con indicadores

El índice representa el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas, que describen el estado de un cuerpo de agua marino (o estuarino), con relación a las condiciones ambientales que

propician la preservación de la flora y la fauna o para el disfrute por contacto primario o secundario (Min Agricultura, 1984; Marín *et al*, 2003), en un concepto denominado “calidad”.

Para aguas cuyo uso sea de actividades náuticas y de recreación el parámetro que mas se tiene en cuenta, es el de los coliformes (totales y termotolerantes). Este índice mostró varios puntos a lo largo de la costa colombiana con calidad “buena” en sus aguas (color amarillo; Figura 3.3.4-1a). Estos sitios corresponden a playas en La Guajira, Bolívar, Sucre y Córdoba en el Caribe. En el Pacífico los sitios se encuentran en la ensenada de Tumaco (Nariño), en la zona estuarinas de los ríos Chaguí y Mejicano.

Los aportes de aguas residuales y los aportes de ríos a la zona costera (aumento de sólidos en suspensión), influyeron el resultado obtenido.

El índice para preservación de flora y fauna, tiene como parámetro relevante todos los naturales (físicoquímicos), que son afectados por la presencia de contaminantes. Para el primer muestreo del 2008 mostró dos áreas con calidad “buena” de las aguas estuarinas en los departamentos del Magdalena y Sucre.

En el Magdalena, los sitios son el río Aracataca y el caño Aguas Negras (Figura 3.3.4-1b), ambos aportan sus aguas a la Ciénaga Grande de Santa Marta siendo los nutrientes (fósforo inorgánico principalmente), los sólidos en suspensión y el oxígeno disuelto son los parámetros que presentaron condiciones deficientes durante el muestreo realizado (INVEMAR, 2008).

En el departamento de Sucre los caños Guainí y Francés, con el mismo rango de calificación en su índice, fueron influidos por bajas concentraciones del oxígeno (menores a 3 mg/L), altas concentraciones de fósforo y sólidos en suspensión.

En el resto de las estaciones de muestreo, se observó que la calidad de las aguas según el índice numérico “excelente” (color verde), pero no se debemos disminuir los esfuerzos para mantener buenas condiciones en todos los ambientes marinos del país.

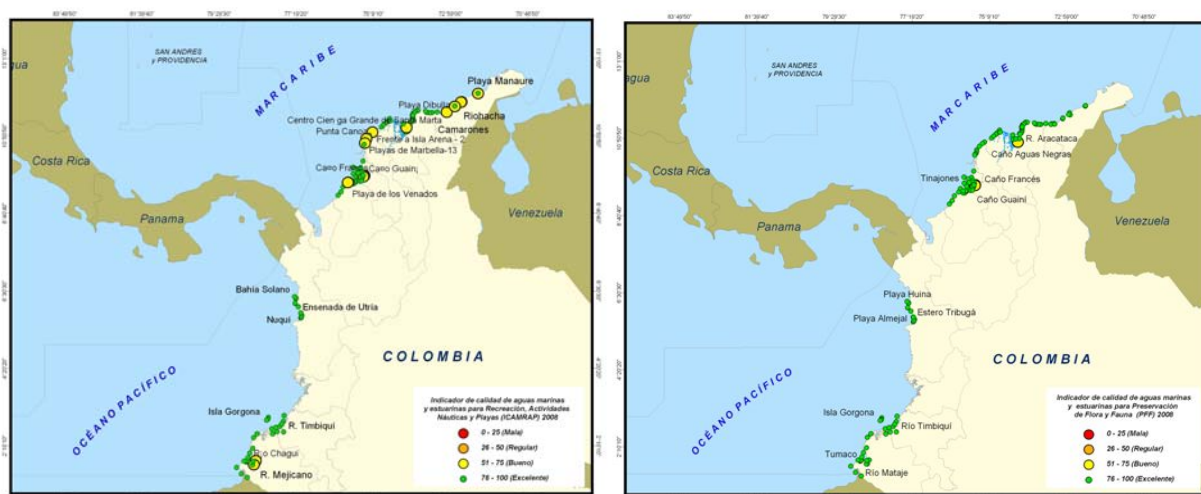


Figura 3.3.4-1. Representación gráfica del indicador de calidad de aguas marinas y estuarinas en la época seca de 2008. a) Actividades recreativas, náuticas y playas - RAP y b) Preservación de flora y fauna – PFF.

### 3.3.5 Conclusiones

Las aguas costeras del país, a pesar de recibir de manera constante vertimientos antrópicos e influencias de los cuerpos de aguas naturales, cargados de diversas sustancias que recogen a su paso por las cuencas que drenan, presentan en general buenas condiciones para el mantenimiento de la fauna y la flora marina. Sin embargo, existen sitios que presentan aportes superiores al promedio nacional o regional. Esos sitios, están localizados en cercanías de ríos caudalosos, centros poblados grandes y con desarrollo industrial.

A pesar de la oferta natural y los esfuerzos realizados, los vertimientos de las aguas residuales son la mayor amenaza (aunque no la única), que influyen sobre la calidad de las aguas costeras del país. Las fuentes de contaminación más conspicuas, se ubican en los departamentos de Bolívar (aguas residuales, industria, puerto marítimo, turismo y desarrollo agropecuario), Magdalena (emisario submarino, puertos carboneros, turismo y zona bananera) y Atlántico (desarrollo industrial, puerto fluvial, aguas residuales) en lo que corresponde al Caribe colombiano. En el Pacífico los departamentos de Valle del Cauca y Nariño, se constituyen en los de mayor desarrollo y movimiento portuario, que junto a los centros poblados son las actividades de mayor aporte de sustancias contaminantes.

Los departamento con mayor carga de nutrientes, se asocian a centros poblados, en los cuales se desarrollan actividades de gran impacto, como Bolívar, Magdalena y Sucre para el Caribe y Valle del Cauca, Cauca y Nariño para el Pacífico. Estos departamentos poseen puertos de gran importancia para el país y sitios turísticos con mucha promoción nacional (San Andrés, Cartagena, Santa Marta, Tolú, Buenaventura, etc.).

Los vertimientos de hidrocarburos y plaguicidas, han venido disminuyendo, lo cual se puede asociar en el primer caso al aumento de controles en los puertos para vertimientos desde buques; y en segundo caso a la implementación de buenas prácticas agrícolas, que disminuyen el uso de plaguicidas en cultivos.

El Indicador de calidad de aguas mostró que las aguas marino-costeras del país tienen “excelente calidad”, para ser usadas en preservación de flora y fauna, como lo define el decreto 1594 de 1984. Pero en el caso de las aguas costeras que tienen usos de contacto primario, a menudo se ven afectadas por las descargas de microorganismos provenientes de las aguas residuales.





# REGIONAL CARIBE



El Rodadero, Santa Marta





## REGIONAL CARIBE

### 4. ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL CARIBE COLOMBIANO

#### 4.1 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS

##### 4.1.1 Nutrientes inorgánicos.

###### Amonio.

Las concentraciones del ión amonio inorgánico (Figura 4.1.1-1; INVEMAR, 2008), para el litoral Caribe sólo en las aguas del departamento de Bolívar, superaron la concentración de los 100 µg/L de amonio en sus costas; los demás departamentos presentaron concentraciones cercanas a los 50 µg/L, con excepción de las costas de Antioquia y Chocó, en donde no se tienen los registros de ese muestreo.

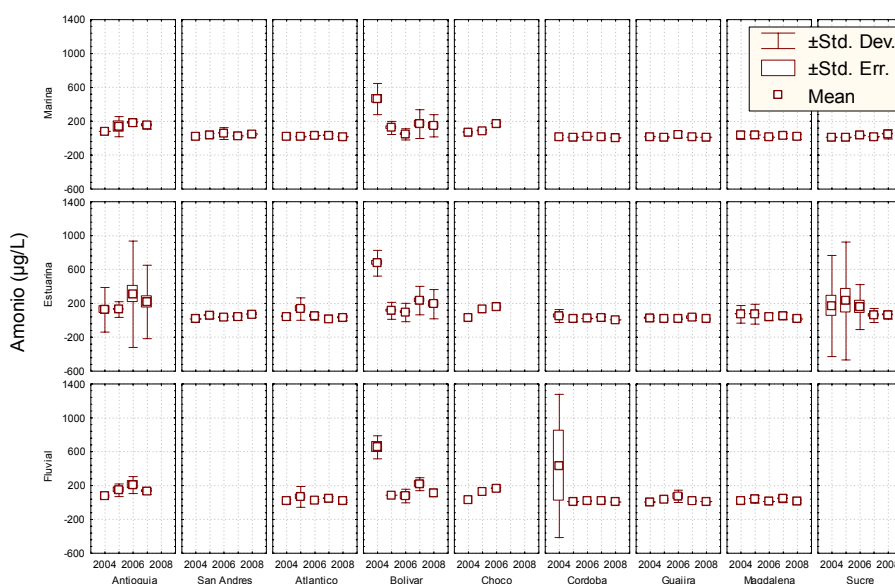
Con esos promedios de concentración y comparando con los resultados del trabajo de Troncoso y colaboradores (2006), los promedios “normales” o los que se esperan para este ión en las aguas marinas del departamento es de 12,9 µg/L, con máximos de 50 µg/L. Con tal información, sólo las aguas del departamento de Bolívar presentan, valores por encima de los esperados en sus aguas costeras, ya que en promedio los diferentes tipos de aguas (marinas, estuarinas y continentales), presentaron valores por encima de los 100 µg/L (INVEMAR, 2008). Los promedios para las aguas tanto para los departamentos del Caribe como nacional, en los tipos de aguas marinas y estuarinas son menores a los 50 µg/L, por lo que se da una voz de alerta a la corporación para que se mantenga vigilante de este parámetro y sus fuentes costeras.

###### Nitratos.

El ión nitrato en la región Caribe con las mediciones para el primer semestre del 2008, se registraron promedios entre 9,5 y 124 µg/L en las aguas costeras de los departamentos (con excepción de Antioquia, Chocó y San Andrés), donde los departamentos de Atlántico, Bolívar y La Guajira, fueron los de mayor concentración (124, 87 y 93 µg/L respectivamente; Figura 4.1.1-2). Los registros históricos de este ión en el país, indican que valores naturales por encima de 70 µg/L (Troncoso *et al.*, 2006), pueden ser una acumulación del parámetro, por lo que es deseable que sus concentraciones permanezcan por debajo del valor de referencia. Para el muestreo del 2008, se encontró que las aguas estuarinas de los departamentos de Atlántico, Bolívar y la Guajira presentaron registros promedios superiores a 70 µg/L (Figura 4.1.1-2), con lo que esos cuerpos de agua deberán ser vigilados en sus procesos ecológicos y si es posible regular el ingreso de aguas ricas en nutrientes para un mejor manejo del recurso hídrico y en defensa de la vida acuática (EPD de Hong Kong, 2003).

###### Ortofosfatos.

Las concentraciones de fósforo inorgánico presentaron concentraciones entre 9 y 98 µg/l de  $^{-3}\text{PO}_4$ , el máximo corresponde al departamento de San Andrés (Figura 4.1.1-3). En las islas el número de estaciones que sobrepasan las concentraciones de 15 en aguas marinas y 45 para las estuarinas (EPD de Hong Kong, 2003), son varias y afectan puntos sensibles como Santa Catalina (valor por encima de 800 µg/L; INVEMAR, 2008). Otros sitios, donde se encontró que el ingreso de fosfatos está por encima de los valores anteriores, están en tres sitios de Bolívar incluyendo la playa de Manzanillo del Mar.



**Figura 4.1.1-1. Comparación entre las concentraciones de amonio en las aguas de los departamentos del Caribe colombiano.**

Oxígeno disuelto.

Durante el primer muestreo del 2008, las concentraciones de oxígeno disuelto promedio en las aguas costeras de los departamentos del Caribe colombiano, fueron superiores a los 4 mg/L que representa el valor mínimo exigido por la norma colombiana (Decreto 1594 de 1984; Figura 4.1.1-4; INVEMAR, 2008). El flujo y los movimientos de agua costeros, garantizan la buena aireación de las mismas. Sin embargo, los vertimientos constantes de aguas residuales o cargadas con materia orgánica, pueden generar disminución del contenido de oxígeno disuelto. Los menores cometidos de oxígeno disuelto, fueron registrados en los cuerpos lagunares como las ciénagas de Mallorca en el departamento del Atlántico y Ciénaga Grande de Santa Marta en el departamento del Magdalena.

Valor del pH.

Los valores del pH de las aguas costeras del Caribe colombiano para el primer muestreo del 2008, estuvieron entre 7,9 y 8,1 para las aguas estuarinas y marinas (Figura 4.1.1-5; INVEMAR, 2008). Históricamente el pH ha presentado cambios en las aguas que llegan desde el continente y en las estuarinas; las de la zona marina, han presentado condiciones estables del parámetro. Según el decreto 1594 (MinAgricultura, 1984), señala el rango óptimo del pH para las aguas costeras, con fines de preservación de flora y fauna esta entre 6,5 y 8,5, lo que muestra buenas condiciones promedios en estas aguas.

Sólidos en suspensión.

Los sólidos en suspensión registraron promedios entre 0,1 y 65 mg/L de concentración durante el primer muestreo del 2008 para aguas marinas y entre 0,2 y 128 para las estuarinas (Figura 4.1.1-6; INVEMAR, 2008). Las estaciones de boca del río Raposo y el río Dagua son las de mayor concentración de sólidos durante en el primer muestreo del 2008 (125,5 y 94,2 mg/L respectivamente). En ambas estaciones, los registros históricos indicaron que el promedio de los SST es un poco mayor a 20 mg/L, siendo la primera vez que las concentraciones sobrepasan los 40 mg/L (el doble del promedio histórico), esto debe entenderse como una señal a tener en cuenta para hacer un seguimiento detallado.

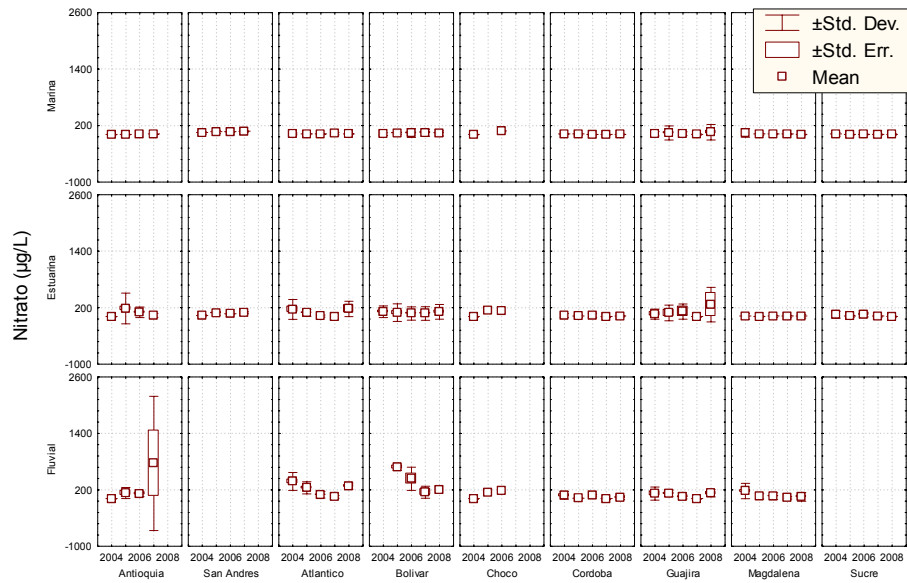


Figura 4.1.1-2. Comparación entre las concentraciones de nitrato en las aguas de los departamentos del Caribe colombiano.

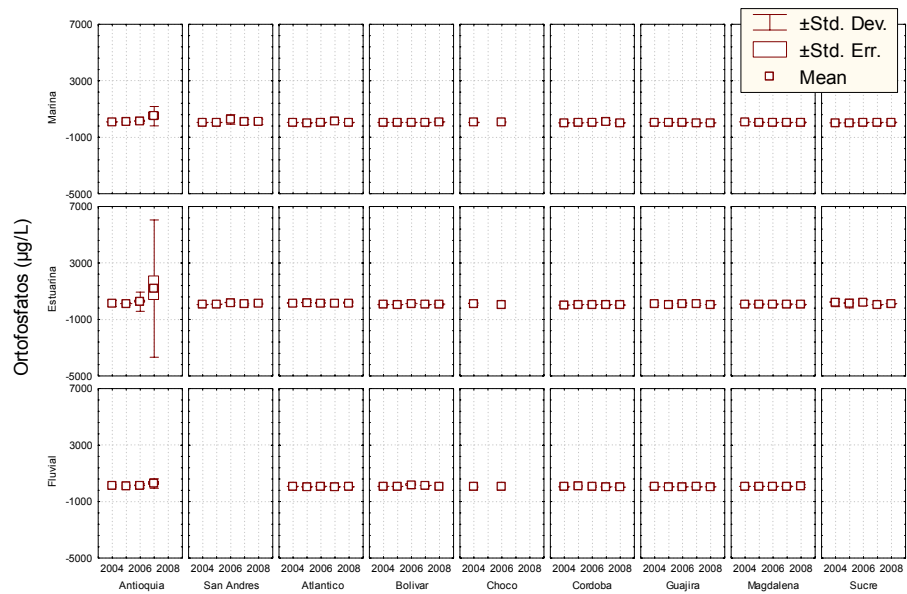


Figura 4.1.1-3. Comparación entre las concentraciones de ortofosfato en las aguas de los departamentos del Caribe colombiano.

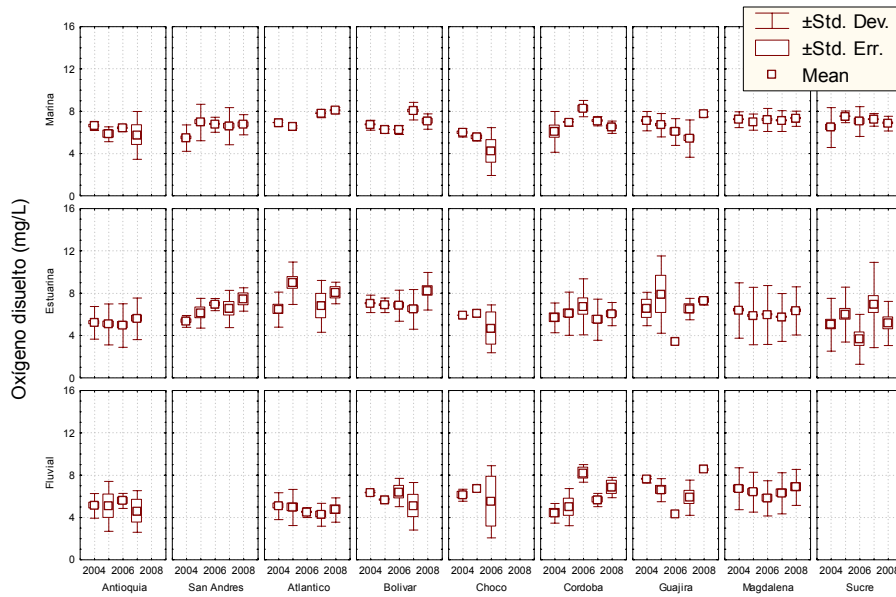


Figura 4.1.1-4. Comparación entre las concentraciones del oxígeno disuelto en las aguas de los departamentos del Caribe colombiano.

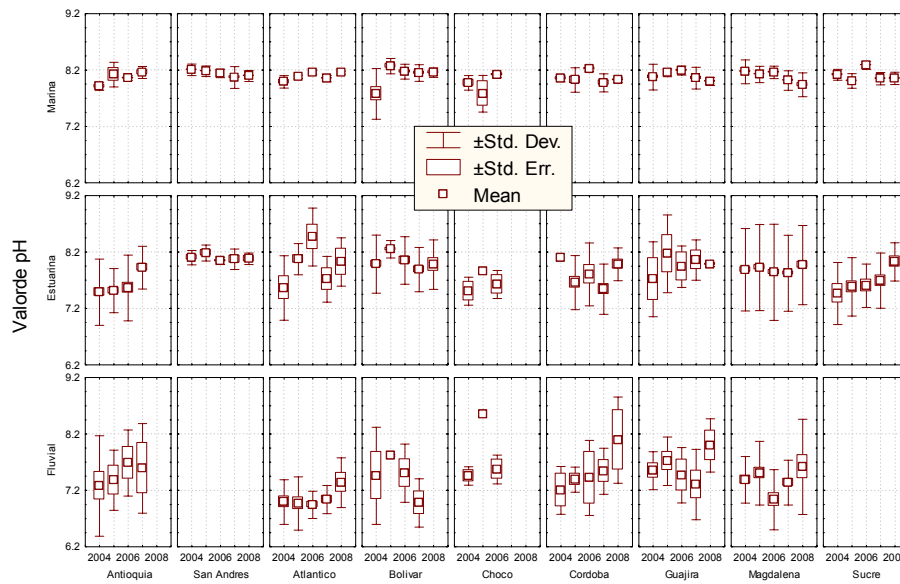


Figura 4.1.1-5. Comparación entre los valores del pH en las aguas de los departamentos del Caribe colombiano.

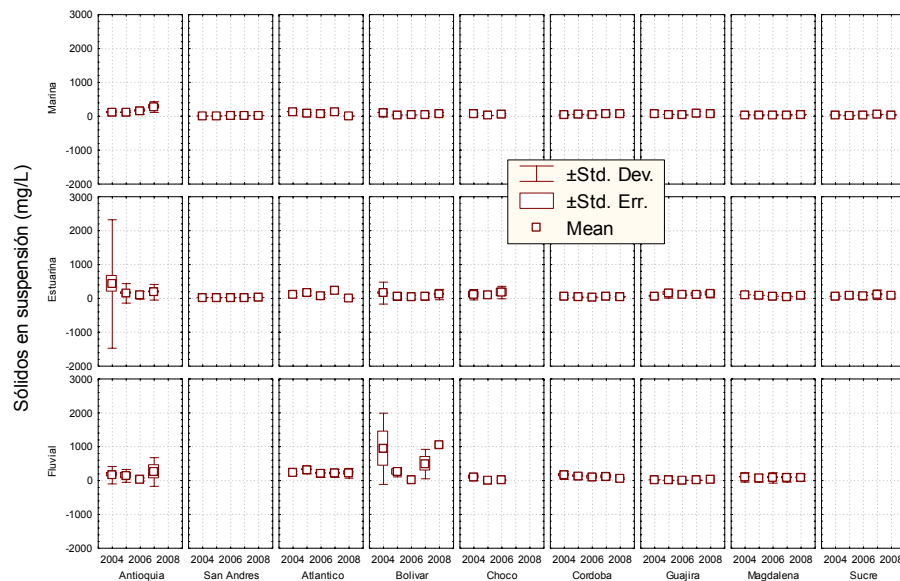


Figura 4.1.1-6. Comparación entre las concentraciones de sólidos en suspensión, para las aguas de los departamentos del Caribe colombiano.

## 4.2 PRESENCIA DE CONTAMINANTES

### 4.2.1 Hidrocarburos del Petróleo

Las concentraciones de hidrocarburos (HC) en el Caribe están directamente relacionadas con las fuentes de contaminación, la exploración, explotación, transporte, refinación y usos del petróleo y sus derivados y en gran medida con las actividades portuarias y marítimas. Se suma a esto el vertido de aguas servidas municipales que pueden contener cantidades considerables de aromáticos polinucleares (Harrison y Perry, 1975; Gasperi *et al.*, 2008); la industria manufacturera localizada principalmente en Cartagena y Barranquilla, un terminal y una refinería petrolera, la minería de carbón, la industria de agroquímicos, la pesca artesanal e industrial, la agricultura intensiva y la actividad turística entre otras (Leyva, 2001).

En este sentido, se han identificado que los sitios costeros más afectados por hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) corresponden al área de influencia de las ciudades de Santa Marta, Barranquilla y Cartagena y de los Golfos de Morrosquillo y Urabá. En las zona de influenciada del río Sinú (Córdoba) es recurrente la entrada de residuos de hidrocarburos como resultado del aporte de los pueblos ribereños. Históricamente se han registrado en estas áreas valores de HDD que superan los 10  $\mu\text{g/L}$  establecidos como norma para aguas no contaminadas (UNESCO, 1984; Atwood *et al.*, 1988). En la actualidad aunque las concentraciones no superan el valor de referencia, los sitios donde se siguen hallando las concentraciones más altas se encuentran cercanos a la zona costera de las tres principales ciudades del Caribe y los golfos de Morrosquillo y Urabá (Figura 4.2.1-1).



Figura 4.2.1-1. Sitios de muestreo que registran concentraciones significativas de hidrocarburos en aguas y que superan el valor de referencia (10 µg/L) en el periodo 2001 a 2008.

Como lo muestra la Figura 4.2.1-2 en los últimos años la tendencia en las concentraciones de HC es descendente. En el 2001 se obtuvieron los rangos más amplios alcanzando los 33,0 µg/L en Magdalena para la época seca y los 49,4 µg/L en Bahía Cartagena en la época lluviosa; en el 2002 los niveles no superaron los 17,8 µg/L (Córdoba) para la época seca y 25,17 µg/L (San Andrés), en la húmeda; para el 2003 el valor máximo fue de 9,87 µg/L (Golfo de Morrosquillo); en el 2004 de 9,74 µg/L (Atlántico); y en la época seca del 2005 de 4,7 µg/L nuevamente en el golfo de Morrosquillo (*Playa Berrugas*), en el segundo muestreo se registró el valor máximo en Antioquia (9,3 µg/L, *Bahía Colombia*); en el 2006 las concentraciones más altas se localizaron en la bahía de Santa Marta (5,92µg/L) y el golfo de Urabá (4,59 µg/L, *Río Mulatos*) durante el primero y segundo muestreo respectivamente; en el 2007 y en 2008 nuevamente la concentraciones más alta se registraron en el Golfo de Morrosquillo en *Playa Berrugas* (4,75 µg/L) y la *Boya de Ecopetrol TLU1* (9,0 µg/L). Aunque en la concentración máxima registrada en el 2008 estuvo cercana al valor de referencia, en las demás estaciones las concentraciones fueron inferiores a 5 µg/L.

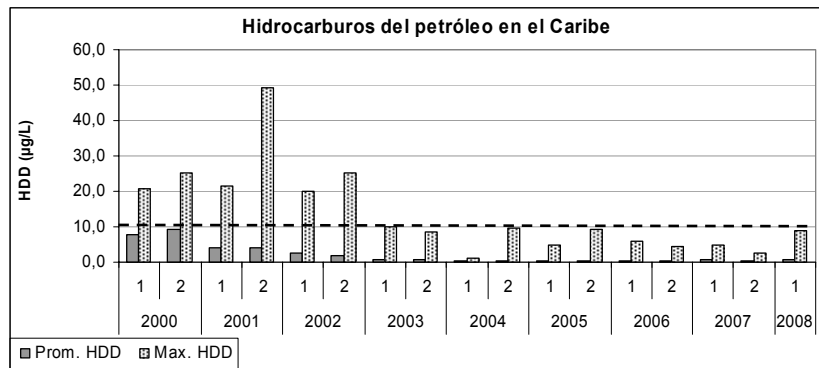


Figura 4.2.1-2. Concentraciones medias y máximas de hidrocarburos en aguas costeras del Caribe colombiano (2000-2008)

Si se comparan las concentraciones actuales del Caribe (2007-2008), con los registros de investigaciones en otras regiones del mundo, estas se pueden considerar bajas como lo indica la Tabla 4.2.1-1. Factores como la implementación de mecanismos de Producción más Limpia, impulsada por el ministerio del ambiente desde 1995, la aplicación de los compromisos del convenio MARPOL en los buques, los controles ejercidos por las corporaciones o la conciencia ambiental de los sectores productivos han logrado la reducción significativa de los vertidos industriales y quizás sean las razones por las cuales las concentraciones de hidrocarburos en aguas han disminuido en los últimos años.

**Tabla 4.2.1-1. Niveles de hidrocarburos del petróleo reportados en aguas costeras superficiales de Colombia y otras áreas marinas en el mundo**

<i>Localidad</i>	<i>Hidrocarburos Dispersos y Disueltos (<math>\mu\text{g/L}</math>)</i>	<i>Nivel de contaminación</i>	<i>Referencia</i>
Manzanillo (Cartagena)	0,19 – 8,74	Bajo a moderado	
Playa Blanca (Cartagena)	0,07 – 2,46	Bajo	Garay <i>et al.</i> , 1992
Ciénaga Grande de Santa Marta	0,21 – 3,54	Bajo	
Dabhol-Ratnagiri (India)	1,7 – 3,7	Bajo	Chouksey <i>et al.</i> , 2004
Bassein – Mumbai	2,9 – 39,2	Bajo a alto	
Costa de Galicia después de 4 años del derrame del Prestige	0,1 – 4,8	Bajo	González <i>et al.</i> , 2006

#### 4.2.2 Residuos de Plaguicidas

Las principales fuentes de plaguicidas al medio marino en el Caribe son los cultivos (banano, arroz, pastos, algodón, maíz y frutales), la manufactura de estos productos en Cartagena y Barranquilla; y los residuos transportados por los ríos y escorrentías, tal es el caso del río Magdalena que recorre las principales regiones agrícolas del país y los ríos que cruzan las zonas bananeras de Urabá y Magdalena. Como las más importantes vías de ingreso se identifican las escorrentías superficiales desde terrenos que han sido tratados con plaguicidas y el material suspendido en los cuerpos de agua, que facilita la movilización a grandes distancias de los plaguicidas en el curso de los ríos

Para evaluar la contaminación de plaguicidas en el Caribe se han realizado algunas investigaciones sobre contaminación por entidades como: el Inderena, el Ministerio de Salud, la Universidad Jorge Tadeo Lozano, la Universidad Nacional, el CIOH en convenio con la OEA, Colciencias, IAEA, el INVEMAR, Corpourabá, y la Universidad de Antioquia, entre otras. Las regiones en las cuales se identificó la presencia recurrente de OC fueron la zona costera de Bolívar, principalmente en la Bahía de Cartagena y la Ciénaga de la Virgen, la Ciénaga Grande de Santa Marta (Ramírez, 1988) y el Golfo de Urabá en cuya cuenca existe una fuerte actividad bananera que consume insumos agroquímicos (Morales, 2001). En la Ciénaga de la Virgen los niveles de plaguicidas organoclorados en aguas presentaron variaciones pequeñas, a excepción del p,p'-DDT con un promedio de 24,5 ng/L (Castro, 1998). Además, no hallaron relación alguna entre las concentraciones registradas en las dos épocas climáticas. Las concentraciones de OC en suelos de la zona adyacente a la Ciénaga de la Virgen utilizados durante décadas al cultivo de arroz se detectaron DDT, DDD, DDE, heptacloro, lindano con valores entre 0,02 - 2,86 ng/g en la época seca y 0,07 - 21,0 ng/g en la época lluviosa. Debido a la persistencia de estos compuestos y la continua aplicación, los metabolitos de la degradación siguen entrando a la Ciénaga por efecto del lavado del suelo.



La Figura 4.2.2-1 muestra los sitios de monitoreo donde se han encontrado las mayores concentraciones de OC los cuales corresponden a la zona costera de Urabá, el golfo de Morrosquillo principalmente por el transporte del río Sinú, la zona costera de Magdalena y el río Magdalena. Comprensible desde el punto de vista de que estas regiones se presentan los desarrollos agrícolas más importantes; grandes extensiones de cultivos de arroz, plátano, palma africana y pastizales, que drenan corrientes de agua al mar Caribe. Por fortuna los monitoreos revelan una tendencia de disminución en las concentraciones de estos residuos (Figura 4.2.2-2); siendo cada vez menos el número de muestras que contienen residuos OC a excepción del departamento de San Andrés donde en los dos últimos años se han registrado concentraciones que superan el valor de referencia adoptado (>30 ng/L).

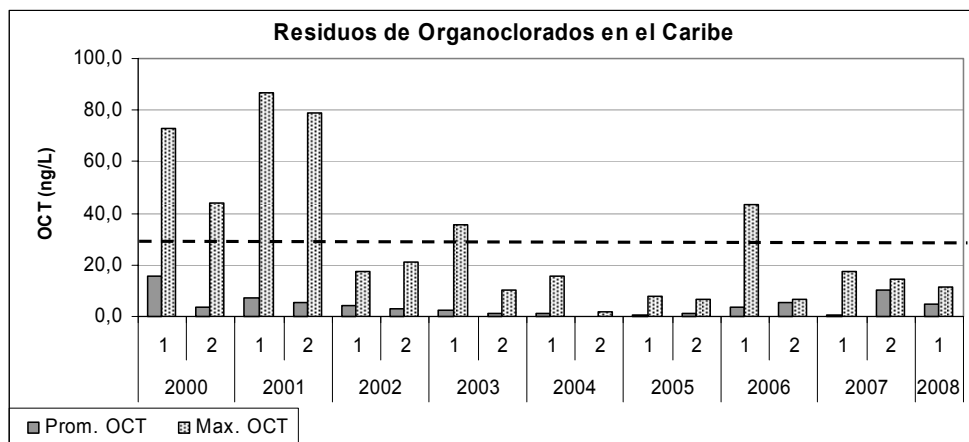


Figura 4.2.2-1. Concentraciones medias de residuos de organoclorados en aguas costeras del Caribe colombiano. (No incluye los valores máximos de San Andrés 2005-2006).

Como muestra la Figura 4.2.2-1 al inicio del proyecto se registraron los valores más altos de OC, específicamente en el departamento de Magdalena (35 – 87 ng/L respectivamente). También en este periodo, en la zona costera de Sucre y Córdoba (golfo de Morrosquillo), se registraron concentraciones mayores a 10 ng/L de forma recurrente; posiblemente transportados por las aguas del río Sinú y las escorrentías de las áreas cultivadas adyacentes. En el 2004 en la zona del Golfo de Urabá se registran los niveles más altos para ese año de la región Caribe (15,87 ng/L, Figura 4.2.2-2). En el 2005 en todo el Caribe continental se presentan concentraciones inferiores a 10 ng/L, contrario a lo hallado en San Andrés donde se registraron valores de 59,5 ng/L (*Muelle Santa Isabel*). En el 2006 nuevamente sorprende los registros hallados en San Andrés de 24 y 148 ng/L en las estaciones Alcantarillado y *Muelle Santa Isabel* respectivamente; y el hallado en Urabá de OC (43,5 ng/L). En el 2007 la concentración más alta del país se registro nuevamente en Urabá (17,6 ng/L) evidenciando el impacto de las actividades agrícolas adyacentes al Golfo. En el 2008 se detectan pequeñas cantidades de OC que no sobrepasan los 11,4 ng/L valor máximo registrado en el golfo de Morrosquillo.

Al comparar las concentraciones actuales del Caribe (2007-2008) con registros de otras regiones del mundo se pueden considerar bajas como lo indica la Tabla 4.2.1-1, básicamente, la restricción en el uso y los cambios en las prácticas agrícolas son las razones por las cuales las concentraciones de OC en aguas han disminuido en los últimos años.

Temporalmente, la información no muestra incrementos notables en las concentraciones de OC en las épocas de lluvias como podría suponerse por el lavado de los suelos agrícolas y la descarga final al agua costera debido a la complejidad de los procesos que experimentan estos tóxicos con base en la oferta climática. En general para el Caribe colombiano, en los últimos cuatro años los niveles de OC presentan una tendencia decreciente, a excepción de las zonas costeras de Urabá y San Andrés con niveles promedio que se han mantenido por debajo del valor de referencia (30 ng/L). Merecen gran atención los registros de San Andrés que corresponden a los más altos del Caribe es necesario mantener el seguimiento para establecer si los residuos son transportados desde Centroamérica o se liberan en la isla

tal como se planteó en el 2002 porque no se descarta su uso en la cuenca del mar Negro (Maldonado y Bayona (2002) e igualmente seguir detalladamente el monitoreo en la zona costera de Urabá.

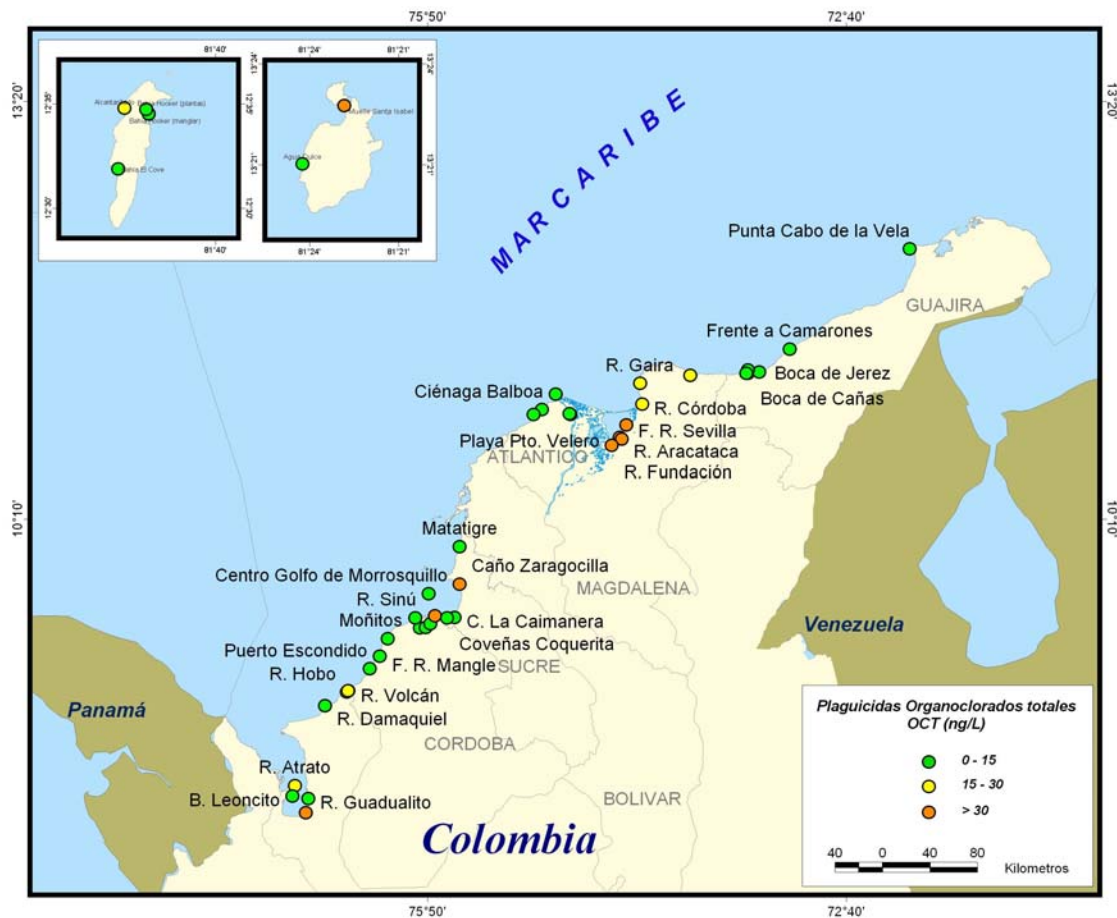


Figura 4.2.2-2. Sitios de muestreo que registran concentraciones significativas de organoclorados en aguas y que superan el valor de referencia (30 µg/L) en el período 2001 a 2008.

Tabla 4.2.2-1. Niveles de hidrocarburos de plaguicidas organoclorados reportados para aguas costeras superficiales de Colombia y otras áreas marinas.

Localidad	$\Sigma$ OC (ng/L)	Nivel de contaminación	Referencia
Delta del Río Pearl - China	2,57 – 41,2	Bajo a Moderado	Yu-Feng et al., 2008
Mumbai - India HCH	0,16 – 15,92	Bajo a Moderado	Pandit et al., 2006
DDT	3,01 – 33,2		
Mar Negro	0,02 – 0,368	Bajo	Maldonado y Bayona 2002
Mar de Bering y Chukchi	0,412 – 0,446	Bajo	Zi-Wei et al., 2002

#### 4.2.3 Microorganismos de Origen Fecal

En Colombia la legislación establece la calidad microbiológica del recurso hídrico en función de los grupos indicadores Coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) (MinAgricultura, 1984), que como

indicadores de contaminación fecal cumplen con la característica de ser propios del tracto gastrointestinal de seres humanos y animales de sangre caliente, incapaces de reproducirse fuera de él, estar estrechamente relacionados con los microorganismos patógenos y ser tan resistentes como éstos al medio ambiente (Savichtcheva y Okabe, 2006)

Las costas colombianas reciben a través de diversas fuentes de contaminación cantidades significativas de microorganismos que generan riesgos en la salud pública, deterioro de los espacios recreativos y pérdidas económicas (Edge y Hill, 2007). Entre las fuentes con mayor impacto se encuentran referidas las puntuales, tales como ríos, escorrentías y arroyos. Los ríos constituyen uno de los sistemas principales de recepción y transporte de aguas residuales al mar, que en su gran mayoría son dispuestas sin tratamiento por las poblaciones circundantes. En Colombia, solamente entre el 5% y el 10% de las cabeceras municipales efectúa algún tipo de tratamiento previo a la realización del vertimiento (Ojeda y Arias, 2000).

Durante el año de evaluación, los ríos presentaron mayor concentración de microorganismos de origen fecal en el segundo semestre del año 2007. Entre los tributarios con mayores niveles se encontraron el Río Magdalena (Atlántico), Sinú (Córdoba), Cañas (Guajira), Volcán y Mulatos (Antioquia), Manzanares y Gaira (Magdalena; Tabla 4.2.3-1). De igual forma, a lo largo de la línea costera se encuentran afluentes puntuales de aguas residuales como el Emisario submarino en la ciudad de Santa Marta y el Punto de Vertimiento de residuales domésticas en la ciudad de Riohacha. Estos afluentes descargaron un valor máximo de CTT de 542.000 NMP/100 ml y 200.000 NMP/ 100 ml, respectivamente.

Los Coliformes vertidos a la zona costera a través de las descargas continentales son reducidos en cantidad y viabilidad al llegar al mar, gracias a los efectos de dilución, salinidad y radiación solar que se presentan en los cuerpos de agua. De estas condiciones depende el tiempo de recuperación de la calidad microbiológica óptima en el área. En el caso de los ríos y puntos de vertimiento mencionados anteriormente, la gran mayoría desemboca en zonas próximas a playas recreacionales, ocasionando alteraciones en la calidad sanitaria.

La afectación de la calidad sanitaria es mayor (Tabla 4.2.3-1) en épocas de lluvias, donde los caudales de los ríos aumentan, trayendo consigo mayor carga sedimentos en los cuales son transportados los microorganismos (Brownella *et al.*, 2007). Así, durante el segundo semestre del 2007 correspondiente a la época húmeda del año se encontró que de 88 estaciones monitoreadas el 24 % no estuvo apta para actividades de contacto primario; mientras que en el primer semestre del año 2008, el 4 % de los balnearios no presentó condiciones microbiológicas aptas de acuerdo con los parámetros de la legislación colombiana (MinAgricultura; 1984)

Las playas con mayores concentraciones de Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) a nivel regional fueron el Totumo (1.400) y la Martina (1.700) en Antioquia, El sector de Muelle San Andrés (1.600) en San Andrés, Coveñas Coquerita (13.000) en Sucre, Playa Blanca San Antero (3.500) y Puerto Escondido (16.000) En Córdoba y Playa Municipal- Sector calle 10 (390.000) en Magdalena. El departamento del Atlántico presentó en las dos épocas de muestreo condiciones aptas según el criterio de CTE, pero de acuerdo al indicador complementario - Enterococos - establecido por la Organización Mundial de la Salud (2003), el Sector de Puerto Colombia durante la época húmeda del 2007 presentó condiciones de riesgo sanitario para los bañistas con un valor 210 UFC/ ml.

En general, la situación de mayor riesgo sanitario para el desarrollo de diversas actividades se muestra durante el segundo semestre de cada año, donde se presenta la temporada de lluvias que afecta la calidad sanitaria de la zona costera de la región. De tal forma que en la época seca del 2008 el 100 % de las playas de los departamentos de Córdoba, Guajira, San Andrés y Bolívar tuvieron condiciones microbiológicas idóneas para el baño, la natación y la pesca.

Tabla 4.2.3-1. Tributarios de la región Caribe con mayor concentración de microorganismos de origen fecal en la época húmeda del 2007 (II semestre) y época seca del 2008 (I semestre).

TRIBUTARIO	DEPARTAMENTO	CTT (NMP/100 mL)	CTE (NMP/100 mL)
Río Sinu	Córdoba	9.400.000	180.000
Río Gaira	Magdalena	350.000	22.000
Río Manzanares	Magdalena	3.500.000	130.000
Río Magdalena (Fte. Base naval)	Atlántico	1.300.000	790.000
Río Cañas	Guajira	110.000	33.000
Río Volcán y Mulatos	Antioquia	160.000	50.000

#### 4.2.4 Metales pesados

En Colombia han sido relativamente escasos los estudios referentes a la determinación y evaluación de los niveles de metales pesados en las costas del Caribe y Pacífico colombiano. En la costa caribe por ejemplo, han existido zonas de interés debido a la vulnerabilidad que han sufrido por causa de las diversas actividades de carácter antropogénico que se desarrollan. Dentro de estas zonas se cita y redonda quizás, en ecosistemas costeros importantes como la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) cuyos estudios llevados a cabo por más de una década han evidenciado la fuerte incidencia del río Magdalena y otros tributarios (ríos de la sierra Nevada de Santa Marta) sobre la calidad química del agua del complejo lagunar. Así mismo, en la bahía de Cartagena se ha evidenciado contaminación por metales pesados, debido principalmente a la presencia de fabricas de producción de Cloro (Cloro-Soda) que empleaban de manera indiscriminada el Hg como cátodo en la electrólisis y cuyos residuos finalmente eran descargados al mar.

Ante la importancia de establecer un criterio sobre la calidad actual de las aguas marinas y costeras del país se viene realizando anualmente el monitoreo de la REDCAM que incluye metales pesados en las aguas costeras de esta región. Y debido a que no existe en Colombia legislación ni criterios ambientales para este tipo de contaminantes en aguas costeras se empleó la norma de Brasil (*Resolución N° 20 del 18 de junio de 1986, CONAMA*) porque es la que mejor se ajusta al tipo de aguas colombianas y tiene en cuenta la preservación de comunidades acuáticas.

Los resultados para el Caribe siguen mostrando a la bahía de Cartagena como el sitio con los valores más altos de cadmio y plomo (Figura 4.2.4-1 y Figura 4.2.4-2) principalmente desde el 2005 han tendido al aumento manifestando su persistencia en el medio y la influencia que tienen los vertimientos industriales de la zona de Mamonal.



Figura 4.2.4-1. Sitios de muestreo que registran concentraciones significativas de cadmio (mg/L) en aguas y que superan el valor de referencia en el período 2001 a 2008

Paralelamente en el Golfo de Urabá (Antioquia) se registraron para algunas épocas climáticas concentraciones de Hg que superan el límite (CONAMA, 1986) en aguas estuarinas (0,1 µg/L), fluviales (0,2 µg/L) y marinas (0,1 µg/L). Pese a la disminución en las concentraciones de plomo después de 2005, los valores registrados en el 2007 superan los máximos permisibles en aguas estuarinas (1,0 µg/L), aguas marinas (5,0 µg/L) y en aguas fluviales (3,0 µg/L). Para el resto de los departamentos del Caribe los registros para cadmio y plomo muestran según las Figura 4.2.4-2 y Figura 4.2.4-3 que estos se encuentran por debajo de los límites.

Por otra parte, en la Figura 4.2.4-3 se muestra que sólo en algunos sitios de Bolívar (bahía de Cartagena) y del Magdalena los resultados de cromo en aguas son significativos o superan el valor de referencia (50 µg/L), especialmente en estaciones de agua fluvial (Canal del Dique y Caño Ratón). El resto de estaciones de monitoreo del Caribe se mantienen por debajo del límite de 50 µg/L para aguas marinas, estuarinas y fluviales (CONAMA, 1986).

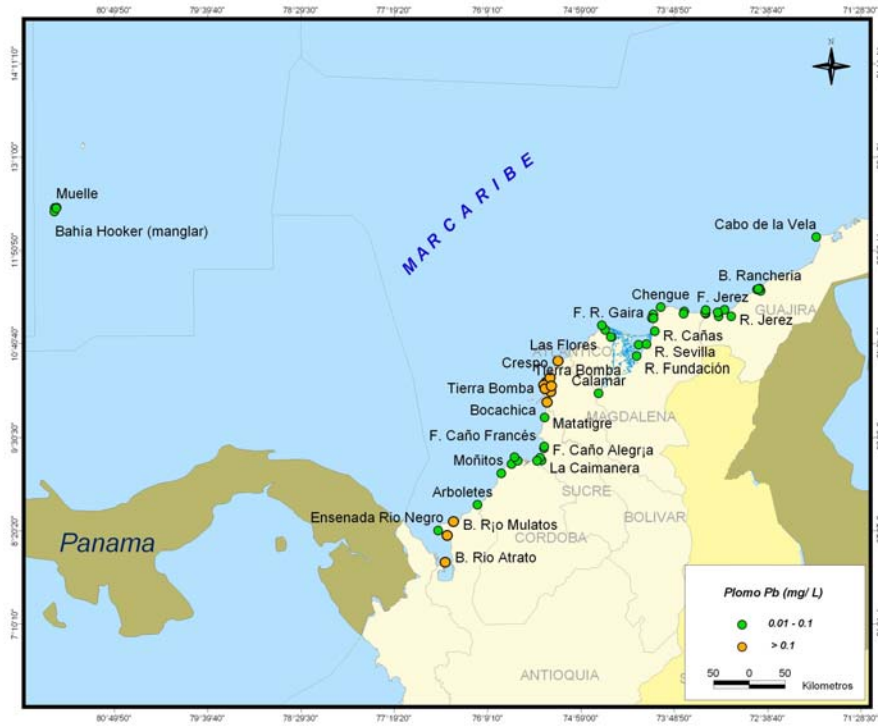


Figura 4.2.4-2. Sitios de muestreo que registran concentraciones significativas de plomo (mg/L) en aguas y que superan el valor de referencia en el período 2001 a 2008



Figura 4.2.4-3. Sitios de muestreo que registran concentraciones significativas de cromo (mg/L) en aguas y que superan el valor de referencia en el período 2001 a 2008



#### 4.2.5 Conclusiones

Las condiciones fisicoquímicas de las aguas costeras del Caribe colombiano, presentan condiciones buenas en lo general. Sitios específicos de problemas de ingreso de nutrientes, pueden verse en los departamentos de Bolívar, Atlántico y Guajira, que desde el río Magdalena y otros que bajan de la Sierra Nevada, aportan los nutrientes de los sitios por donde hacen tránsito, incluyendo los de aguas residuales.

Las concentraciones más altas de HDD se registran en la zona costera contigua a las tres principales ciudades del Caribe, el golfo de Morrosquillo y Urabá; debido a los asentamientos humano y las actividades que allí se desarrollan (descarga de aguas servidas, industria, agricultura intensiva y actividades portuarias y turísticas). Sin embargo, en los últimos años la tendencia de las concentraciones de HC es descendente; y en la actualidad no se registraron valores que sobrepasen el nivel de referencia para aguas no contaminadas (10 µg/L).

La zona costera de San Andrés y el golfo de Urabá son los únicos sectores del Caribe donde no es evidente la tendencia decreciente de las concentraciones de OC. En los dos últimos años registraron concentraciones que superan el valor de referencia (30 ng/L). En el primer caso se estima un aporte debido al traslado e contaminantes por corrientes marinas desde otros sectores; y en el Golfo por la intensa actividad agrícola a su alrededor.

Las concentraciones actuales de HDD y OCT en el Caribe (excepto las concentraciones de OC en San Andrés y Urabá), se hallan en el mismo orden de magnitud que las reportadas para otros ecosistemas del mundo considerados de bajo riesgo de contaminación por estas sustancias. Factores como la implementación de mecanismos de Producción más Limpia, los controles ambientales de las corporaciones, las restricciones en el uso de agroquímicos y/o la conciencia ambiental del sector productivo parecen ser las razones para haber alcanzado estos descensos.

Las aguas costeras recreativas del Caribe presentaron mejores condiciones sanitarias en el primer muestreo del año 2008 con el 4% de estaciones en condiciones no aptas para actividades de contacto primario, mientras que en el segundo muestreo del 2007 la calidad microbiológica del 24% de las playas estuvo por encima de los valores permisibles establecidos en la normatividad Colombiana por efecto de la temporada de lluvias.

Los resultados muestran que para el Caribe colombiano, ecosistemas de importancia como la bahía de Cartagena y el golfo de Urabá presentan gran vulnerabilidad a la contaminación química del agua y en especial de metales pesados como cadmio, plomo y mercurio en algunas épocas climáticas en particular, que superan los límites permisibles de estándares internacionales (CONAMA, 1986). Para el caso de cromo, las concentraciones halladas en aguas en su mayoría están por debajo de los valores umbrales que se establecen en la norma de referencia. Sin embargo, en la bahía de Cartagena superó los 50 µg/L en aguas fluviales.

# SAN ANDRÉS y PROVIDENCIA



Cresta arrecifal San Andrés.



Providencia





### 4.3 SAN ANDRES, PROVINCENDIA Y SANTA CATALINA.

El departamento se localiza al norte del continente Sudamericano y al este de Nicaragua, país con el que Colombia sostiene una querrela jurídica por la soberanía del Archipiélago. El área se localiza aproximadamente (según el último mapa oficial del IGAG, 2002), entre los 11° 00' y 15° 00' latitud Norte; y entre 79° 00' y 82° 14' de longitud.

Las Islas son de clima cálido, con temperaturas que oscilan entre 26 y 29°C. Generalmente los vientos soplan del este, pero cuando se presentan tormentas en el Caribe, los vientos soplan fuertemente del noreste, durante los primeros meses del año. Los períodos de lluvias son influidos por el clima del Caribe, donde tienen incidencia las tormentas y huracanes provenientes del Océano Atlántico, en los cuatro últimos meses del año

#### 4.3.1 Estaciones de Muestreo

Las estaciones de muestreo en el archipiélago, hacen parte del sistema de monitoreo sistemático que implementó la corporación, con el cual controla la calidad del recurso agua en sus zona costera (Figura 4.3.1-1). Las estaciones se han mantenido dentro de la red de estaciones de muestreo, sin cambios durante los últimos tres años.

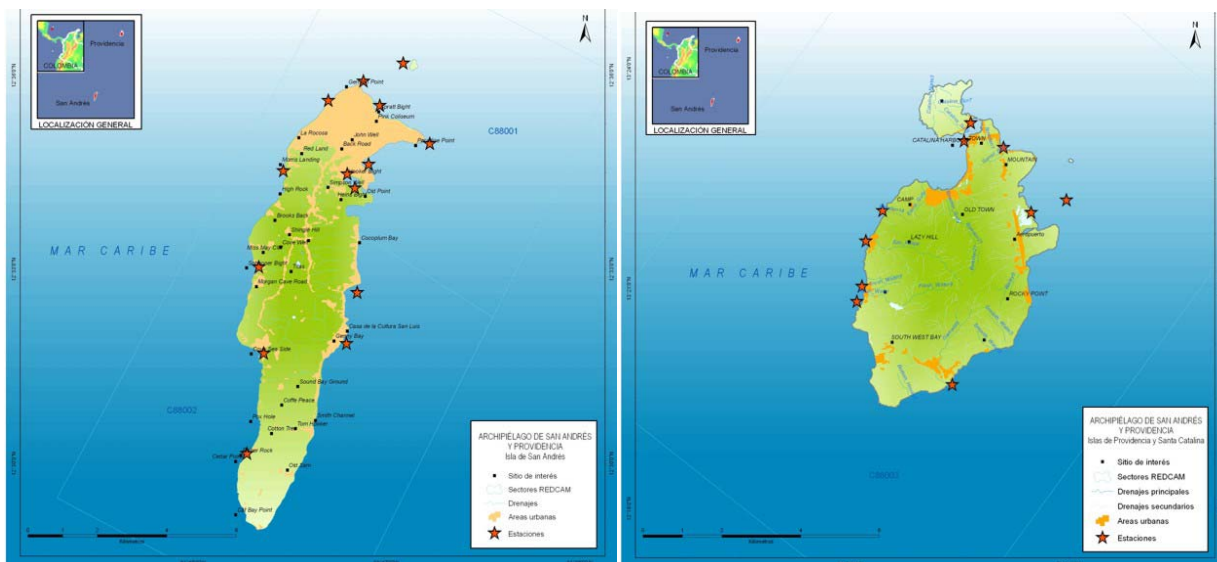


Figura 4.3.1-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

#### 4.3.2 Variables fisicoquímicas

##### Amonio.

Durante el primer semestre del 2008 las concentraciones del ión amonio fueron de 45,5 µg/L para las aguas marinas y 63,6 µg/L en las aguas estuarinas (Figura 4.3.2-1). La estación con la mayor concentración fue Bahía Hooker (sector manglares, con 95 µg/L), que en su registro histórico ha presentado valores mayores al del 2008 (hasta 108 µg/L). La situación de estuario con poca recirculación de sus aguas y el aporte de materia orgánica desde el bosque y los asentamientos humanos alrededor del sitio, generan procesos de saturación en sus aguas (Begon *et al.*, 2006).

En cuanto a las tendencias en el tiempo, esta variable ha incrementado sus concentraciones promedio, a partir del año 2005 (Figura 4.3.2-1), lo que se puede inferir como mayores aportes desde las islas a sus aguas costeras.

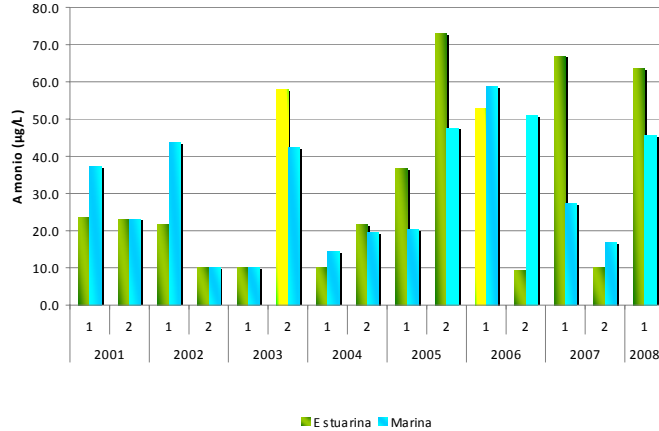


Figura 4.3.2-1. Comparación histórica de las concentraciones de amonio en las aguas costeras del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Nitratos.

Las concentraciones del ión nitrato durante el segundo semestre del 2007 estuvieron entre 69,9 µg/L en las aguas marinas y 97 µg/L en las estuarinas (Figura 4.3.2-2; no se tuvieron medidas durante el primer muestreo de 2008). La estación que registró mayor concentración fue Bahía Hooker (sector manglares, con 120 µg/L), la estación de Bahía Hooker presentó valores en el segundo muestreo de 2007, dentro de los rangos que históricamente ha presentado para los iones nitratos (hasta 260 µg/L; INVEMAR, 2008).

Los registros históricos de la variable, mostraron que desde el año 2005 las concentraciones del nitrato inorgánico, han aumentado sus promedios por muestreo (Figura 4.3.2-2), que aunque en la actualidad puede estar siendo procesados por los organismos planctónicos marinos, puede llegar a ser problemático si no se disminuyen los aportes o en el caso que dichos aportes aumenten (Begon *et al.*, 2006).

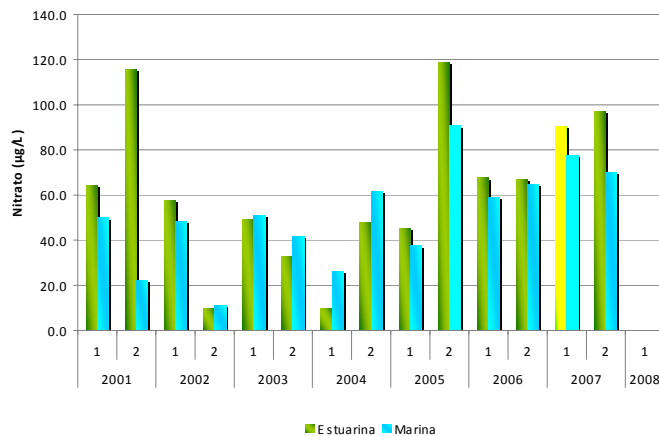


Figura 4.3.2-2. Comparación histórica de las concentraciones de nitrato en las aguas costeras del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

### Ortofosfatos.

El fósforo inorgánico durante el primer semestre del 2008 presentó concentraciones promedio entre 95,9 µg/L en las aguas marinas y 113 µg/L para las estuarinas (Figura 4.3.2-3). El sitio con mayor concentración fue Santa Catalina con 888 µg/L de fósforo inorgánico disuelto; los registros históricos para esta estación, indican valores mayores al del último registro (hasta 1200 µg/L; INVEMAR, 2008). Los registros superiores a 80 µg/L, puede estar indicando un vertimiento importante del nutriente en las aguas costeras; se recomienda el seguimiento del sitio de muestreo.

En sus medidas anteriores al año 2008, el fósforo presentó un aumento importante de su concentración durante el segundo semestre del 2006 (Figura 4.3.2-3), que parece tener incidencia sobre las más recientes determinaciones del ión. Se recomienda un análisis detallado de las fuentes de fósforo, para tener opciones en la disminución de sus concentraciones en la zona costera.

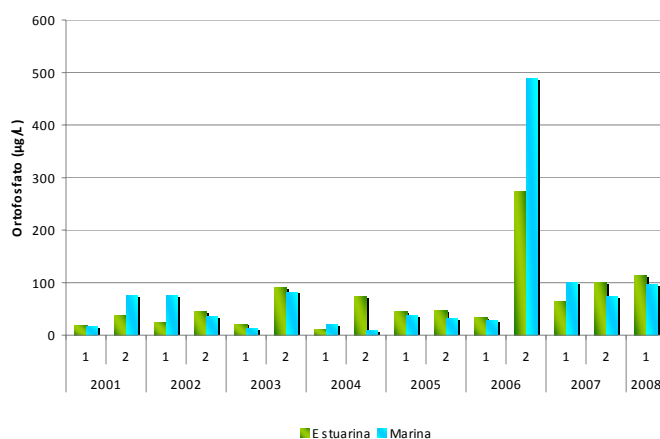


Figura 4.3.2-3. Comparación histórica de las concentraciones de ortofosfato en las aguas costeras del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

### Oxígeno disuelto.

Para el primer muestreo del 2008, las concentraciones del oxígeno superficial tanto en las aguas marino-costeras estuvieron por encima de los 4 mg/L (Figura 4.3.2-4). Todas las estaciones presentaron concentraciones por encima de los 4 mg/L (Decreto 1594 de 1984); incluso el sitio del vertimiento de aguas residuales al mar, presentó concentración de 5,32 mg/L. Con base en los promedios presentados, se puede decir que las aguas costeras del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina tienen buenas condiciones generales de aireación y oxigenación, debido a las corrientes del Mar Caribe (Niiler, 2000; Wilson y Leaman, 2000).

Históricamente las concentraciones del oxígeno disuelto, han presentado promedios por encima de los 4 mg/L (Figura 4.3.2-4), que representan buenas condiciones de aireación en las aguas costeras de estas islas. Durante el segundo muestreo del 2007, se evidenció una disminución del promedio en las aguas estuarinas, comparadas con las marinas durante el mismo muestreo (diferencia de 1,5 mg/L).

### Valor del pH.

El departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina presentó valores del pH en sus aguas costeras durante el primer muestreo del 2008, por encima de 8 (Figura 4.3.2-5). La estación que presentó el menor valor de pH fue McBean Lagoon en Providencia (7,9), pero al considerar su entorno de estuario con aporte de materia orgánica procedente de la hojarasca y otros procesos naturales que afectan los valores de pH en sus procesos de descomposición. Durante las temporadas de lluvias, el pH de las aguas marinas presentó un ligero aumento que se repite cada año (Secué, 2005).

Los registros históricos del pH, presentaron pocas variaciones de este valor y sólo durante el segundo muestreo del año 2007, se observaron valores promedio por encima de 8 con excepción del segundo semestre del 2007, en donde los dos tipos de aguas bajaron a

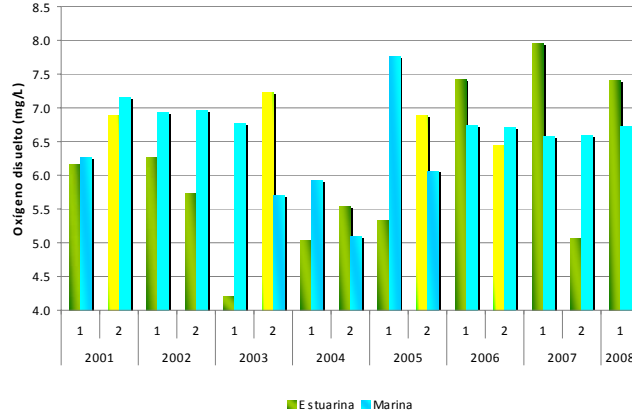


Figura 4.3.2-4. Comparación histórica de las concentraciones del oxígeno disuelto, en las aguas costeras del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Salinidad.

La salinidad de las aguas marino-costeras, presentó valores promedio normales durante el primer muestreo del año 2008 con 36,2 para las marinas y 36,9 para las (Figura 4.3.2-6). Son registros típicos de salinidad para las aguas del archipiélago (Secué, 2005; INVEMAR, 2008). Durante los periodos de lluvia, la salinidad disminuye ligeramente (depende de la intensidad y cantidad de las lluvias), pero en general predominan los valores estables del parámetro.

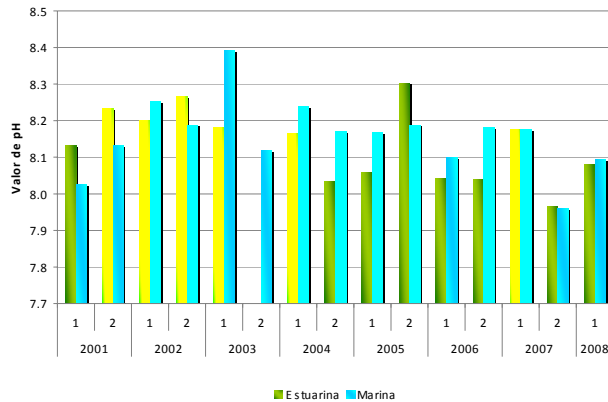


Figura 4.3.2-5. Comparación histórica de los valores del pH, en las aguas costeras del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

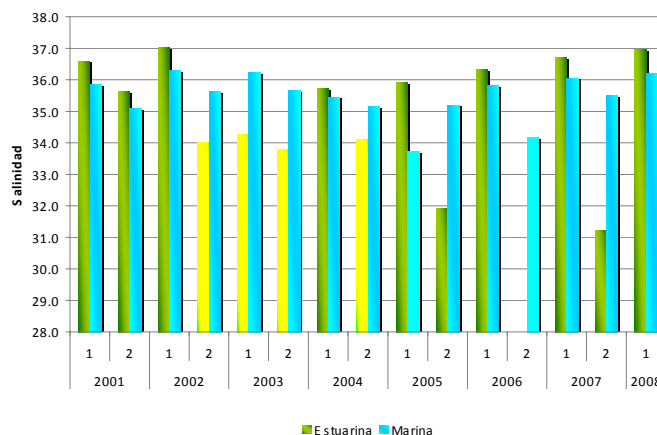


Figura 4.3.2-6. Comparación histórica de la salinidad en las aguas costeras del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Sólidos en suspensión.

Las concentraciones de los sólidos en suspensión, durante el primer muestreo del 2008 han estado en 13,3 mg/L en las aguas marinas y 19,6 mg/L en aguas estuarinas (Figura 4.3.2-7). Las estaciones de mayor concentración de sólidos fueron Punta Norte y Bahía Hooker (plantas; con 30 y 29 mg/L respectivamente). El resto de las estaciones presentó valores por debajo de 20 mg/L (INVEMAR, 2008), lo que indica el poco aporte continental de sedimentos es las aguas del departamento. Sin embargo, la tendencia general para todas las estaciones, es que existe una tendencia al aumento de las concentraciones de sólidos suspendidos, que puede deberse a causas aun no estudiadas. Se recomienda, estar atentos a estos cambios para conocer su origen y plantar correcciones a la situación.

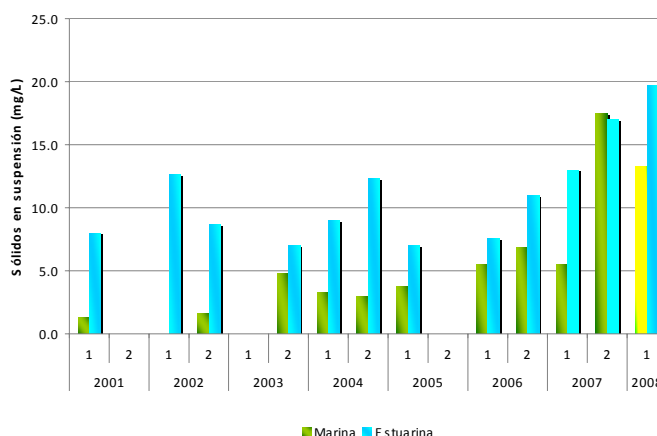


Figura 4.3.2-7. Comparación histórica de las concentraciones de los sólidos en suspensión, para las aguas costeras del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

4.3.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados.

Hidrocarburos

A continuación se presenta una breve descripción de los resultados obtenidos desde que se inicio el proyecto en el 2001 basada en los rangos de concentración registrados durante cada monitoreo (Figura 4.3.3-1).

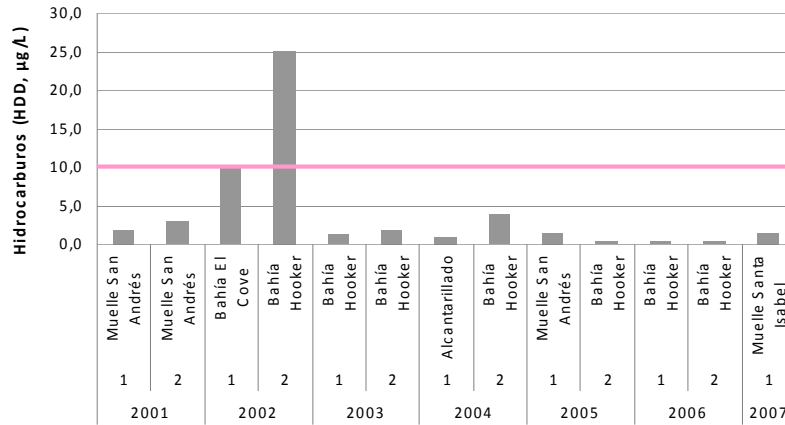


Figura 4.3.3-1. Rangos de variación de las concentraciones hidrocarburos en aguas para cada monitoreo.

**2001:** Los niveles de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD), fueron inferiores a 5 µg/L en las dos temporadas, con promedios de 1,09 y 1,24 µg/L para las épocas seca y lluviosa, respectivamente. Los valores más altos se registraron en el segundo semestre con un máximo de 2,84 µg/L (*Muelle Departamental*), debido a la actividad portuaria; sin sobrepasar el de referencia de 10 µg/L (UNESCO, 1984; Atwood *et al.*, 1988). **2002:** En la época seca, los valores estuvieron entre 8,10 y 10,09 µg/L alcanzando el valor permisible; en la época húmeda se observó una situación ambientalmente más difícil, los resultados variaron en un rango entre 6,5 y 25,17 µg/L. **2003:** Las concentraciones determinadas en la época seca muestran riesgos menores pero nuevamente, el sitio donde se reportan los valores más altos corresponde a *bahía Hooker - manglar* (1,30 µg/L). **2004:** el rango de valores estuvo comprendido entre < 0,03 µg/L y 1,00 µg/L excepto en la estación *Bahía Hooker –manglar* (3,76 µg/L). **2005:** En la época seca se registraron las concentraciones más bajas de los últimos tres años (prom. 0,28µg/L) y se observa una tendencia descendente desde el 2002. **2006:** Las concentraciones en todo el departamento no sobrepasan los 0,35 µg/L. **2007:** En este año las concentraciones ascienden ligeramente hasta un valor máximo de 1,46 µg/L.

En el sector norte de la isla se presentan los mayores registros de hidrocarburos en aguas con un promedio de 2,59±5,0 µg/L (Figura 4.3.3-1), y un rango que va desde no detectable hasta los 25,2 µg/L superando el valor de referencia para aguas no contaminadas (10 µg/L). Algunas estaciones de este sector reciben vertimientos de aguas residuales municipales y en ellas hidrocarburos tal es el caso de *Bahía Hooker* y *Muelle San Andrés*. Sin embargo, en la actualidad las concentraciones no muestran mayores impactos por estos residuos.

Las concentraciones registradas en aguas marinas y estuarinas del departamento muestran un comportamiento similar (Figura 4.3.3-2), lo que representa una entrada de hidrocarburos que se produce principalmente en la zona costera y es independiente de los flujos de escorrentías, probablemente debido al tráfico marítimo y las descargas de aguas residuales. Como se expuso anteriormente, en el sector norte se presenta la mayor introducción de estos compuestos, la Figura 4.3.3-3 muestra el comportamiento de las estaciones *Alcantarillado* y *Bahía Hooker* ubicadas en el sector norte de la isla. Estas estaciones registraron en algunos monitoreos concentraciones que superaron el valor de referencia para aguas no contaminadas por hidrocarburos.



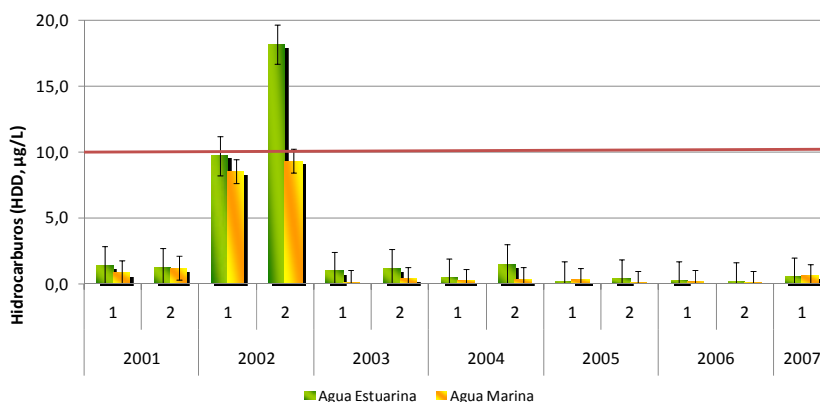


Figura 4.3.3-2. Comportamiento de las concentraciones de hidrocarburos en aguas marinas y estuarinas de San Andrés y Providencia.

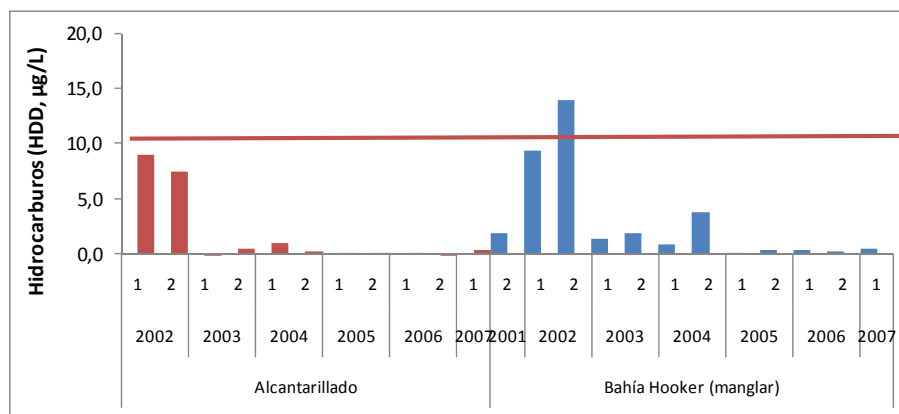


Figura 4.3.3-3. Comportamiento de las concentraciones de hidrocarburos en las estaciones Bahía Hoker (Estuarina) y Muelle San Andrés (Marina).

### Plaguicidas

Son muy pocos los estudios que de este tema se han hecho en el departamento, a continuación se presenta una síntesis de la información recolectada por el proyecto REDCAM basada en los rangos de concentración registrados durante cada monitoreo (Figura 4.3.3-4).

**2001:** las concentraciones son inferiores a 3,0 ng/L en todas las estaciones y en las dos épocas, por debajo del valor máximo permisible de 30 ng/L, indicando que no hay variación del contenido de plaguicidas organoclorados (OC) en la zona por el incremento de las lluvias y permitiendo clasificar la zona como de bajo riesgo de contaminación por residuos clorados. **2002:** En el primer semestre se presentaron valores relativamente altos (14,4 ng/L), comparados con los del 2001. La situación para el segundo semestre fue similar, con un máximo de 6,3 ng/L en *Bahía Hooker (plantas)*, Si bien en la isla no existe actividad agrícola que pueda demandar consumos altos de agroquímicos, su detección así sea en bajos niveles se puede atribuir al posible transporte marino de estas sustancias desde las costas de Centroamérica, distantes de las islas 300 kilómetros, o por aportes domésticos, dado que las mayores contribuciones al contenido total de organoclorados corresponden a aldrin y lindano ( $\gamma$ -HCH), que se sabe son empleados domésticamente para la eliminación de hormigas y piojos.

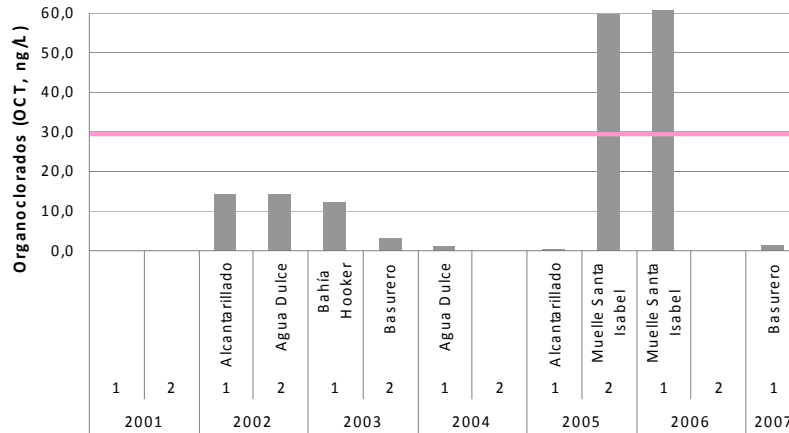


Figura 4.3.3-4. Rangos de variación de las concentraciones de organoclorados en aguas para cada monitoreo.

**2003:** En la zona de bahía Hooker se registra el valor más alto para el departamento (12,0 ng/L) en época seca; y se inicio el monitoreo a la estación “*Influencia Basurero*”, pero debido a la misma variación expresada anteriormente aun es muy apresurado establecer que no existe influencia de los vertidos del municipio con un único valor registrado (<0,03 ng/L).

Es importante mantener el seguimiento ya que las estaciones donde se encontraron las concentraciones más altas corresponden a sitios de vertimiento de aguas residuales. En el 2001 y 2002, los valores más altos de OC se hallaron en la bahía de Hooker, que es el sector que más descargas terrestres recibe. En la época de lluvias el rango de fluctuación de los valores de OC no superó los 3,1 ng/L (Est. *Agua dulce*).

**2004:** La tendencia reportada desde el 2002 ha sido de disminución y en los dos monitoreos del 2004 no se detectaron concentraciones de OC, excepto en la estación *Agua dulce* durante la época seca. Nuevamente la concentración de OC en la estación “*Influencia Basurero*” fue menor a 0,03 ng/L. **2005:** durante el primer semestre las concentraciones son inferiores al límite de detección del método analítico (<0,03 ng/L). En el segundo semestre se obtiene uno de los registros más altos de OC para ese año en el país (59 ng/L *Muelle Santa Isabel*), sin embargo, en el resto de estaciones las concentraciones son inferiores a 1,0 ng/L. **2006:** en el *Muelle Santa Isabel* se registra la concentración más alta registrada del país (148 ng/L), lo cual es sorprendente porque en la Isla de Providencia no existe un desarrollo agrícola. **2007:** Las concentraciones registradas son muy bajas, varían en un rango cuyo valor máximo es de 1,5 ng/L.

La Figura 4.3.3-5 ilustra la evolución histórica a partir del 2001 de los niveles promedio de OC en las dos épocas climáticas, considerando el tipo de agua: marina o estuarinas. Hacia el 2005 y 2006 se registra concentraciones más altas en aguas marinas, lo que puede representar una entrada compuestos clorados independientes de los flujos de escorrentías o el transporte de estos compuestos por las corrientes.

La información colectada muestra al sector norte como el que presenta las mayores concentraciones y el mayor promedio del departamento (2,1 ±4,8 ng/L, Tabla 4.3.3-1), debido a estaciones como *Bahía Hooker* y *Alcantarillado*, donde se han registrado trazas de plaguicidas en aguas en concentraciones relativamente altas para el departamento, por lo cual es necesario mantener una vigilancia en ellas. En Providencia los registros de los tres últimos años causan sorpresa en vista de que este departamento insular no posee una actividad agrícola como para atribuirle estas concentraciones superlativas en las aguas.

Como se mencionó anteriormente, se plantea la hipótesis de que la fuente de estos tóxicos se deba a factores externos al territorio insular, posiblemente asociados al transporte desde la costa centroamericana y su posible arribo a la costa occidental del departamento o bien a descargas puntuales

en estos dos sectores. Sin embargo, el hecho de que la presencia de residuos OC es más recurrente sólo para las estaciones *Muelle Santa Isabel* y *Bahía Hooker* (Figura 4.3.3-6) mientras que en otras no se detectan, puede significar que su introducción al medio es algo puntual. Por lo cual se hace necesario estudiar con detalle el escurrimiento de plaguicidas en la región del Caribe porque no se puede descartar el uso de estos compuesto como lo registraron Maldonado y Bayona (2002) en la cuenca del mar Negro.

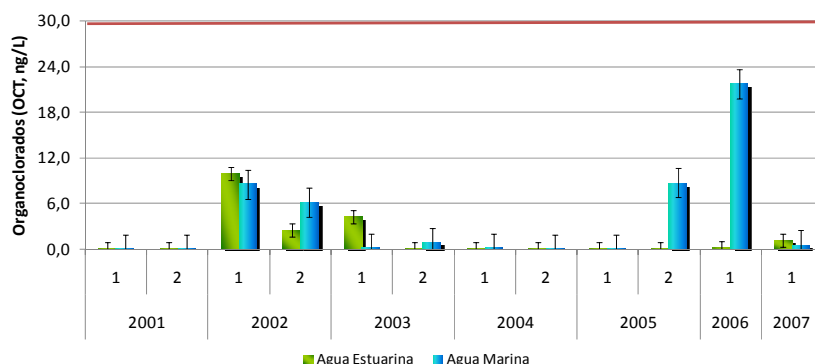


Figura 4.3.3-5. Comportamiento de las concentraciones de organoclorados en aguas marinas y estuarinas de San Andrés y Providencia.

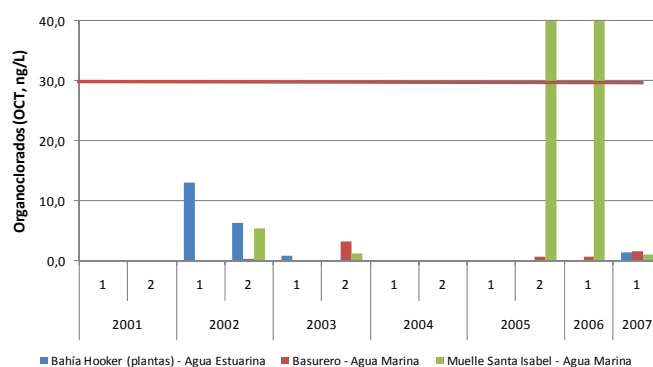


Figura 4.3.3-6. Comportamiento de las concentraciones de Organoclorados en las estaciones Bahía Hoker (Estuarina) y Muelle Santa Isabel (Marina) y Basurero (Marina).

Tabla 4.3.3-1. Resumen estadístico de las concentraciones de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de San Andrés y Providencia.

Parámetro	Norte		Sur		Providencia	
	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)
Máx.	25,17	24,00	15,38	13,50	10,01	148,60
Mín.	0,01	0,03	0,02	0,03	0,01	0,03
Prom.	2,59	2,05	1,61	0,94	0,87	5,49
Mediana	0,46	0,03	0,18	0,12	0,22	0,22
STDDV	4,97	4,81	4,04	3,06	2,15	23,39
num.	50	46	19	19	49	46

#### 4.3.4 Contaminación Microbiológica

En ocho años de muestreo el departamento ha mostrado de manera general, una calidad sanitaria óptima en sus cuerpos de agua. Las mayores concentraciones de Coliformes totales y termotolerantes en los

cuerpos de agua no recreativos se presento entre el año 2001 – 2003 con valores hasta 16.000 NMP/ 100 ml en las estaciones del Alcantarillado, Bahía Hooker y Bahia el Cove. A nivel de playas, la mayor afectación por CTE se presentó en el año 2001 en la estación Yellow Moon con 11.000 NMP/ ml. Posteriormente, gracias a las medidas de manejo y tratamiento implementadas se logró minimizar el efecto contaminante de las aguas residuales provenientes de las cabeceras municipales y disminuir la carga de aportes microbiológicos hasta valores inferiores al límite permisible.

En este periodo de evaluación, las mayores concentraciones de CTE se presentaron en el segundo semestre del 2007, en las estaciones de Bahia Hooker y Muelle San Andrés con 1600 NMP/ ml, Escuela Bombona, Gully Bottom House y San Felipe con un valor de 350 NMP/ml. Este semestre corresponde al periodo de lluvias, las cuales generan que los contaminantes microbianos acumulados en los sedimentos de ríos y suelos se descarguen en mayor proporción a los cuerpos de agua a través de las escorrentías (Noble *et al.*, 2003). De las cinco estaciones con valores significativos de CTE, sólo Muelle San Andrés y San Felipe de acuerdo a sus condiciones de balneario, sobrepasaron los límites permisibles para actividades de contacto directo en el segundo semestre del 2007 (200 NMP CTE/100 ml). En el primer semestre del 2008, todas las estaciones se encontraron aptas para actividades de contacto primario y secundario conforme la legislación colombiana.

**Tabla 4.3.4-1. Calidad sanitaria de las playas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina en el segundo semestre del 2007 y primer semestre del 2008 de acuerdo a los criterios de la legislación colombiana (CTE>200 NMP /100 ml) y la Organización Mundial de la Salud (EFE> 40 UFC/ml) para aguas de contacto primario.**

<b>Playas</b>	<b>II -2007</b>	<b>I- 2008</b>	<b>Parámetro</b>	<b>II -2007</b>	<b>I- 2008</b>
Agua Dulce			Yellow Moon		
Punta Hansa			Casablanca		
San Felipe			Rocky Cay		
Muelle San Andrés			Jhonny Cay		
Hotel Isleño			Frente Sharky's		
Cayo Cangrejo					

Verde: Apta; Naranja: No apta

#### 4.3.5 Metales pesados

La variación espacial y temporal en las concentraciones de los metales pesados analizados en las aguas superficiales en las islas de San Andrés y Providencia, se reportan en las Figura 4.3.5-1, Figura 4.3.5-2, Figura 4.3.5-3.

##### Cadmio

Se observó para las aguas estuarinas y marinas, que no se presentaron variaciones importantes en la concentración de cadmio entre los diferentes tipos de aguas, los valores de concentración para este metal se mantienen en el mismo rango entre unas y otras. No obstante, en comparación con los registros de años anteriores (2002 y 2004), se observó que las concentraciones de cadmio durante el 2007 fueron un ligeramente mayor; para el 2003 los promedios reportados fueron menores a los del año pasado.

##### Plomo

Durante este ultimo año, la concentración máxima de cadmio fue 1,4 µg/L en las estaciones de Bahía Hooker manglar e influencia de Basurero y mínima (1,2 µg/L) en Gully Botton House. Para el Pb las concentraciones estuvieron entre 24,1 µg/L y 31,4 µg/L en las estaciones Agua Dulce y Basurero, localizadas en la isla de Providencia.

En las Figura 4.3.5-1, Figura 4.3.5-2, Figura 4.3.5-3, se observó la tendencia a disminuir en el año 2004 de las concentraciones de cadmio y plomo; sin embargo aumentaron en el 2007 tanto para las estaciones de agua marina como estuarinas. A diferencia de estos metales, las concentraciones de cromo tendieron hacia este último año en disminuir registrando promedios de 0,1 µg/L en ambos tipos de agua.

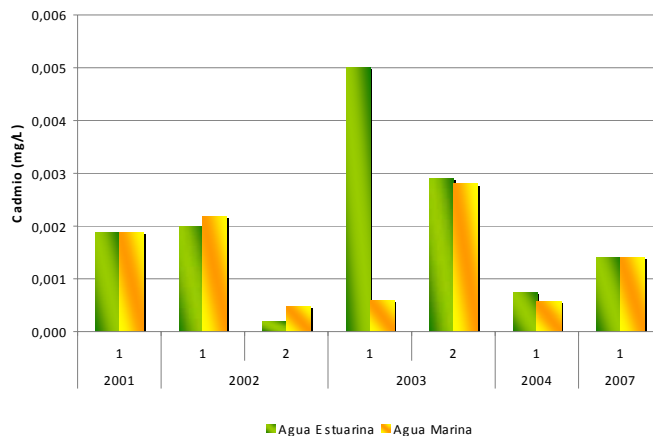


Figura 4.3.5-1. Concentraciones promedio de cadmio en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del Archipiélago de San Andrés y Providencia

### Cromo

Para el Cr no se presentaron variaciones en la concentración entre estaciones, dado que los valores que se reportan son menores que el se mantienen en el mismo rango.

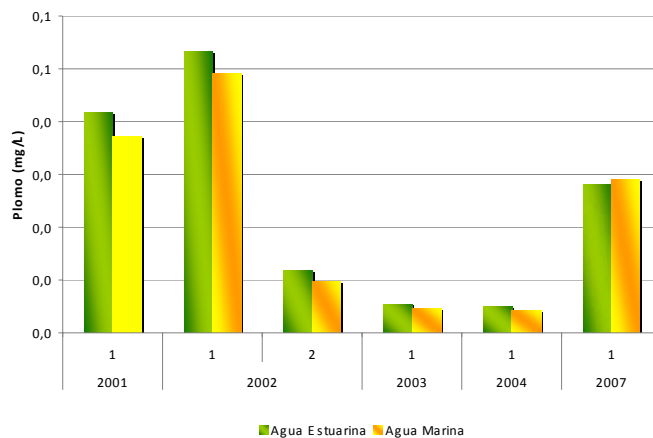


Figura 4.3.5-2. Concentraciones promedio de plomo en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del Archipiélago de San Andrés y Providencia

Para propósitos de evaluar la calidad de las aguas marinas destinadas a actividades de recreación, contacto primario y protección de comunidades acuáticas, el Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) de Brasil según Resolución N° 20 de 18/06/1986 establece concentraciones permisibles de 5,0 µg/L para cadmio, 10 µg/L de plomo y 50 µg/L de cromo. Para las aguas salobres en este caso estuarinas y destinada con los mismos fines, establece valores de 5 µg/L de cadmio, 1 µg/L de plomo y 50 µg/L de cromo. En comparación con estos límites establecidos, las concentraciones de cadmio registradas hasta la fecha en las aguas costeras del archipiélago, no representan riesgo alguno puesto que se encuentran por debajo del valor establecido como limite para las diferentes clases ó tipos de

aguas. No obstante, el plomo presentó durante el 2007 concentraciones por encima del valor límite permisible, en aguas estuarinas.

Los resultados para plomo en las estaciones de zonas clasificadas como estuarinas como en el caso de bahía Hoocker estuvieron por encima del valor estimado como máximo, dichos valores reflejan la influencia que sobre la calidad de las aguas pueden tener las actividades antropogénicas de la zona, en este caso los vertimientos directos de aguas residuales.

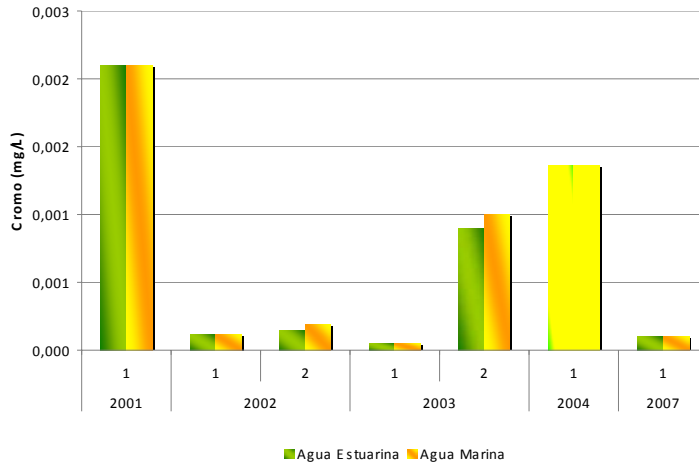


Figura 4.3.5-3. Concentraciones promedio de cromo en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del Archipiélago de San Andrés y Providencia.

#### 4.3.6 Evaluación de la calidad del agua utilizando indicadores.

Los indicadores de la calidad de las aguas marinas y costeras, requieren de un número mínimo de parámetros medidos para realizar el cálculo, los parámetros medidos durante el primer muestreo del 2008, no son suficientes para el cálculo.

#### 4.3.7 Conclusiones

Las condiciones fisicoquímicas de las aguas costeras del departamento, presentaron alteraciones en las concentraciones de los nutrientes inorgánicos (ortofosfatos) y de sólidos en suspensión en estaciones específicas, que deberán ser analizadas con respecto a las actividades que se realizan en la isla.

Actualmente, los niveles de hidrocarburos en aguas costeras de San Andrés son bajos; en la mayoría de estaciones se registran concentraciones menores a 1 µg/L e inferiores al valor de referencia establecido para aguas contaminadas (10 µg/L).

En el 2006 y 2007 nuevamente se registran concentraciones significativas de OC (> 30 ng/L) en algunas estaciones donde se evalúa la presencia de plaguicidas como en *Muelle santa Isabel*. Debido a que el departamento no posee una actividad agrícola importante que pueda demandar el consumo de agroquímicos, la detección de compuestos como aldrin y lindano dejan el interrogante sobre su procedencia si es por las corrientes marinas que los arrastran desde las costas centroamericanas o por consumos locales.

En el segundo semestre del 2007, de acuerdo a los niveles de Coliformes termotolerantes las zonas de Muelle San Andrés y San Felipe no se encontraron aptos para actividades recreativas.

En el primer semestre del año 2008, el 100 % de las estaciones evaluadas fueron aptas para actividades de contacto primario y secundario.

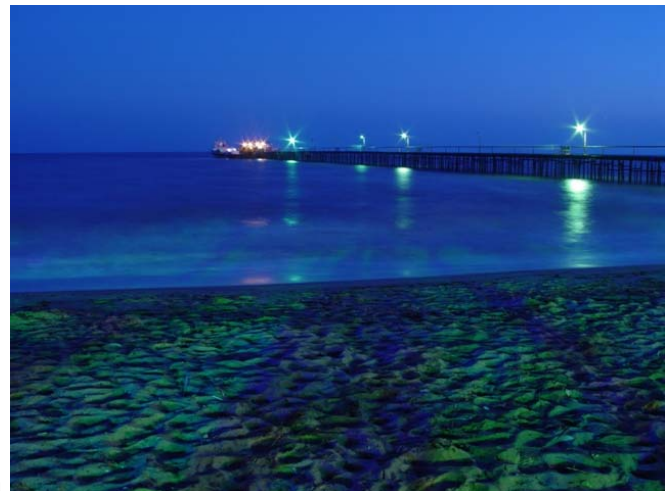




# LA GUAJIRA



El Cabo de La Vela.



Muelle de Riohacha



## 4.4 LA GUAJIRA

El departamento de La Guajira tiene una extensión de 20.848 km<sup>2</sup> (IGAC, 2002), está localizado al norte de Colombia, conformada por la Península que lleva su nombre y con La Sierra Nevada de Santa Marta al sur de la misma, que la aísla del resto del país.

Para su estudio se reconocen tres sectores grandes, que se incluyen en la cartografía del presente proyecto, esos sectores son: La Alta Guajira, Media Guajira y Baja Guajira.

Cada sector tiene definidos unos límites y bordes, que se corresponden a sus extensiones geográficas de norte a sur.

El departamento posee un clima de sabana xerófila al sur y occidente y de estepa árida o semiárida al norte y oriente. Hay sólo lluvias entre septiembre y diciembre. El clima de La Guajira ha generado una vegetación muy típica, con arbustos espinosos y cactus, siendo la zona más seca del país.

### 4.4.1 Estaciones de Muestreo.

Las estaciones de muestreo en el departamento, fueron escogidas de manera conjunta entre CORPOGUAJIRA e INVEMAR desde inicio del proyecto (Figura 4.4.1-1; INVEMAR, 2008). Las estaciones se han mantenido dentro de la red de estaciones de muestreo, sin cambios durante el desarrollo del proyecto.

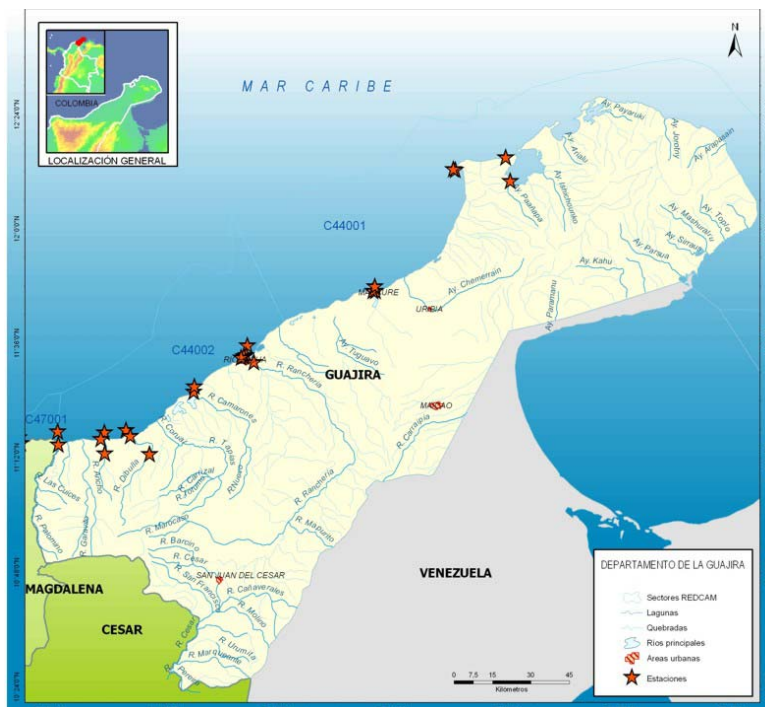


Figura 4.4.1-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de La Guajira.

#### 4.4.2 Variables fisicoquímicas

Nutrientes inorgánicos.

##### Amonio.

Las concentraciones del ión amonio para el primer semestre del 2008 para el ión amonio fueron de 65 µg/L para las aguas marinas, 128,6 µg/L en las aguas estuarinas y 19,3 µg/L en las continentales (Figura 4.4.2-1). La estación de Playa Dibulla, fue la que presentó la mayor concentración (21,7 µg/L). Esta playa está influida por la descarga del río Jerez, que pasa por la población de Dibulla. Las demás estaciones presentaron concentraciones por debajo de los 20 µg/L, considerándose que son buenas condiciones para las aguas de la zona costera.

Históricamente los ríos de La Guajira han aportado concentraciones altas de amonio, especialmente durante el primer muestreo del 2006 (73 µg/L; Figura 4.4.2-1), que a su vez influyeron sobre las marinas.

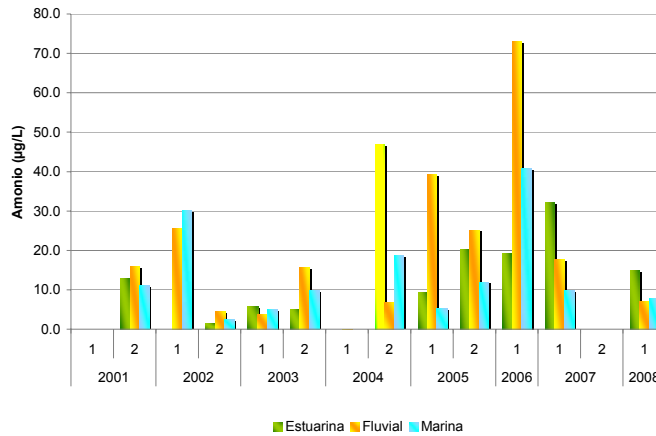


Figura 4.4.2-1. Comparación histórica de las concentraciones de amonio en las aguas costeras del departamento de La Guajira.

##### Nitratos.

Las concentraciones del ión nitrato durante el primer semestre del 2008 estuvieron entre 58,8 µg/L en las aguas marinas, 265,1 µg/L en las estuarinas y 126,5 µg/L en las continentales (Figura 4.4.2-2). Las estaciones que presentaron mayor concentración de nitratos fueron frente a río Palomino, Playa Dibulla y río Palomino (611,4, 524,6 y 200 µg/L respectivamente). Los ríos son generalmente, las fuentes naturales de este ión por los procesos de degradación de la materia orgánica; se refuerza el contenido de nitrato con el de amonio; los valores registrados en el primer muestreo del 2008, son mayores a los que históricamente se han presentado en las estaciones (INVEMAR, 2008).

Históricamente los ríos de La Guajira han aportado concentraciones altas de amonio, especialmente durante el primer muestreo del 2006 (73 µg/L; Figura 4.4.2-1), que a su vez influyeron sobre las marinas.

##### Ortofosfatos.

El fósforo inorgánico durante el primer semestre del 2008 presentó concentraciones promedio entre 3,4 µg/L en las aguas marinas, 12,5 µg/L para las estuarinas y de 33,1 µg/L en las aguas continentales (Figura 4.4.2-3). El sitio con mayor concentración fue el río Cañas con 42,4 µg/L de fósforo inorgánico disuelto, seguida del río Palomino con 35,9 µg/L; los registros históricos para esta estación, indican la presencia de valores mayores al del último muestreo (de hasta 132 µg/L; INVEMAR, 2008).

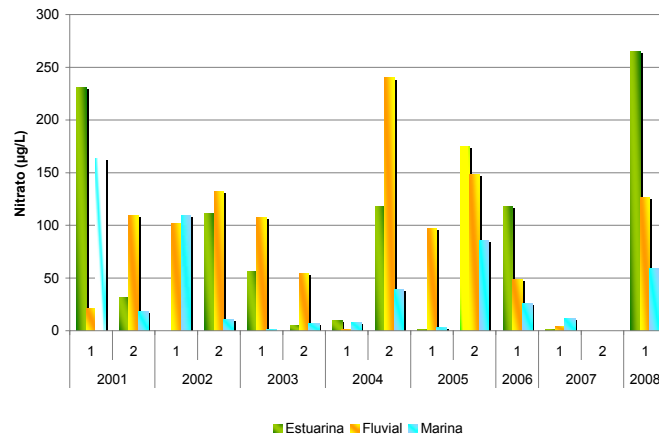


Figura 4.4.2-2. Comparación histórica de las concentraciones de nitrato en las aguas costeras del departamento de La Guajira.

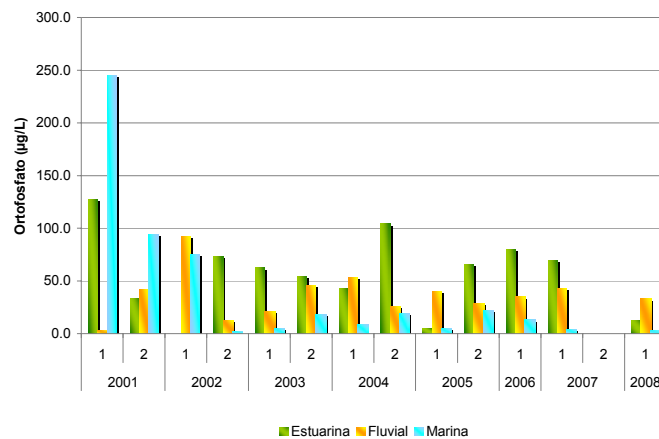


Figura 4.4.2-3. Comparación histórica de las concentraciones de ortofosfato, en las aguas costeras del departamento de La Guajira.

Silicio.

Los valores de concentraciones del silicio inorgánico, para el primer muestreo del 2008 fueron de 616 µg/L en las aguas marinas, 770 µg/L en las estuarinas y de 10826 µg/L en las fluviales (Figura 4.4.2-4). Las aguas continentales del departamento de La Guajira, drenan parte de las tierras áridas y de la Sierra Nevada de Santa Marta; dentro de este proceso se produce la dilución de los iones silicio en sus aguas.

Las concentraciones promedio del silicio inorgánico medidas en el 2008 son mayores a los de años anteriores para las aguas continentales (INVEMAR, 2008).

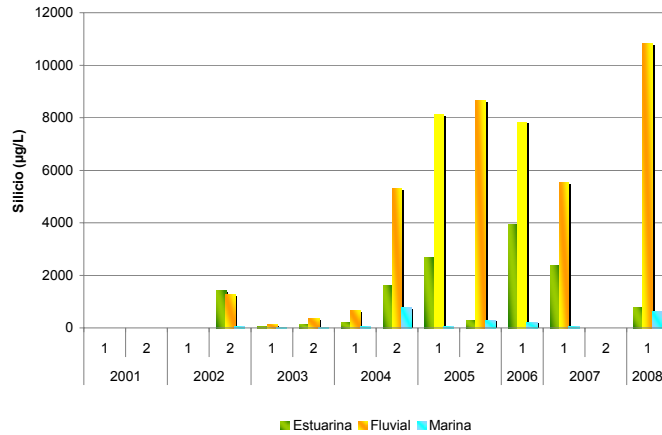


Figura 4.4.2-4. Comparación histórica de las concentraciones de silicio inorgánico, en las aguas costeras del departamento de La Guajira.

Oxígeno disuelto.

Para el primer muestreo del 2008, las concentraciones del oxígeno superficial tanto en las aguas marino-estuarinas como fluviales estuvieron por encima de los 4 mg/L (Figura 4.4.2-5). Todas las estaciones presentaron concentraciones por encima de los 4 mg/L (Decreto 1594 de 1984). Con base en los promedios presentados, se puede decir que las aguas costeras del departamento de La Guajira tienen condiciones generales de aireación y oxigenación aceptables, las cuales son requeridas para los procesos de degradación de la materia orgánica que los ríos transportan.

Los promedios del oxígeno en años anteriores, indicaron que para el primer muestreo del 2006, se dio una disminución en las aguas estuarinas del departamento (3,4 mg/L; Figura 4.4.2-5).

Valor del pH.

Los valores del pH de las aguas costeras del departamento del Atlántico durante el primer muestreo del 2008, fueron de 7,9 para los tres tipos de aguas analizadas en la zona costera de La Guajira (Figura 4.4.2-6). La estación que presentó el menor valor de pH fue el río Jerez (7,6), pero este pH se encuentra dentro del rango que la norma establece para este tipo de aguas (MinAgricultura, 1984). Los vertimientos de aguas residuales y el contenidos de sustancias de uso cotidiano, generan acidez de ellas (Farreras, 2006).

Comparación de los actuales registros de los valores del pH con los históricos, indicaron poca variación de este parámetro en todos los tipos de agua costeras del departamento (Figura 4.4.2-6).

Salinidad.

La salinidad de las aguas marino-costeras, presentó valores promedios normales durante el primer muestreo del año 2008 con 37,4 para las marinas 19,7 para las estuarinas y 0,0 para las fluviales (Figura 4.4.2-7). Son registros típicos de salinidad para las diferentes tipos de agua en el departamento de La Guajira (INVEMAR, 2008).

Los registros históricos de la salinidad, refuerzan la presencia de los tipo de aguas analizados en el presente documento (marinas, estuarinas y continentales; Figura 4.4.2-7), que permiten un mejor seguimiento al recurso hídrico costero del departamento de La Guajira.



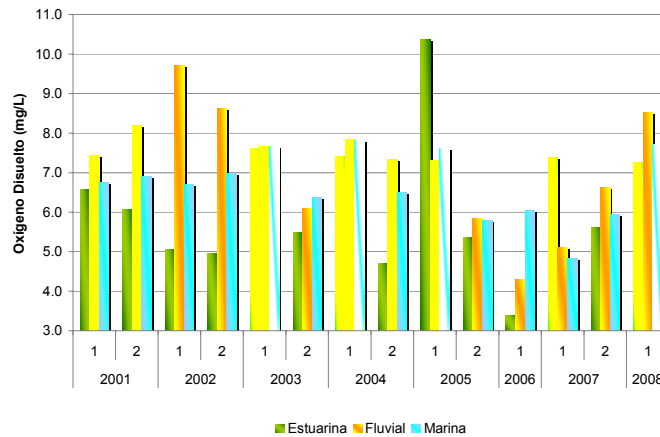


Figura 4.4.2-5. Comparación histórica de las concentraciones del oxígeno disuelto, en las aguas costeras del departamento de La Guajira.

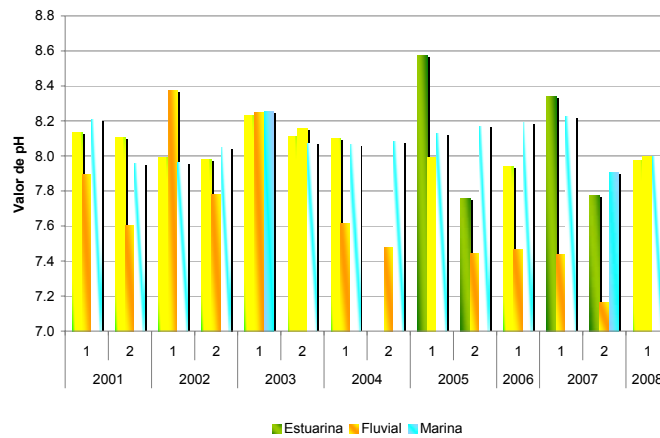


Figura 4.4.2-6. Comparación histórica de los valores del pH en las aguas costeras del departamento de La Guajira.

Sólidos en suspensión.

Las concentraciones de los sólidos en suspensión, durante el primer muestreo del 2008 han estado en 65,0 mg/L en las aguas marinas, 128,6 mg/L en aguas estuarinas y 19,3 mg/L en las fluviales (Figura 4.4.2-8). Las estaciones ubicadas que registraron las mayores concentraciones para los sólidos es suspensión fueron Plya Dibulla, muelle Riohacha y frente al vertimiento de las aguas residuales de Riohacha (con 207, 123 y 114 respectivamente; INVEMAR, 2008).

El gráfico Figura 4.4.2-8, muestra que las aguas estuarinas presentan registros promedios históricos altos (entre 100,9 y 202,0 mg/L), que no están influidos por las descargas continentales. Estos registros parecen estar influidos por la dinámica misma de los cuerpos de agua costeros, que en algunos muestreos, las aguas marinas también se ven afectadas. Estos registros implican la existencia de procesos costeros (Posada y Henao, 2008), que pueden ser seguidos por la medición de esta variable.

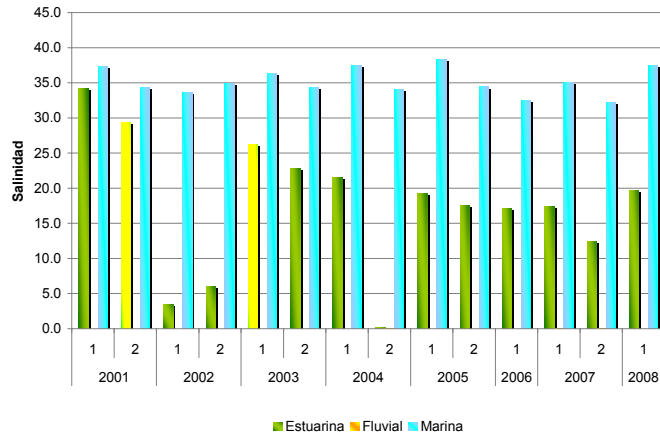


Figura 4.4.2-7. Comparación histórica de la salinidad en las aguas costeras del departamento de La Guajira.

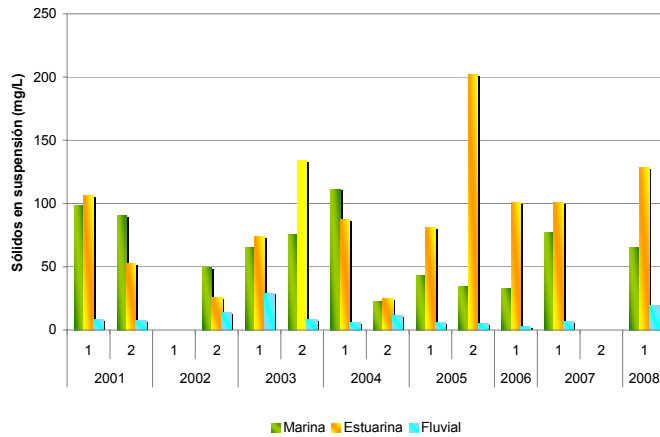


Figura 4.4.2-8. Comparación histórica de las concentraciones de los sólidos en suspensión, para las aguas costeras del departamento de La Guajira.

### 4.4.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

#### Hidrocarburos

La problemática ambiental generada por contaminación química orgánica (petróleo y plaguicidas) en el departamento tiene como causas potenciales, el tráfico marítimo, el arribo de contaminantes provenientes de otras provincias marinas y la descarga de aguas residuales y de ríos a lo largo de la cuenca hidrográfica.

Existen algunos estudios realizados por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), Garay y colaboradores (1992) reportaron concentraciones de Hidrocarburos Disueltos Dispersos (HDD) entre 0,18 y 3,19 µg/L para aguas, en sitios como Castilletes y Punta Estrella se ha registrado la presencia de hidrocarburos en agua, probablemente por las actividades petrolíferas en Venezuela, cuyos residuos son transportados por las corrientes a través del golfo de Coquibacoa (Garay, 1994). Estudios hechos en sedimentos reportaron valores de 0,85 µg/g de hidrocarburos aromáticos en la estación ubicada en el muelle Riohacha (Garay, 1994) lo cual demuestra la entrada de contaminantes. A

Continuación se presenta un recuento de los resultados obtenidos en el proyecto basado en los rangos de variación (Figura 4.4.3-1).

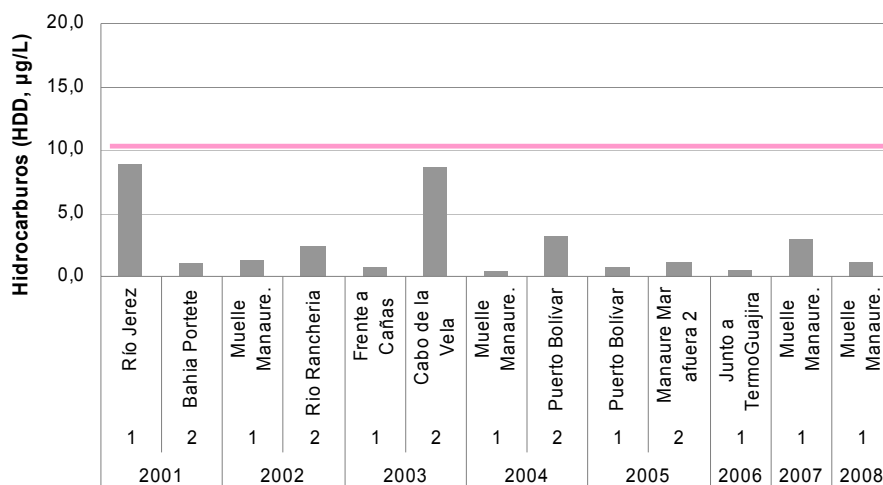


Figura 4.4.3-1. Rangos de variación de las concentraciones de hidrocarburos en aguas para cada monitoreo.

**2001:** Se presenta la mayor variación a la época seca entre 0,12 y 8,80 µg/L; los valores más altos se registraron en las estaciones frente a los afluentes, indicando que la contaminación puede tener origen continental. En la época húmeda el máximo nivel fue de 1,06 µg/L (*Bahía Portete*); indicando la probabilidad de un ingreso de HC desde el golfo de Maracaibo en donde hay explotación intensiva de petróleo. El descenso para la época de lluvia también puede sugerir un efecto de dilución o que se presenta adsorción de los HC al material suspendido y que luego sedimenta. **2002:** En la época seca los valores no superaron la concentración de 1,28 µg/L (Estación *Manaure*) muy inferior al valor de referencia de 10 µg/L (UNESCO, 1984, Atwood, 1988), representando un nivel de riesgo bajo por contaminación con HDD, pero nuevamente el valor máximo se presentó en el norte del departamento.

**2003:** En el segundo semestre se reportaron los valores más altos de los últimos dos años registros de 8,64 y 4,9 µg/L en el *Cabo de la Vela* y *Pta. Cabo de la Vela* respectivamente. Esto puede estar ratificando la “importación” de residuos y significar un factor muy importante de entrada de sustancias tóxicas, ya que no se había considerado el “transporte” de esto compuestos desde el vecino país. **2004:** Las concentraciones bajaron a un máximo de 0,34 µg/g y en la época lluvias descendieron aun mas a concentraciones inferiores a 0,2 µg/L, a excepción de *Puerto Bolívar* (3,15 µg/L). **2005:** el comportamiento se mantiene, las concentraciones son inferiores a 0,2 µg/L en todas las estaciones excepto *Puerto Bolívar* (0,80 µg/L). **2006:** Las concentraciones no superan el valor de 0,5 µg/L muy inferior al valor de referencia. **2007:** se presenta un aumento en las concentraciones a un valor máximo de 2.9 µg/L (*Muelle Manaure*). **2008:** Durante el primer semestre, nuevamente la concentración máxima corresponde a *Muelle Manaure* (1,16 µg/L).

La información obtenida muestra que el sector norte presenta concentraciones promedio más altas con relación al sur del departamento ( $P_{(T \leq t)} = 0,0042$ , datos transformados  $\sqrt{}$ ) como resultado de la actividad marítima generada en *Puerto Bolívar*, *Manaure* y *Riohacha*. Sin embargo, desde el 2003 las concentraciones han sido inferiores al valor de referencia de 10 µg/L (Tabla 4.4.3-1) y no reflejan riesgos de contaminación por la actividad portuaria.

Se estima que parte de los hidrocarburos en el medio marino provienen del continente (poblaciones o caseríos y en actividades desarrolladas en las riveras de los ríos), tanto así, que en las campañas de monitoreo del 2002 y 2003, los máximos de HDD se hallaron en los ríos *Ranchería* (2,42 µg/L), y *Cañas*

(0,74 µg/L), al igual que lo ocurrido en el 2001 para el *Río Jerez* (8,8 µg/L). En el 2007 y 2008 los registros más altos correspondieron a estaciones marinas (Figura 4.4.3-3), indicando también que la actividad marítima es una fuente importante de estos residuos.

Dos estaciones que han presentado concentraciones relativamente altas para el departamento son el *Muelle Manaure* y el *rio Jerez* (Figura 4.4.3-3), sin embargo, las concentraciones son inferiores al valor de referencia y no representan mayor riesgo para el medio acuático.

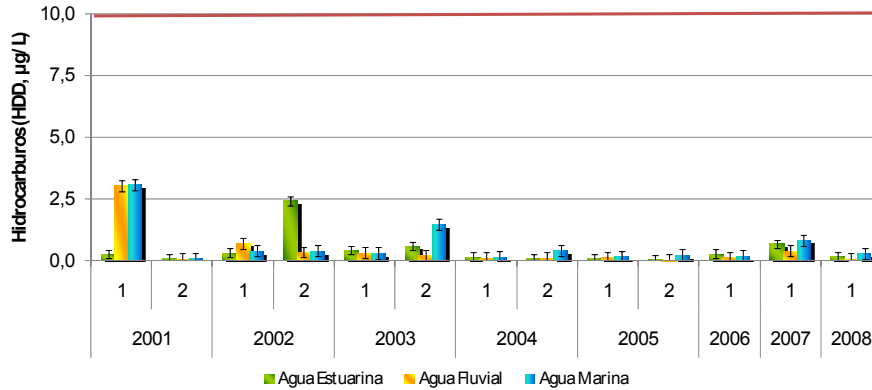


Figura 4.4.3-2. Comportamiento de las concentraciones de hidrocarburos en aguas marinas, estuarinas y fluviales de la Guajira.

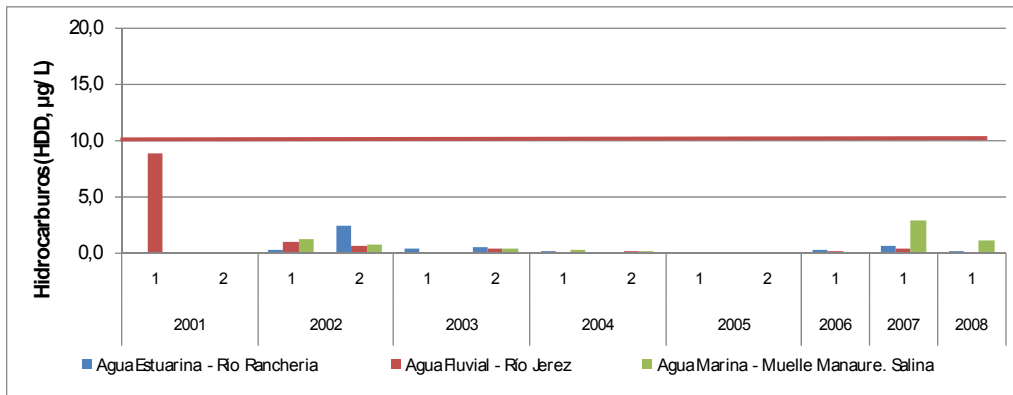


Figura 4.4.3-3. Comportamiento de las concentraciones de hidrocarburos en las estaciones Río Ranchería (Estuarina) y Muelle Manaure (Marina) y Río jerez (Fluvial).

Plaguicidas

A continuación se presenta una descripción temporal basada en los rangos de concentración de plaguicidas organoclorados (Figura 4.4.3-4):

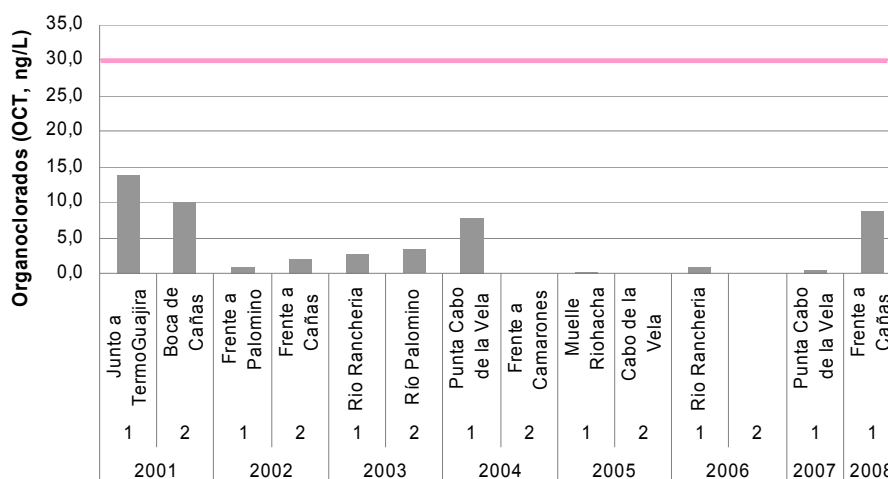


Figura 4.4.3-4. Rangos de variación de las concentraciones de organoclorados en aguas para cada monitoreo.

**2001:** Las concentraciones de OC en época húmeda reflejan un ligero aumento en los niveles con relación a la seca. Las mayores concentraciones se presentan en los ríos Palomino y Ranchería, debido probablemente a actividades en la cuenca. Los ríos Jerez y Cañas tan bien presentan valores muy similares en las dos épocas entre 10 y 30 ng/L de OC, lo cual representan un riesgo medio de contaminación. Las concentraciones en otros afluentes estuvieron dentro de niveles normales (3 – 10 ng/L), y en ninguna de las épocas se presentaron valores que superaran el valor de referencia adoptado (30 ng/L; Marín 2002).

**2002:** Las concentraciones fueron inferiores en relación al año anterior no superaron los 2,1 ng/L. En la época seca no superaron el valor de 3,0 ng/L. Uno de los valores más altos fue el del río Ranchería con 1,2 ng/L esto encuentra sentido si recordamos que la cuenca del Ranchería es la de mayor desarrollo agrícola del departamento, y donde se cultiva principalmente arroz, que es uno de los cultivos que más demanda el uso de agroquímicos (Garay y Castro, 1993).

**2003:** en el primer semestre el máximo de OC se encontró en la estación del río Ranchería (2,6 ng/L). La situación se mantuvo en la época lluviosa con un valor máximo de 3,3 ng/L. En **2004:** Las concentraciones fueron menores al límite de detección de la técnica analítica, a excepción del registro de la estación *Cabo de la Vela* en la cual se hallaron 7,9 ng/L, solamente explicable en el arribo marino y atmosférico desde otras latitudes costeras, incluyendo el de carácter transfronterizo. En la época de lluvias no se detectaron residuos de OC. **2005:** Sólo se detectaron concentraciones muy bajas de DDT y heptacloro inferiores a 0,2 ng/L en estaciones influenciadas por los ríos Cañas, Ranchería y Palomino. **2006 y 2007:** la concentración más alta es de tan solo 1,0 ng/L registrada en el *río Ranchería*. En el **2008:** aumentan las concentraciones de OCT con un valor máximo de 8,8 ng/L.

Durante los ocho años del proyecto no se han presentado valores superiores el de referencia. Aunque actualmente son muy inferiores a los obtenidos en el 2001, aún se siguen detectando estos compuestos en algunos sectores del departamento. La presencia de OC y la correlación de las concentraciones en las aguas fluviales, estuarinas y marinas (Figura 4.4.3-5) suponen que su origen al medio marino es debido principalmente a escorrentías continentales, posiblemente los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aun se encuentran en el medio debido a su persistencia; principalmente en el sector sur donde existe desarrollo agrícola.

El déficit hídrico, especial en la época seca influye en el escurrimiento de estos residuos, ya que las lluvias lavan los terrenos donde anteriormente se aplicaron plaguicidas. Por esta razón, los promedios son ligeramente mayores en el segundo semestre comparados con los de las épocas secas del 2001 y 2002 (4,4 y 0,5 ng/L para la época húmeda; y 3,88 y 0,31 ng/L en la seca). En el 2004 la situación no se

mantiene pero puede estar asociado a que el lavado del terreno durante una temporada lluviosa deja en el continente menores residuos disponibles para ser arrastrados en la siguiente. Aunque las concentraciones aumentaron en el 2008 estas no superaron el valor de referencia de 30 ng/L y no representan mayor riesgo para el medio ambiente. Las estaciones *Rio Ranchería* (estuarina) y *Rio Jerez* (fluvial) tienen la mayor presencia de residuos OC; sin embargo, sus concentraciones están por debajo del valor de referencia para significar un riesgo para el ambiente (Figura 4.4.3-6).

En general la Guajira se clasifica en riesgo bajo de contaminación por residuos de OC como consecuencia del escaso desarrollo agrícola y a la poca población asentada en la costa, situación que se hace evidente en el sector norte del departamento donde en promedio se registra la menor concentración de residuos ( $P_{(TS)} = 0,041$ , datos 2001-2004 Tabla 4.4.3-1) y la presencia de ellos en este sector puede estar asociada al transporte por las corrientes marinas desde la zona sur donde existe mayor probabilidad de contaminación por OC.

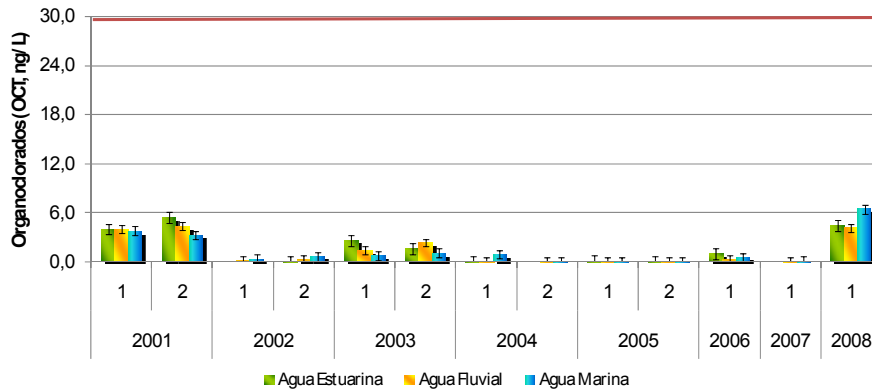


Figura 4.4.3-5. Comportamiento de las concentraciones de organoclorados en las aguas marinas, estuarinas y fluviales de la Guajira.

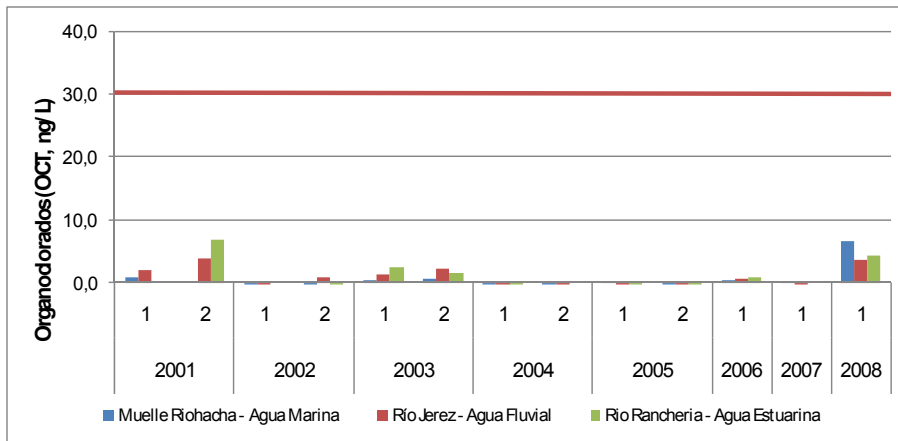


Figura 4.4.3-6. Comportamiento de las concentraciones de organoclorados en las estaciones Río Ranchería (Estuarina) y Muelle Manaure (Marina) y Río Jerez (Fluvial).

Tabla 4.4.3-1. Resumen estadístico de las concentraciones de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de la Guajira

Parámetro	Alta Guajira		Baja Guajira	
	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)
Máx.	8,64	7,90	8,80	13,90
Mín.	0,04	0,03	0,00	0,03
Prom.	0,68	0,76	0,45	1,52
Mediana	0,28	0,30	0,18	0,40
STDDV	1,43	1,50	1,29	2,45
num.	51	33	129	133

#### 4.4.4 Contaminación Microbiológica

En el departamento las principales fuentes de aporte microbiológico la han constituido los Ríos Palomino, Cañas, Jerez y Ranchería, los cuales reciben las descargas de aguas residuales de las diferentes poblaciones ubicadas a los largo de la cuenca. Se ha determinado que estos tributarios aportan al mar una carga promedio por día de Coliformes termotolerantes (CTE) de  $13 \times 10^{10}$  NMP,  $60 \times 10^9$  NMP,  $91 \times 10^9$  NMP y  $89 \times 10^9$  NMP respectivamente (Marín *et al.*, 2004).

La evaluación de este periodo comprende el monitoreo realizado en el primer semestre del 2008, donde se reportaron los niveles más bajos de microorganismos indicadores en tributarios y playas en la historia de los muestreos de la REDCAM. Los máximos valores de CTE se encontraron en el Río Palomino con 200 NMP/100 ml y río Cañas con 2000 NMP/100 ml. Las Playas Dibulla y Riohacha en septiembre del 2007 sobrepasaron los límites permisibles de indicadores fecales para el desarrollo de actividades de contacto primario y secundario de acuerdo a los criterios de la Organización Mundial de la Salud y la legislación colombiana (OMS; 2003; MinAgricultura, 1984). Mientras el total de playas valoradas en abril del 2008 presentó condiciones sanitarias óptimas para la recreación (Tabla 4.4.4-1).

Es importante resaltar que aun cuando el Río Cañas no tiene como principal actividad la recreación, sus aguas son empleadas por habitantes locales en diversas actividades que involucran el contacto primario. Por lo tanto, se establece que este tributario presento un riesgo potencial para la salud de los usuarios teniendo en cuenta que superó los niveles admisibles de CTE establecidos en la normatividad colombiana.

Tabla 4.4.4-1. Calidad sanitaria de las playas de la Guajira en el segundo semestre del 2007 y primer semestre del 2008 de acuerdo a los criterios de la legislación colombiana (CTE>200 NMP /100 ml) y la Organización Mundial de la Salud (EFE> 40 UFC/ml) para aguas de contacto primario.

Playas	II -2007	I- 2008
Cabo de la Vela		
Playa Camarones		
Playa Dibulla		
Playa Manaure		
Playa Riohacha		
Punta Cabo de la Vela		

Verde: Apta; Naranja: No apta

#### 4.4.5 Metales pesados

Para las aguas costeras de este departamento, las concentraciones promedio de los metales cadmio, cromo y plomo se presentan en las Figura 4.4.5-1, Figura 4.4.5-2 y Figura 4.4.5-3.

##### Cadmio

Las concentraciones de cadmio presentaron variaciones significativas, los mayores cambios se presentaron después de la época seca del 2002, donde hubo un notorio decrecimiento en la concentración de este metal. Hacia el periodo seco del 2003 las concentraciones aumentaron nuevamente y se mantienen en rangos más o menos estables. En la gran mayoría de los casos, se observó que los máximos promedios se presentaron para aguas fluviales, sin embargo, estas no presentaron un patrón o comportamiento definido, dado que durante las épocas secas de 2001, 2003 y 2004 estas exhibieron los promedios mas bajos, al compararlas con aguas marinas y estuarinas. Como se mencionó antes, los promedios mas bajos durante los cinco (5) años consecutivos de monitoreo estuvieron dados para la época lluviosa de 2002. Los promedios para este año fueron de 0,030 µg/L en aguas estuarinas, 0,08 µg/L para aguas fluviales y de 0,047 µg/L en aguas marinas. Contrariamente, los máximos estuvieron dados para la época seca de 2001, con promedios de 2,3 µg/L en aguas estuarinas, 1,9 µg/L en las fluviales y de 1,8 µg/L para las marinas. Como se observó en la Figura 4.4.5-1, después del incremento observado en la época lluviosa de 2003, las concentraciones de cadmio presentaron ligera tendencia a disminuir hasta obtener en el 2007, concentraciones promedio de cadmio de 0,8 µg/L en aguas estuarinas, 1,0 µg/L en fluviales y 0,5 µg/L en las marinas.

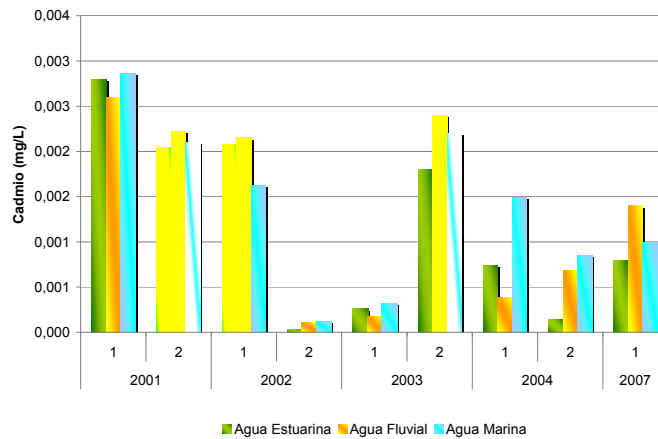


Figura 4.4.5-1 Concentraciones promedio de cadmio en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento de la Guajira

La legislación de Brasil establece para uso de recurso agua con fines protección de comunidades acuáticas valores limites de cadmio de 5,0 µg/L en aguas estuarinas y marinas y de 1,0 µg/L de aguas dulces. De acuerdo a estos criterios, se observó que solo los resultados que se obtuvieron durante los dos periodos climáticos de 2001 y seco del 2002, superaron ligeramente este valor.

En los resultados obtenidos durante 2007 se observó que los niveles de cadmio variaron desde 0,2 µg/L a 1,4 µg/L, para las estaciones de Cabo de la Vela y río Palomino. El plomo presentó valores promedio desde 2,1 µg/L a 23,3 µg/L y al igual que el cadmio, estos valores fueron registrados en las estaciones de cabo de la Vela y río Palomino respectivamente. Para el cromo se presentan concentraciones promedio entre 0,1 µg/L y 2,1 µg/L.



### Plomo

Según Figura 4.4.5-2 las concentraciones de plomo presentaron aumento para el 2007 excepto por las aguas con características marinas, en cuyos promedios se observó que hubo disminución, esto si se compara con los resultados del 2004. Así mismo, para esta región costera no se observó un patrón definido en las concentraciones de plomo, dado que para los diferentes tipos de aguas se presentaron grandes variaciones entre años. Se destaca la disminución que hubo en la concentración de este metal entre el segundo periodo de muestreo de 2002 y primer periodo de 2004 y que posteriormente mostraron aumento en el 2007, particularmente para las estaciones con características fluviales y estuarinas.

Aunque en el segundo periodo de muestreo de 2002 y primero del 2003 estos aumentaron las concentraciones de plomo, posteriormente bajaron y desde entonces se mantienen en el mismo rango de concentración, comportamiento que se ha visto reflejado principalmente en las estaciones con características fluviales. En las aguas de carácter estuarino los cambios han sido un poco más visibles, presentándose grandes fluctuaciones durante los tres últimos años. En promedio, los registros históricos muestran que los valores más altos de este metal se presentaron durante el periodo de lluvias de 2003 y se mantuvieron hacia el periodo seco de 2001. Durante estos dos periodos, los valores promedio que fluctuaron para los tres tipos de aguas, entre 39,9 µg/L y 53,9 µg/L según se observó en la Figura 4.4.5-2

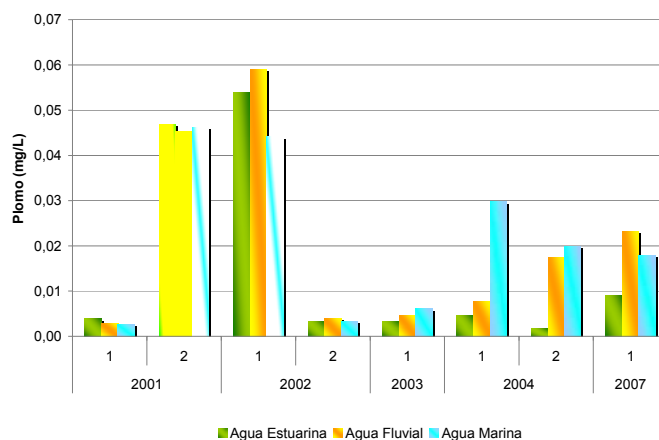


Figura 4.4.5-2 Concentraciones promedio de plomo en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento de la Guajira

### Cromo

Las concentraciones de cromo se presentan en la Figura 4.4.5-3. Para este metal no se observó un patrón de comportamiento definido en cuanto a las épocas climáticas de muestreo. Para los tres tipos de aguas se observaron grandes variaciones entre apocas y años. Los valores más relevantes de cromo se presentan durante el periodo lluvioso de 2003, constituyéndose en los más altos durante los cinco (5) de muestreo, en aguas estuarinas, fluviales y marinas de la región. Los valores promedio para este años fueron de 1,10 µg/L en aguas estuarinas, 1,13 µg/L en las fluviales y 1,20 µg/L en las marinas. Los promedios más bajos corresponden al periodo lluvioso de 2002 sin que se presentaran variaciones significantes para los tres tipos de aguas. El valor promedio para los tres tipos de aguas durante este periodo fue de 0,05 µg/L

Para esta región costera la predominancia de un clima árido y desértico, han influenciado en el escaso o nulo desarrollo de actividades industriales y agrícolas intensivas, siendo su principal actividad industrial la explotación y exportación de carbón. No obstante, la problemática de contaminación ambiental ha estado dada principalmente por causas potenciales como el tráfico marítimo, el arribo de contaminantes que

proceden de otras provincias marinas y la descarga de materiales recolectados por varios ríos a lo largo de la cuenca hidrográfica. Los resultados reflejan que la presencia de metales como cadmio y plomo en las aguas costeras de este departamento posiblemente tenga su origen en valiosos aportes de los principales tributarios, debida principalmente actividades antropogénicas desarrolladas en tierra y en las riveras de los mismos. En este caso, el río Palomino prevalece en cuanto a los registros de alta concentraciones de metales como plomo y en determinadas épocas por lo que se constituye en el mas importante vehículo de transporte de estos contaminantes de las aguas costeras del departamento.

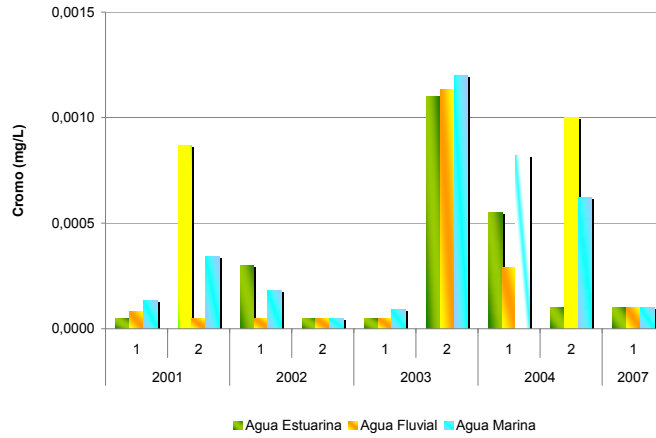


Figura 4.4.5-3. Concentraciones promedio de cromo en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento de la Guajira

#### 4.4.6 Evaluación de la calidad del agua utilizando indicadores.

Las aguas para uso contacto primario del departamento, muestran la influencia de las aguas residuales locales y resuspensión de sólidos, por tal causa la calificación para ellas es “buena” (Figura 4.4.6-1). Estas playas pueden ser usadas para la recreación y actividades náuticas.

El índice de calidad para las aguas marinas y estuarinas del departamento, mostró que durante el primer muestreo del 2008, las condiciones de las mismas para el uso de preservación de flora y fauna, era excelente (Figura 4.4.6-1). Esto puede ser resultado de la fuerte dinámica que las aguas costeras de La Guajira experimentan durante la primera parte del año, causada por los vientos alisios y la surgencia (Bernal *et al.*, 2006).

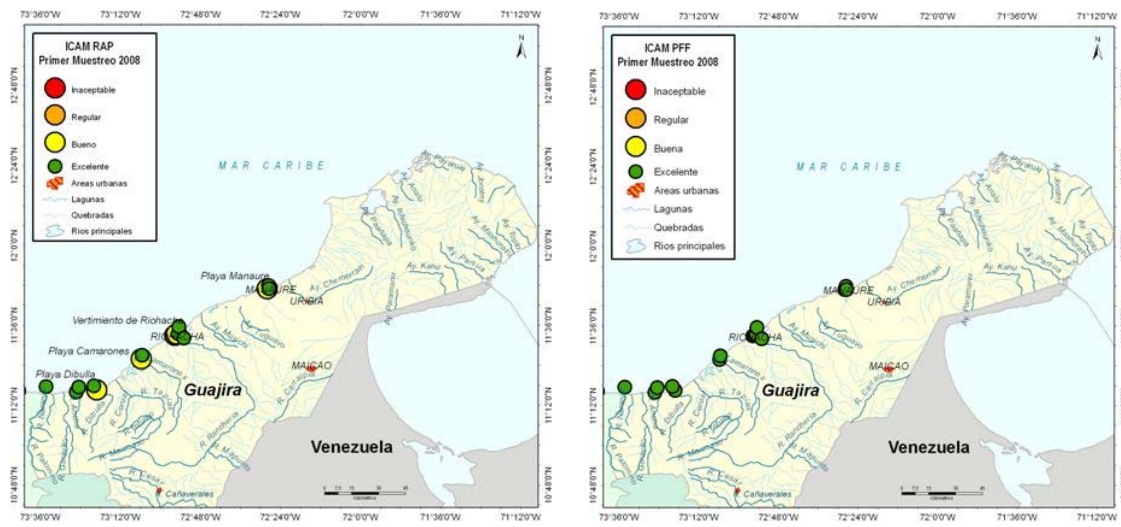


Figura 4.4.6-1. Representación gráfica del indicador de calidad de aguas marinas y estuarinas en la época seca de 2008. a) Actividades recreativas, náuticas y playas - RAP y b) Preservación de flora y fauna – PFF

#### 4.4.7 Conclusiones

Diferentes tipos de procesos en los ríos del departamento, se constituyen en fuentes de nutrientes inorgánicos disueltos en las aguas que drenan a la zona costera del departamento. Los ríos Palomino, Cañas y Jerez, son las principales fuentes de nutrientes inorgánicos. El río Jerez, parece estar influyendo las aguas de la playa de Dibulla.

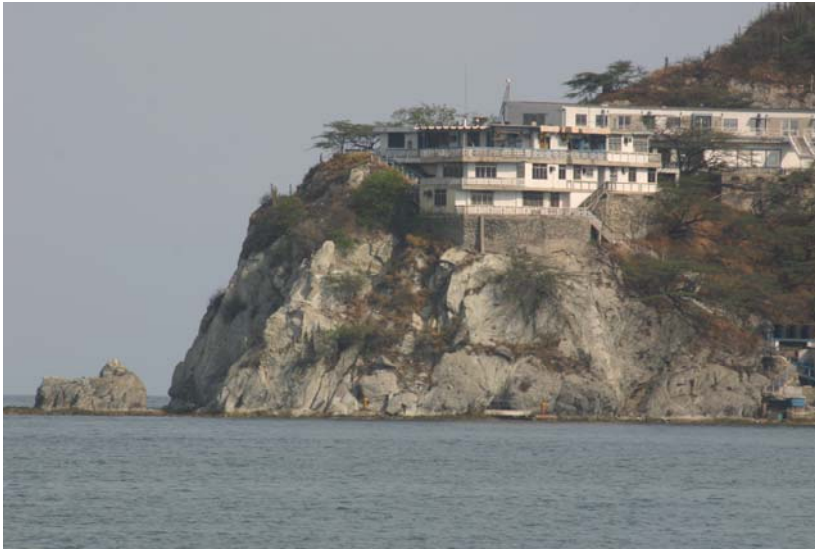
La actividad marítima de Puerto Bolívar, Manaure y Riohacha; y las descargas de aguas servidas constituyen la principal fuente de HDD al medio marino, sin embargo, los registros muestran una mínima entrada de estos compuestos hacia el medio marino.

El departamento presenta un riesgo bajo de contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados como consecuencia del déficit hídrico, el escaso desarrollo agrícola y a la poca población asentada en la costa. Sin embargo, en la actualidad aun se detectan trazas de residuos OC que llegan al medio marino debido principalmente a las escorrentías continentales y al transporte por las corrientes marinas desde otros sectores donde existe mayor probabilidad de contaminación por OC.

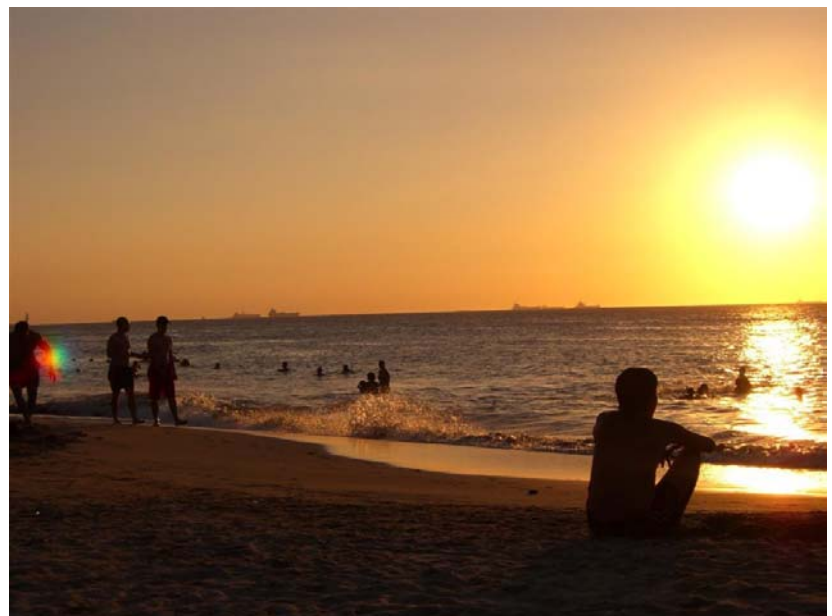
Durante el primer semestre del año 2008 la calidad sanitaria de los tributarios y playas del departamento presento condiciones adecuadas para el desarrollo de actividades de contacto primario y secundario.



# MAGDALENA



Punta de Betín.



Playas de Gaira.



## 4.5 MAGDALENA

El Departamento del Magdalena está situado en el norte del país, en la región de la Llanura del Caribe; localizado entre los 08°56' y 11°18' de latitud norte y a los 73°32' y 74°55' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 23.188 km<sup>2</sup> lo que representa el 2,0 % del territorio nacional. 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.

El clima se corresponde con el patrón climático del Mar Caribe, aunque en su parte sur esta influido por los ciclos lluviosos del interior del país (IDEAM, 2002). Las épocas de brisas se extienden entre diciembre y abril, las de lluvias entre septiembre y noviembre.

### 4.5.1 Estaciones de Muestreo

Las estaciones de muestreo en el departamento, abarcan toda la extensión litoral y pasando por importantes áreas de interés turístico y de conservación de ambientes (Figura 4.5.1-1). Las estaciones se han mantenido dentro de la red de estaciones de muestreo, sin cambios durante los últimos tres años.

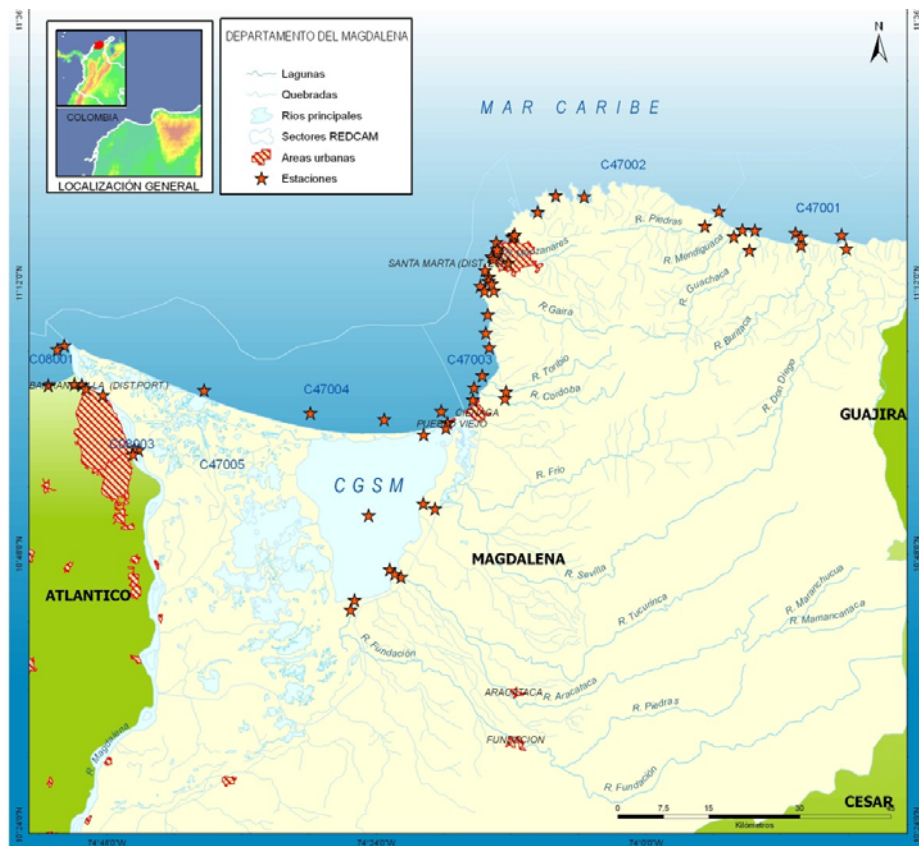


Figura 4.5.1-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento del Magdalena.

#### 4.5.2 Variables fisicoquímicas

Nutrientes inorgánicos.

##### Amonio.

Las concentraciones del ión amonio para el primer semestre del 2008 para el ión amonio fueron de 16,3 µg/L para las aguas marinas, 15,7 µg/L en las aguas estuarinas y 12,4 µg/L en las continentales (Figura 4.5.2-1). Las estaciones con la mayor concentración fue la del muelle de Cabotaje en la Bahía De Santa Marta y la salida del emisario en el sitio del Boquerón (122,0 y 120,0 µg/L respectivamente). Estas estaciones tienen fuerte influencia de las descargas de aguas servidas del Distrito, sobre todo por que durante el primer muestreo del 2008, el emisario submarino, presentó una ruptura del tubo en cercanías a la zona de playa Boquerón, que hacía que el vertimiento se realizó casi superficial. Otro aspecto del mismo sistema, es el vertimiento que se realiza cerca al muelle de Cabotaje, en donde los niveles del ión amonio se aumentan de manera similar al del emisario submarino.

Los registros históricos del amonio en las aguas costeras del departamento, han tenido promedios por encima de los 70 µg/L (EPD, 2003), pero para los tres últimos años los promedios ha sido menores a la referencia anterior.

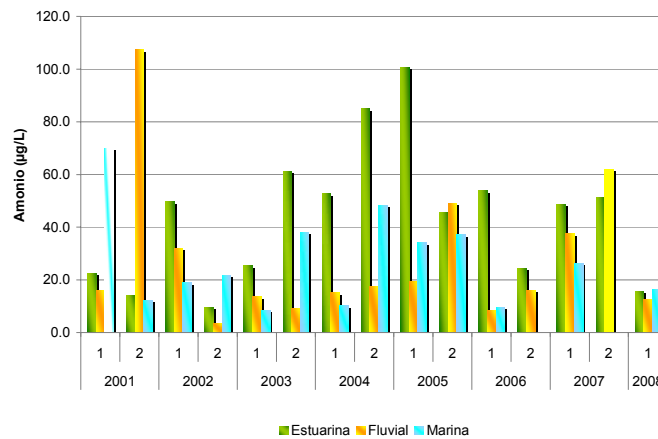


Figura 4.5.2-1. Comparación histórica de las concentraciones de amonio en las aguas costeras del departamento del Magdalena.

##### Nitratos.

Las concentraciones del ión nitrato durante el primer semestre del 2008 estuvieron entre 7,2 µg/L en las aguas marinas, 15,4 µg/L en las estuarinas y 51,0 µg/L en las continentales (Figura 4.5.2-2). Las estaciones con mayor concentración fueron las ubicadas en los caños que se conectan con el río Magdalena, en la ecorregión de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). Los sitios específicos son: Caño el Torno y el del Clarín en el Km. 15 (307,4 y 214,0 µg/L respectivamente). Los otros ríos de la zona costera del departamento presentaron concentraciones entre 0,5 y 35 µg/L en el primer muestreo del 2008. Estos registros se encuentran dentro de los rangos que se esperan para los iones nitratos (INVEMAR, 2008), incluso para la legislación de Asia que permite hasta 60 µg/L de NO<sub>3</sub> en aguas marinas y estuarinas (EPD, 2003).

En los valores de años anteriores, se evidenció el aporte de las aguas del continente a la zona costera, con aportes por encima de los 100 µg/L de NO<sub>3</sub>, durante los años 2001-02, 2004 y 2006 (Figura 4.5.2-2), que se deberán considerar dentro de los vertimientos a disminuir en las diferentes actividades de producción, que incluye la turística y que es la que mayor uso le da a las zonas costeras del departamento del Magdalena.



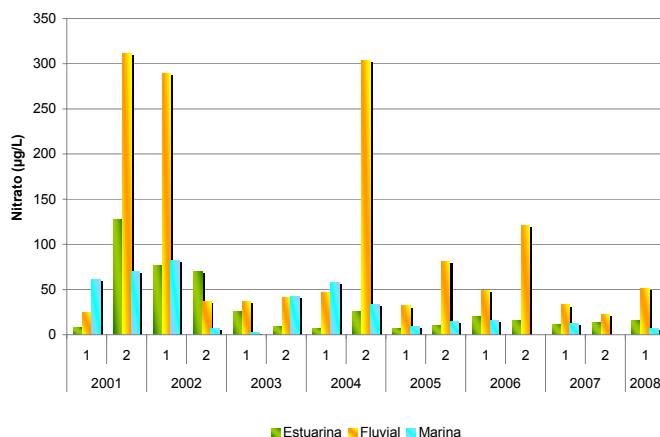


Figura 4.5.2-2. Comparación histórica de las concentraciones de nitrato en las aguas costeras del departamento del Magdalena.

### Ortofosfatos.

El fósforo inorgánico durante el primer semestre del 2008 presentó concentraciones promedio entre 25,5 µg/L en las aguas marinas, 38,5 µg/L para las estuarinas y de 94,9 µg/L en las de los ríos del departamento del Magdalena (Figura 4.5.2-3). El sitio con mayor concentración fue la descarga del emisario submarino con 309,1 µg/L de fósforo inorgánico disuelto; le siguen el río Manzanares y el caño el Caño El Torno (304,4 y 243,3 µg/L respectivamente; INVEMAR, 2008). Los registros históricos para la estación del emisario, indican que es la primera vez que se tiene un registro alto, pero cuyo efecto se puede dar en la Bahía de Santa Marta. En el río Manzanares, los registros históricos mostraron en muestreos pasados valores tan altos como 807 µg/L de ortofosfatos.

Los datos históricos del departamento, mostraron que las aguas con mayores promedios eran las estuarinas, principalmente en la Ciénaga Grande de Santa Marta, en las que se llegaron a medir promedios cercanos a los 200 µg/L.

La legislación asiática (EPD, 2003), tiene como valor máximo en aguas estuarinas 45 µg/L y en aguas marinas 15 µg/L de PO<sub>4</sub>. La comparación de nuestros resultados con esta legislación indica que debemos trabajar por mejorar la calidad de los recursos hídricos costeros (Garay *et al.*, 2004).

### Silicio.

Los valores de concentraciones del silicio inorgánico, para el primer muestreo del 2008 fueron de 226,1 µg/L en las aguas marinas, 720,2 µg/L en las estuarinas y de 679,2 µg/L en las fluviales (Figura 4.5.2-4). Los sitios con mayor concentración fueron caño El Torno, el Canal del Clarín y Playa Mendihuaca (1376, 1252 y 1226 µg/L respectivamente). La fuente natural de los iones del silicio, son las aguas continentales, aunque como se aprecia en este caso, procesos de oleaje costero, puede general aumento en la solución de los mismos.

Las concentraciones promedio del silicio inorgánico medidas en el 2008 son menores a los de años anteriores para los tres tipos de aguas muestreados (INVEMAR, 2008). El promedio histórico más alto se dio entre los años 2004 y 2006 (Figura 4.5.2-4).

Los valores del silicio inorgánico, no tienen ninguna norma para su comparación, nacional o internacional, pero su medición refuerza el conocimiento que se tiene sobre el ingreso de aguas continentales a la zona costera.

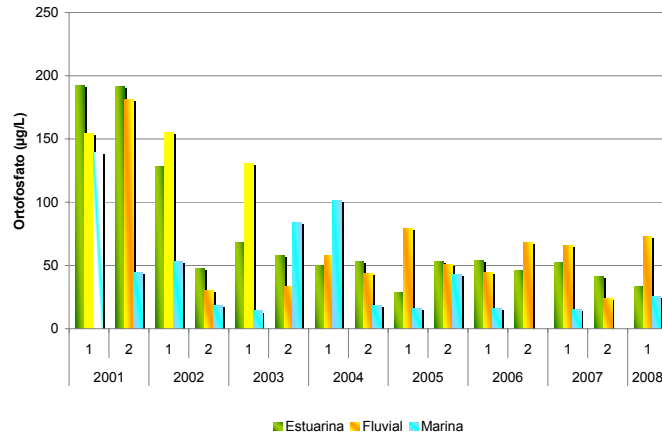


Figura 4.5.2-3. Comparación histórica de las concentraciones de ortofosfato en las aguas costeras del departamento del Magdalena.

### Oxígeno disuelto.

Las concentraciones promedio del oxígeno superficial tanto en las aguas marino-estuarinas como fluviales estuvieron por encima de los 4 mg/L (Figura 4.5.2-5), durante el primer muestreo del 2008. Las estaciones que presentaron concentraciones por debajo de los 4 mg/L (Decreto 1594 de 1984), corresponden a los caños y ríos del sistema lagunar de la CGSM, por causa de disminución de flujos de agua y acumulación de materia orgánica que ocasiona el consumo de gran parte del oxígeno disuelto en el agua. Las aguas costeras del departamento del Magdalena, presentaron buenas condiciones de oxigenación durante el primer muestreo del 2008.

En los promedios históricos de la variable, se pudo observar que las aguas costeras del Magdalena presentan buenas condiciones de oxígeno disuelto (Figura 4.5.2-5).

### Valor del pH.

Los valores del pH de las aguas costeras en el departamento del Magdalena durante el primer muestreo del 2008, fueron de 7,9 para las marinas, 7,9 para las estuarinas y de 7,6 para las continentales (Figura 4.5.2-6). Entre las estaciones que presentaron bajos valores de pH estuvieron las del sistema de la CGSM específicamente Buenavista (5,2). La mayor influencia sobre los pH bajos, la tienen las descargas de aguas continentales, especialmente las aguas del río Magdalena y las que drenan de la Sierra Nevada de Santa Marta, atravesando el sector agroindustrial de la Zona Bananera.

La historia de los registros del pH, en las aguas costeras mostró que es un parámetro estable en las marinas principalmente, en las que sus valores están muy cerca de 8. Los otros tipos de agua tienen mayor fluctuación y tendencia al valor de 7, sobre todos en las fluviales por el contenido de ácidos húmicos que se generan en los suelos ricos en materia orgánica (Zamboni *et al.*, 2006).

### Salinidad.

La salinidad de las aguas marino-costeras, presentó valores promedio normales durante el primer muestreo del año 2008 con 36,4 para las marinas 10,3 para las estuarinas y 3,9 para las continentales (Figura 4.5.2-7). Son registros típicos de salinidad en el departamento del Magdalena que muestran a la salinidad como un parámetro que se conserva estable en el tiempo, a pesar de su intercambio entre el mar y el continente (INVEMAR, 2008).

Históricamente la salinidad de las aguas costeras depende de los periodos climáticos de la región, pero en general los tipos de aguas conservan sus condiciones con pocas variaciones (Figura 4.5.2-7).

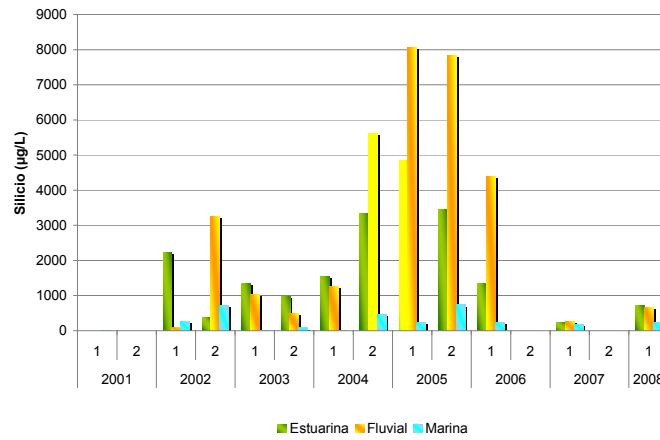


Figura 4.5.2-4. Comparación histórica de las concentraciones de silicio inorgánico en las aguas costeras del departamento del Magdalena.

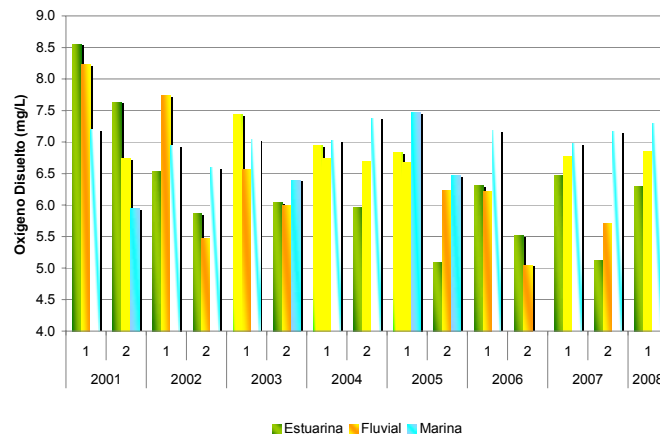


Figura 4.5.2-5. Comparación histórica de las concentraciones del oxígeno disuelto en las aguas costeras del departamento del Magdalena.

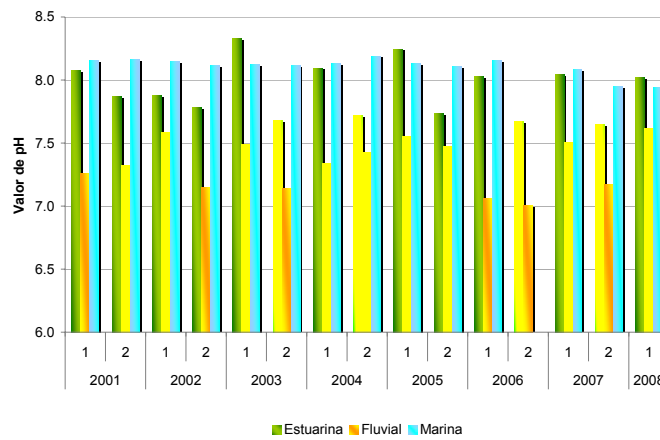


Figura 4.5.2-6. Comparación histórica de los valores del pH en las aguas costeras del departamento del Magdalena.

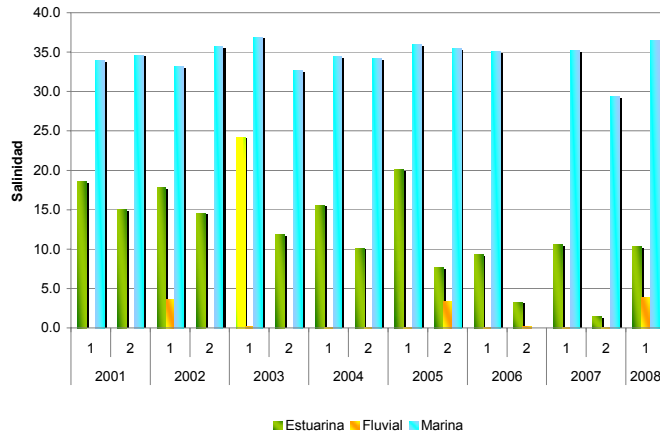


Figura 4.5.2-7. Comparación histórica de la salinidad en las aguas costeras del departamento del Magdalena.

Sólidos en suspensión.

Las concentraciones de los sólidos en suspensión, durante el primer muestreo del 2008 han estado en 38,6 mg/L en las aguas marinas, 79,8 mg/L en aguas estuarinas y 75,9 mg/L en las continentales (Figura 4.5.2-8). Las estaciones ubicadas en el Río Magdalena fueron las de mayor concentración, por las características naturales de este cuerpo de agua (INVEMAR, 2008).

El análisis de las concentraciones promedio en las aguas costeras del departamento, mostraron que las estuarinas han tenido mayores valores (superiores 150 mg/L; Figura 4.5.2-8), sobre todo a comienzos de la década presente. Sin embargo en las aguas marinas los promedios siempre han estado por debajo de los 50 mg/L o valores cercanos a este promedio.

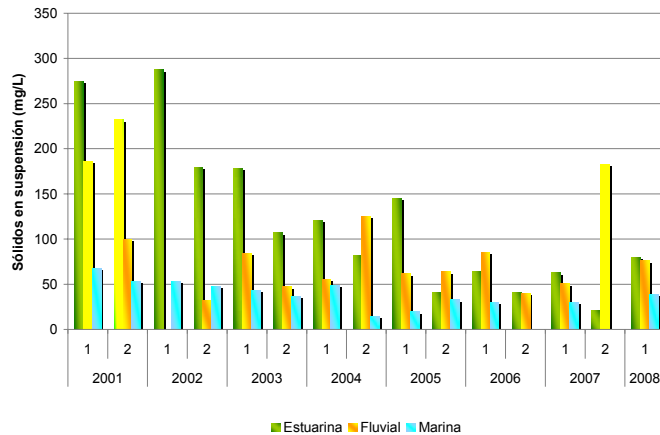


Figura 4.5.2-8. Comparación histórica de las concentraciones de sólidos en suspensión, para las aguas costeras del departamento del Magdalena.

### 4.5.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

#### Hidrocarburos

El sector de Santa Marta presenta un riesgo alto de contaminación por hidrocarburos principalmente por su movimiento marítimo y el vertimiento de aguas residuales, poniendo en peligro ecosistemas frágiles y actividades productivas. En los últimos años han ocurrido eventos de derrame de hidrocarburos, el hundimiento de la draga “Mary” en enero/2005, el choque de dos buques en el puerto de Santa Marta en Mayo/2005 y el ocurrido en agosto/2003 en el puerto carbonífero de PRODECO. Por fortuna estos incidentes afectan de manera puntual el medio marino, han sucedido en zonas abiertas donde los fenómenos de dilución han jugado papel importante en la recuperación del medio. A continuación se presenta una descripción temporal de los resultados con base en los rangos de variación obtenidos en cada monitoreo (Figura 4.5.3-1):

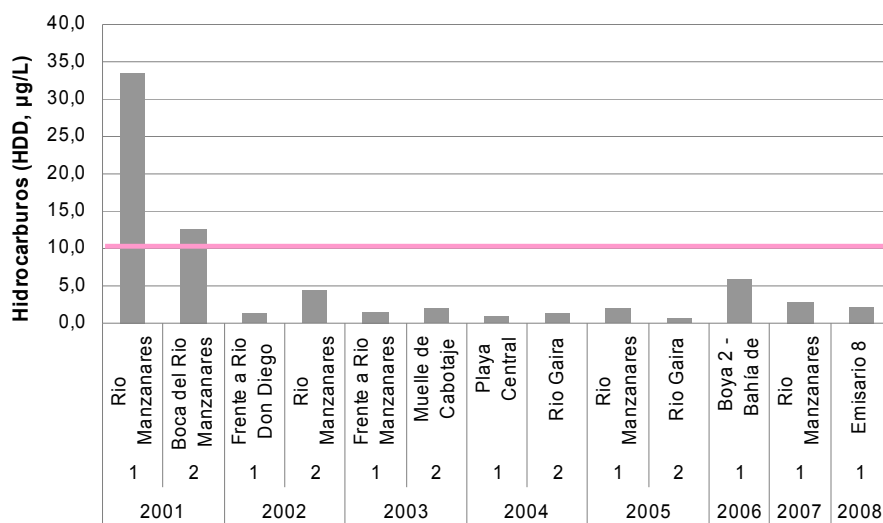


Figura 4.5.3-1. Rangos de variación de las concentraciones de hidrocarburos en aguas para cada monitoreo.

**2001:** Los valores oscilan de moderadamente altos a indetectables a lo largo del ciclo anual. Se aprecian registros mayores de forma puntual, aguas arriba del *Río Manzanares* (33,4 µg/L) y frente a la desembocadura del río Guachaca (21,6 µg/L), lo cual sugiere la influencia de actividades antrópicas. En general, los niveles de HDD en el resto de la franja costera tienden a ser inferiores a 5,0 µg/L, y al valor dado como referencia por CARIPOL para aguas abiertas no contaminadas por petróleo en el Gran Caribe de 10 µg/L (Atwood *et al.*, 1988; UNESCO, 1984).

**2002:** A partir del segundo semestre los rangos de concentración se han estrechado considerablemente. Excluyendo el registro en la *Bahía de Santa Marta* de 20 µg/L, en la época seca del 2002, el máximo fue 1,22 µg/L frente al río Don Diego, en época húmeda el valor más alto se determinó en el río Manzanares con 4,26 µg/L. En **2003:** los valores máximos se localizaron en los *Ríos Manzanares* (1,49 µg/L) y *Buritaca* (1,65 µg/L) para las épocas seca y húmeda respectivamente.

**2004:** Las concentraciones registradas son muy favorables ambientalmente, las mas altas se hallaron en las estaciones el *Rodadero* y *Taganga* con valores de 0,94 y 0,56 µg/L respectivamente, debido a la actividad náutica asociada al turismo que se desarrolla en estas playas. En la época lluviosa las concentraciones aumentaron ligeramente (máximo de 1,37 µg/L, *Río Gaira*). **2005:** Las concentraciones mantienen el mismo orden a las del año anterior con un valor máximo de 2,05 µg/L (*Río Manzanares*). **2006:** las concentraciones mas altas se hallan en la zona costera de Santa Marta, con valores máximos

de 5,9 µg/L en el interior de la Bahía de Santa Marta y de 2,2 en el *Río Manzanares*. **2007 y 2008:** Las concentraciones varían en un rango de 3 µg/L y se registran las máximas en el *Río Manzanares* y la zona del *Emisario* de la ciudad de Santa Marta.

La Figura 4.5.3-2 representa el comportamiento histórico de los hidrocarburos en agua antes de iniciar el proyecto, esos estudios mostraban que entre 1997 - 2001 aproximadamente el 40% de estaciones presentaban concentraciones de hidrocarburos por encima de los 10 µg/L. además, dos terceras partes (62%) de las muestras analizadas en el periodo 1996-2001 presentan concentraciones superiores a 1,0 µg/L, lo cual suponen algún tipo de afectación al medio; desde el 2002 la situación se invierte y más del 82% de las muestras analizadas se encuentra por debajo de este valor.

A partir del 2001 las concentraciones de HC muestran una tendencia a descendente; y al comparar las concentraciones de los últimos años, con los valores reportados en distintos estudios realizados en sitios costeros de Colombia y el mundo, se puede apreciar que los niveles actuales son de igual o menor magnitud a los registros para áreas donde se considera que la contaminación por petróleo es poco significativa (por ejemplo, en Dabhol-Ratnagiri India las concentraciones oscilan entre 1,7 – 3,7 y son consideradas bajas, Chouksey *et al.*, 2004).

La correlación que presentan las concentraciones de hidrocarburos en aguas fluviales, estuarinas y marinas (Figura 4.5.3-3) suponen que el origen de los HC al medio marino es debido principalmente a escorrentías continentales. El estudio ha mostrado que las estaciones *Río Manzanares* y *Emisario* presentan las concentraciones más altas para el departamento (Figura 4.5.3-4); sin embargo, en la actualidad (2008) no sobrepasan el valor de referencia, lo cual se favorece por la dilución que experimentan las descargas al llegar al mar.

La clasificación por sectores muestra que la zona comprendida entre *Punta aguja* y *Boca de la Barra* es la de mayor afectación por vertimientos de hidrocarburos, con el promedio más alto de los cinco sectores  $1,31 \pm 4,1\mu\text{g/L}$ ; debido que en ella se desarrollan el mayor numero de actividades económicas y se encuentra los asentamientos humanos más grandes (Tabla 4.5.3-1), en este sentido las estaciones *Bahía Taganga*, los *Ríos Manzanares* y *Gaira* y sus frentes de influencia, presentan las concentraciones más altas aunque es de resaltar que no sobrepasan el valor de referencia. En el sector norte donde se encuentra ubicado el parque PNN–Tayrona se presenta una calidad favorable respecto a la contaminación por hidrocarburos del departamento debido a su estado de protección.

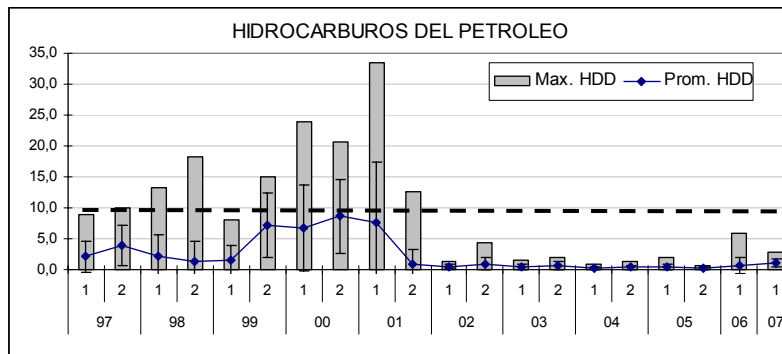


Figura 4.5.3-2. Comportamiento histórico de las concentraciones de hidrocarburos en las aguas costeras de Magdalena.

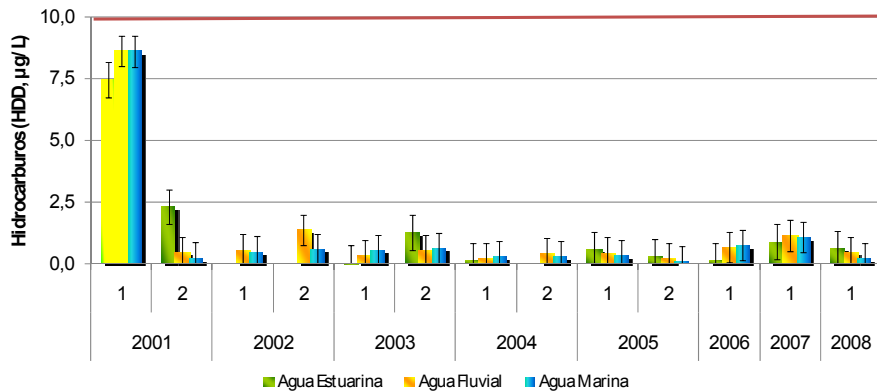


Figura 4.5.3-3. Comportamiento de las concentraciones de hidrocarburos en las aguas marinas, estuarinas y fluviales del Magdalena.

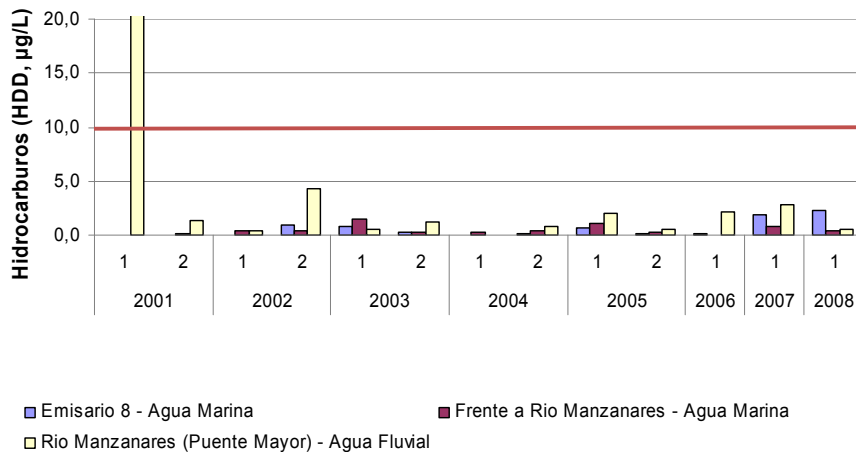


Figura 4.5.3-4. Comportamiento de las concentraciones de hidrocarburos en las estaciones Río Manzanares (Fluvial), Frente río Manzanares (agua marina) y Emisario (Marina).

### Plaguicidas

Históricamente en el Magdalena las regiones costeras más afectadas por fuentes terrestres de contaminantes organoclorados (OC) al Mar Caribe son la Zona Costera de Santa Marta (ZCSM) y la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). Se ha visto que el vertimiento de plaguicidas a la zona costera del Magdalena no corresponde a fuentes puntuales controlables. Se han identificado como los mayores aportantes de estos compuestos los ríos que desembocan en la CGSM y recorren la zona bananera del departamento, algunos del norte del departamento y los que descargan en la zona costera de Santa Marta como el Toribio, Córdoba y el río Manzanares, que en su recorrido recogen vertimientos agrícolas y las aguas residuales de las poblaciones incluida la del área urbana de la ciudad de Santa Marta.

Entre el margen oriental de la CGSM y el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), hay una llanura fértil que tiene una superficie sembrada de 39000 hectáreas de cultivos agroindustriales permanentes, donde se cultiva básicamente banano y palma africana. Residuos de los agroquímicos usados en estos cultivos llegan por escorrentía a varios afluentes, principalmente a los ríos Fundación, Aracataca, Tucurínca, Sevilla, Frío y Orihueca y finalmente a la Ciénaga. Por fortuna para el sistema costero la CGSM se comporta como una trampa de sustancias tóxicas (Ramírez, 1988; Plata *et al.*, 1993;

Betancourt y Ramírez, 2005), lo cual evita que las aguas con estos residuos, influyan más allá de la Boca de la Barra (límite del estuario con el sistema oceánico).

En esta zona se han realizado el mayor número de estudios al respecto; las primeras evaluaciones corresponden al Ministerio de Salud en 1978, trabajando en la desembocadura del río Magdalena (Pagliardini *et al*, 1982). Martínez (1978) describió cualitativamente la incidencia de los plaguicidas aplicados en la zona bananera del Magdalena. Análisis cuantitativos realizados posteriormente por INVEMAR en la CGSM revelaron la presencia de DDT, heptacloro, lindano y aldrin en los sedimentos de zonas de manglar de la CGSM (Espinosa *et al*, 1995) y se determinaron valores de amplificación biológica para lisa (*Mugil incilis*), bocona (*Cetengraulis edentulus*) y chivo mapalé (*Ariopsis bonillai*), en un primer intento para conocer la dinámica de los organoclorados en la red trófica de la laguna (Plata *et al.*, 1993); y se evaluaron las tasas de acumulación y depuración de aldrin en la ostra (*Crassostrea rhizophorae*) a diferentes salinidades (Gómez *et al.*, 1995). Respecto a los efectos directos sobre organismos acuáticos, en diversos estudios se ha demostrado la toxicidad aguda de algunos insecticidas organoclorados sobre especies piscícolas, revelándose el endrin como el compuesto más tóxico (Lara *et al.*; 1977). En otro bioensayo de toxicidad LC<sub>50</sub> con aldrin y heptacloro en Mojarra amarilla (*Petenia raussii*) y Tilapia (*Tilapia rendalli*), se menciona que el heptacloro es más tóxico para la Tilapia.

Un análisis de la información de 1995- 2003 revela que los OC de mayor frecuencia en las aguas son el DDT y sus metabolitos con un frecuencia de de aparición del 77%, seguidos por los compuestos del aldrin (41%), los Hepatcloros (38%), y finalmente Los HCH con 35% de aparición. Esto indica, que en es período de la totalidad de muestras positivas en el análisis de organoclorados el 77% de ellas contenía algún metabolito del DDT; esta recurrencia relativamente alta de DDT y sus metabolitos ratifican claramente su reconocida persistencia en los ecosistemas acuáticos. La frecuencia global para la presencia de organoclorados en el departamento de Magdalena era de 64%, antes del 2002, lo que significa que más de la mitad de las muestras contenían algún tipo de OC.

#### Descripción temporal

**1995 –2001:** Para el complejo de la CGSM la información histórica disponible para la red de estaciones estudiadas revela un comportamiento irregular en las diferentes zonas en cuanto a la frecuencia de aparición de residuos de plaguicidas organoclorados (rango de concentración de OCT 0,03 - 89,0 ng/L OCT), que depende de manera puntual y específica según las características hidrológicas propias de cada sector (Figura 4.5.3-5).

Con relación a la zona costera, se concluye que históricamente los mayores niveles de residuos de plaguicidas organoclorados corresponden principalmente a aldrin y DDTs total. Se debe mencionar que en las aguas de la Bahía Chengue, que se considera un sector costero de bajo riesgo por contaminación antropogénica y ubicada en el Parque Nacional Natural Tayrona, se han detectado residuos de plaguicidas organoclorados, si bien, las concentraciones han sido menores con respecto a otros sectores, esto demuestra el transporte de estas sustancias desde otras zonas costeras por acción de las corrientes o deposición atmosféricas.



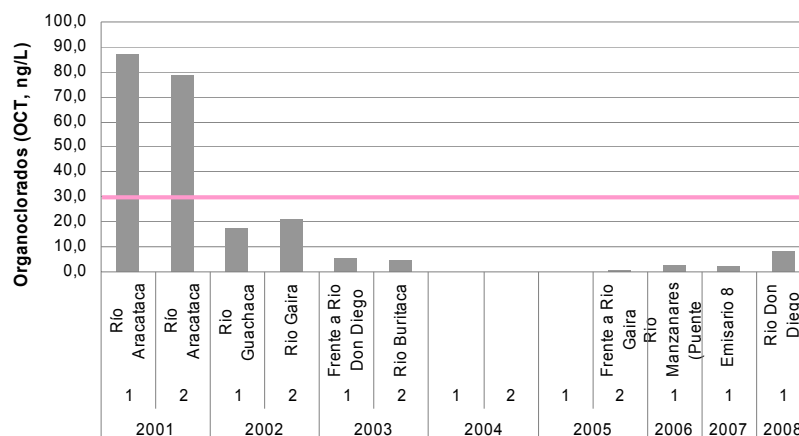


Figura 4.5.3-5. Rangos de variación de las concentraciones de organoclorados en aguas para cada monitoreo.

**2002:** Los valores determinados en este año son mucho más bajos que los que se hallaban un par de años atrás, aunque todavía siguen reportándose estos compuestos, principalmente en afluentes que recorren zonas agrícolas. Tal es el caso del *Río Guachaca* que presentó el valor más alto de OC para el primer semestre del 2002 con un valor de 17,4 ng/l.

**2003:** En el primer semestre de este año los ríos Sevilla y Fundación presentaron las concentraciones más altas, 35,7 y 21,6 ng/l respectivamente, las restantes estaciones no superaron los 8,0 ng/l. En el último monitoreo del 2003 las concentraciones fueron inferiores a 5,0 ng/L, pero aún se siguen detectando estos residuos en el departamento. **2004 y 2005:** Todas las estaciones monitoreadas presentaron concentraciones por debajo del límite de detección. La tendencia observada es a una disminución en la presencia de estos residuos (Figura 4.5.3-6). En el **2006 y 2007:** Los registros oscilan en un rango cuyo valor máximo es de 2,8 ng/L del *Río Manzanares*. Los registros siguen siendo muy inferiores al valor de referencia adoptado (30 ng/L), por lo cual no existe riesgo de contaminación por OC. **2008:** durante el primer semestre, se detectan un aumento en los residuos de OCT con valores máximos de 8,2 ng/L y 7,11 ng/L registrado en los *ríos Don Diego y Manzanares*.

La Figura 4.5.3-6 representa el comportamiento histórico de los organoclorados antes de iniciar el proyecto y la Figura 4.5.3-7 los registros de organoclorados durante su desarrollo. En ella se observa que las estaciones con mayor contenido correspondieron a los ríos que desembocan en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) debido a la actividad agrícola en su cuenca. Uno de estos ríos: el *Río Fundación*, muestra la disminución en las concentraciones actuales a niveles indetectables gracias a las restricciones en su uso.

En estaciones como la del *río Manzanares*, se han presentado residuos de OC en forma recurrente, a pesar de que en sus cuencas no existe una actividad agrícola fuerte (Figura 4.5.3-8). En este caso los residuos organoclorados corresponden a compuestos que fueron aplicados ampliamente con fines domésticos para la eliminación de insectos. Sin embargo, en la actualidad las concentraciones no sobrepasan el valor de referencia.

Actualmente se emplean otros tipos de productos para el control de las plagas en los cultivos, por ejemplo, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) aprobó una relación de plaguicidas aplicables en los cultivos de banano y palma africana desde 1993; en la cual sólo se incluyen compuestos organofosforados y carbamatos, que son menos persistentes en el ambiente.

En general, hasta el 2003 en la zona costera, la contaminación por residuos OC, se presenta fundamentalmente en los sitios de influencia directa de las descargas fluviales, concretamente en la franja costera comprendida entre la Bahía de Santa Marta y la Boca de la Barra (ríos Manzanares, Gaira, Toribio, Córdoba); en la actualidad (2008) aunque, se observó un aumento en las concentraciones, no

existe riesgo de contaminación por OC (las concentraciones son <8,3 ng/L). La reducción observada en la década del 2000 se debe básicamente a las restricciones en el uso de compuestos clorados y cambios en las prácticas agrícolas, y la presencia es debida a la persistencia y baja degradabilidad de las sustancias que se encuentran en el terreno.

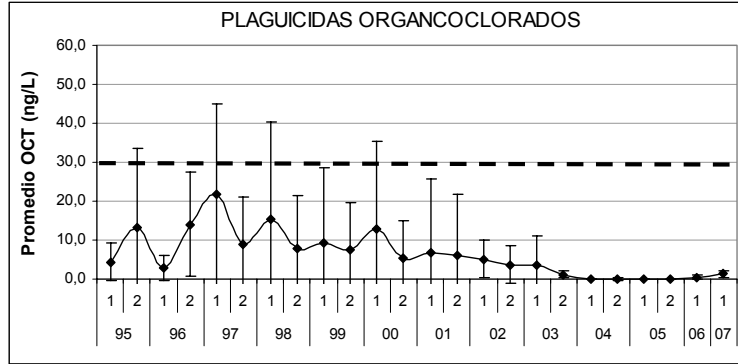


Figura 4.5.3-6. Comportamiento histórico de las concentraciones de plaguicidas organoclorados en las aguas costeras de Magdalena.

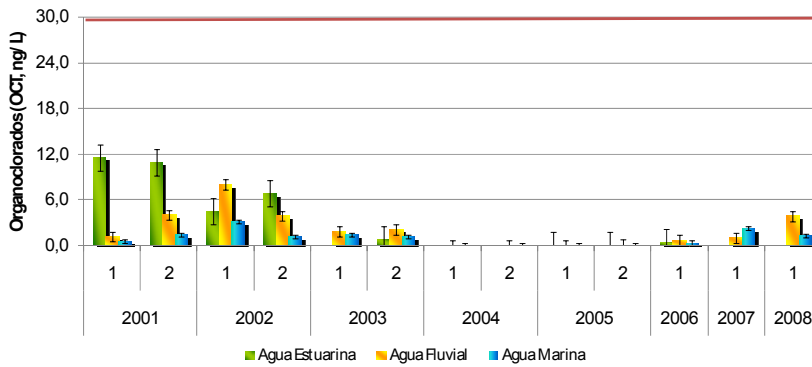


Figura 4.5.3-7. Comportamiento de las concentraciones de plaguicidas organoclorados en aguas marinas, estuarinas y fluviales del Magdalena.

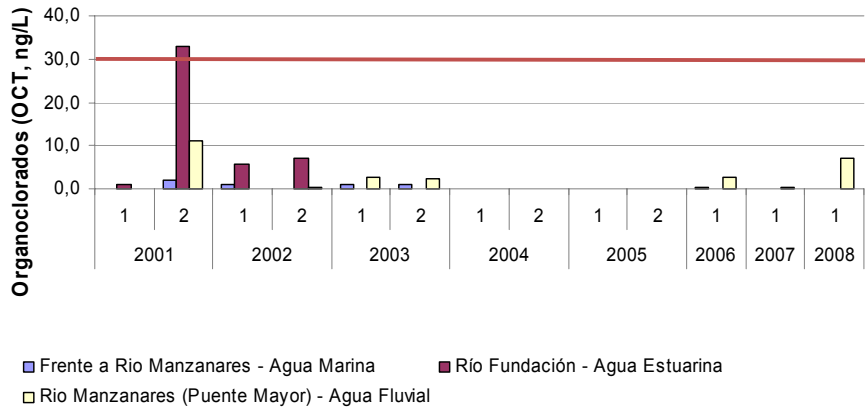


Figura 4.5.3-8. Comportamiento histórico de las concentraciones de plaguicidas organoclorados en las aguas costeras de Magdalena.

**Tabla 4.5.3-1. Resumen estadístico de las concentraciones de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de Magdalena.**

Parámetro	Salamanca		CGSM		Isla Aguja - Boca de la Barra		Río Piedras - Guajira		Río Piedras - Isla Aguja	
	HDD	OCT	HDD	OCT	HDD	OCT	HDD	OCT	HDD	OCT
Máx.	0,76	1,00	0,43	87,00	33,40	21,00	21,59	17,40	7,65	10,40
Mín.	0,03	0,03	0,16	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Prom.	0,22	0,47	0,30	8,22	1,31	1,23	0,95	1,54	0,70	1,79
Mediana	0,11	0,50		5,20	0,49	0,20	0,47	0,85	0,24	0,52
STDDV	0,24	0,35	0,19	17,88	4,09	2,83	2,48	2,54	1,39	2,62
num.	10	12	2	58	151	120	87	77	42	36

#### 4.5.4 Contaminación Microbiológica

diversas fuentes puntuales de contaminación. Históricamente los mayores aportes han sido realizados por las fuentes continuas provenientes de los ríos y el emisario submarino; así como por las escorrentías intermitentes de la Calle 10 y la Calle 22 en la Bahía de Santa Marta. Estas descargas se incrementan en las época de lluvias cuando los microorganismos acumulados en los sedimentos de suelos y ríos, son arrastrados en mayor concentración hasta el mar (Noble *et al.*, 2003).

Durante el año de estudio, los ríos del departamento del Magdalena que presentaron los mayores aportes de Coliformes totales (CTT), en orden descendente son: Río Manzanares (3.500.000 NMP / 100 ml), Río Córdoba (540.000 NMP / 100 ml), Río Gaira (350.000 NMP / 100 ml), Río Toribio (92.000 NMP/100 ml) y Río Buritaca (9.200 NMP / 100 ml). Estos valores sobrepasan el límite establecido en la normatividad colombiana para aguas destinadas a actividades de contacto secundario, como la pesca (MinAgricultura, 1984) y son producto de las descargas de aguas servidas de las poblaciones ribereñas y urbanas localizadas a los largo de sus cauces.

Históricamente, en el departamento se han monitoreado 18 balnearios costeros entre el año 2001 y 2008, encontrando la mayor afectación microbiológica en la Playa Municipal, la cual cada año sobrepasa los niveles permisibles de Coliformes termotolerantes (CTE) para aguas recreativas en Colombia.

**Tabla 4.5.4-1. Calidad sanitaria de las playas del Magdalena en el segundo semestre del 2007 y primer semestre del 2008 de acuerdo a los criterios de la legislación colombiana (CTE>200 NMP /100 ml) y la Organización Mundial de la Salud (EFE> 40 UFC/ml) para aguas de contacto primario.**

Playas	II -2007	I- 2008	Parámetro	II -2007	I- 2008
Alcatraces			Playa Buritaca		
Bahía Chengue			Playa Central Rodadero		
Canal de la Escollera			Playa Grande - Taganga		
Muelle de Cabotaje (Calle 10)			Playa Mendihuaca		
Parque Acuático			Playa Municipal		
Playa Bahía Concha			Playa Neguanje		
Playa Bahía Taganga			Playa Salguero		
Playa Batallón			Pozos Colorados		
Playa Blanca			Puente de la calle 22		

Verde: Apta; Naranja: No apta

En el muestreo de septiembre de 2007, el 27 % de las playas sobrepasó los niveles de CTE y el 22 % de Enterococos fecales (EFE) establecidos para actividades de natación y baño de acuerdo a la legislación colombiana y los criterios de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003; MinAgricultura, 1984). Las estaciones que sobrepasaron ambos límites de CTE y EFE fueron Playa Municipal, a la altura del Puente

de la Calle 22 (7.900 NMP y 236 UFC), Playa Salguero (350 NMP y 176 UFC) y Playa Bahía Taganga (830 NMP y 40 UFC) En abril del año 2008 sólo las estaciones de Playa Mendihuaca y Calle 10 superaron los niveles de CTE; Tabla 4.5.4-1).

#### 4.5.5 Metales pesados

##### Cadmio

Para el 2007, se observó que las concentraciones de cadmio variaron entre 0,2 µg/L para la mayoría de las estaciones con características marinas, hasta 5,0 µg/L en las estaciones fluviales (INVEMAR, 2008).

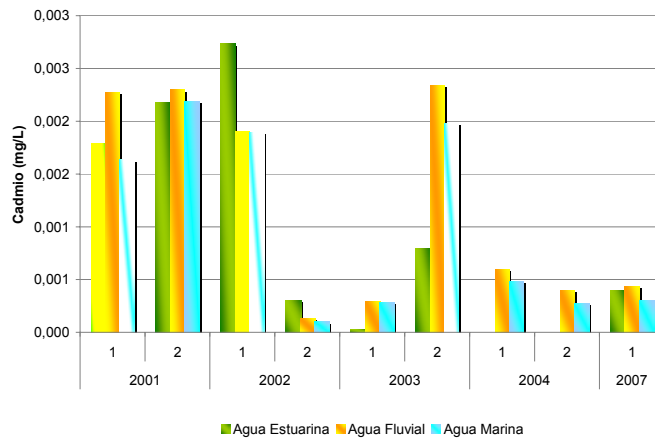


Figura 4.5.5-1. Concentraciones promedio de cadmio en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento del Magdalena

##### Plomo

El plomo registro los valores promedio mas altos en las estaciones fluviales, siendo la estación de río Gaira la que reporto el máximo valor para este año (21,0 µg/L) seguido por el de la estación de río Manzanares (17,0 µg/L). Contrariamente, el valor mas bajo se presentó en la estación de Frente río Gaira, y fué de 0,7 µg/L.

##### Cromo

Para el cromo el promedio mas alto en aguas se presentó para las estaciones fluviales con valores que oscilaron desde 1,0 µg/L a 2,0 µg/L.

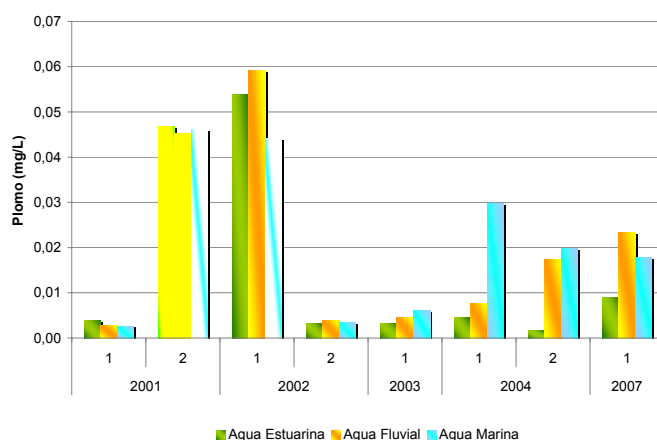


Figura 4.5.5-2. Concentraciones promedio de plomo en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento del Magdalena

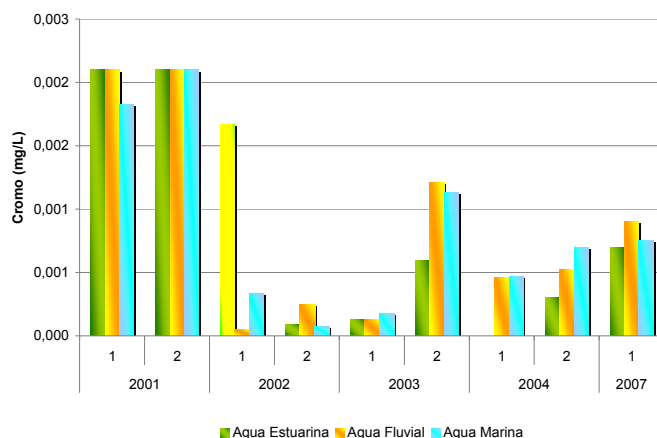


Figura 4.5.5-3. Concentraciones promedio de cromo en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento del Magdalena

En general, según las Figura 4.5.5-1, Figura 4.5.5-2 y Figura 4.5.5-3 las concentraciones de los metales pesados analizados en aguas costeras de este departamento han presentado un comportamiento muy similar en el tiempo, pudiéndose observar que la tendencia a disminuir, aun con el aumento experimentado durante la época o periodo de lluvias de 2003. Las estaciones fluviales han presentado las concentraciones promedio más altas para este departamento y durante algunas de las épocas lluviosas.

Para los tres metales medidos en las aguas del departamento, se observó que muy a pesar de la variabilidad y homogeneidad en cuanto a su comportamiento observada en años, estos no tuvieron un patrón definido durante las diferentes épocas del muestreo, que permitiera inferir sobre la movilidad de estos en función de los cambios de periodos climáticos. No obstante, se ha observado según los registros históricos que los promedios mas altos estuvieron dados para las épocas climáticas seca y lluviosa del 2001. En promedio, los valores mas bajos fueron para las épocas lluviosas de 2002 y seca del 2003.

La legislación CONAMA de Brasil, ha establecido valores de cadmio de 1,0 µg/L para aguas dulces, y de 5,0 µg/L en aguas estuarinas y marinas. En correspondencia con lo anterior, los resultados obtenidos a través de cinco (5) años de monitoreo, mostraron que las concentraciones de cadmio han presentado tendencia a disminuir, manteniéndose con valores relativamente aceptables según los límites permisibles expuestos por la norma de referencia. Para el plomo la concentración de referencia para aguas estuarinas es de 1,0 µg/L; y fue superado por la mayoría de las concentraciones que han sido registradas en las estaciones del complejo lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta. Para el resto de las estaciones las concentraciones de plomo se mantienen por debajo de los límites permitidos en la citada legislación (50 µg/L en aguas marinas y 30 µg/L en aguas dulces). El cromo no supero en ningún caso, los límites de referencia que se han establecido para aguas dulces, marinas y estuarinas. Este valor es de 50 µg/L.

La presencia de considerables concentraciones de metales como el plomo (p.e.) en las aguas costeras del departamento, particularmente en las aguas estuarinas de la Ciénaga, pueden tener origen en los aportes importantes del río Magdalena si se tiene en cuenta que este ha sido considerado por más de una década como una fuente importante de contaminación por metales pesados en la franja costera del departamento, dado que recibe los vertimientos de desechos de origen antrópico (desechos industriales, empresa metalúrgica, fundición, galvanización, Industria térmica) de las principales ciudades del país,. Estas aguas son finalmente descargadas al mar y posiblemente arrastradas a otras zonas y ecosistemas costeros como en el caso de la CGSM. Por otro lado, otros tributarios menores (los ríos Sevilla, Aracataca y Fundación) también han ejercido su efecto sobre la calidad de las aguas de la Ciénaga, debida principalmente a las actividades antropogénicas que se realizan sobre sus cuencas, y dentro de las cuales vale citar el uso indiscriminado de agroquímicos, en cuya composición se presentan los metales pesados.

#### **4.5.6 Evaluación de la calidad del agua utilizando indicadores.**

Todos los sitios clasificados como playas, presentaron “excelente” calidad de sus aguas. Algunas estaciones en la Ciénaga Grande de Santa Marta, presentaron “buena” calidad (Figura 4.5.6-1b), pero en realidad son aguas estuarinas con fuerte influencia del río Magdalena, que por lo general tienen cargas altas de varios parámetros de calidad.

El índice de calidad para las aguas marinas y estuarinas, mostró que para el primer muestreo del 2008, las condiciones de las mismas para el uso de preservación de flora y fauna (Figura 4.5.6-1b), fue excelente. Las aguas costeras del Magdalena, presentan varias fuentes influencia sobre las aguas costeras (descargas de aguas residuales y de actividades agrícolas principalmente), pero en su conjunto el contenido de los diferentes parámetros que miden su calidad, denotan que los recursos vivos se podían desarrollar normalmente.

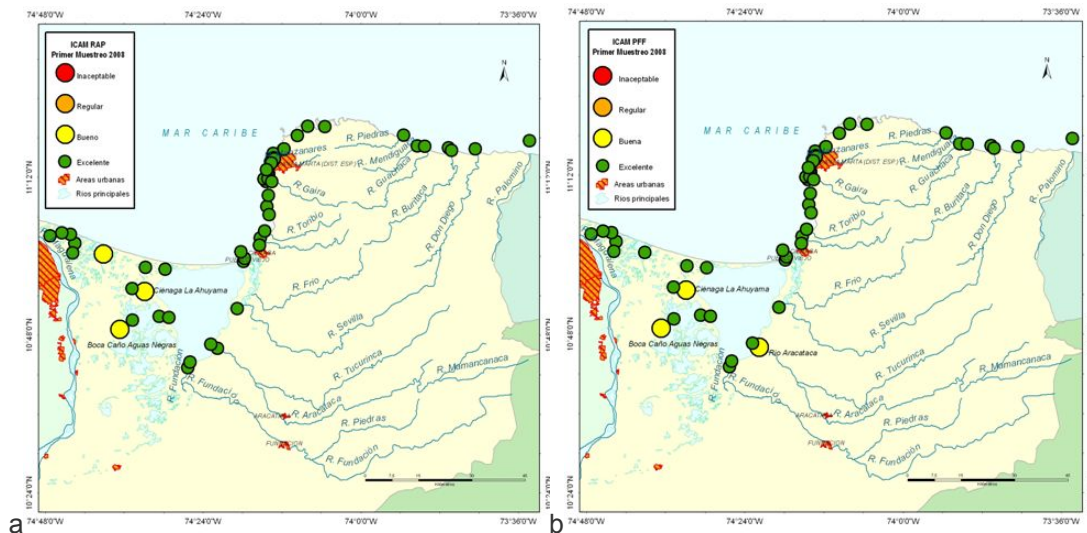


Figura 4.5.6-1. Representación gráfica del indicador de calidad de aguas marinas y estuarinas en la época seca de 2008. a) Actividades recreativas, náuticas y playas - RAP y b) Preservación de flora y fauna – PFF.

#### 4.5.7 Conclusiones

Las principales fuentes de nutrientes inorgánicos en la zona costera del departamento, la representan los ríos Magdalena y Manzanares. El emisario submarino de aguas residuales, del distrito también ejerce influencia en las concentraciones de las principales características fisicoquímicas de las aguas costeras.

La zona del departamento comprendida entre *Punta aguja* y *Boca de la Barra* es la de mayor afectación por vertimientos de hidrocarburos, debido que en ella se desarrollan el mayor número de actividades económicas, por su movimiento marítimo y el vertimiento de aguas residuales de los asentamientos humanos, pudiendo afirmar que la contaminación por hidrocarburos en las aguas costeras del departamento es principalmente puntual.

El impacto por plaguicidas organoclorados cada vez es menor, en la década del 2000 las concentraciones han mantenido la tendencia decreciente, gracias a las restricciones en materia de fabricación y comercialización de OC; y al cambio en las formulaciones de agroquímicos y en las prácticas agrícolas.

Los tributarios constituyen una fuente importante de contaminación microbiológica a la franja costera del departamento, teniendo en cuenta la carga elevadas de microorganismos indicadores de contaminación fecal.

En el periodo del segundo semestre de 2007 a primer semestre del 2008, el 78 por ciento de los balnearios presentaron condiciones sanitarias adecuadas para las actividades de recreación conforme a los criterios de la legislación colombiana y la Organización Mundial de la Salud.

Las condiciones de las aguas costeras del departamento del Magdalena, presentaron condiciones de excelente calidad, durante el primer muestreo del 2008.





# ATLÁNTICO



**Playas de Salgar**



**Puerto Colombia**



## 4.6 ATLANTICO

El departamento del Atlántico se sitúa al norte del territorio nacional, enmarcado dentro de las siguientes coordenadas: 10° 15' y 11° 06' de latitud norte; 74° 42' y 75° 16' longitud oeste. Por su ubicación geográfica, el departamento forma parte del último trayecto del río Magdalena por su margen izquierda, comprendido en el área deltaica del mismo, desde la separación del Canal del Dique al sur, hasta su desembocadura en el mar Caribe. Además posee una considerable extensión del litoral Caribe por el norte.

El departamento tiene una extensión de 3.386 Kms.<sup>2</sup>, que representa el 0,29 % de la extensión total del país después de San Andrés y Providencia y el Quindío. El departamento presenta un clima tropical de tipo estepa y sabana de carácter árido en la desembocadura del río Magdalena y alrededores de Barranquilla; semi-árido en las fajas aledañas al litoral y al río Magdalena y semihúmedo desde Sabanalarga hacia el sur.

### 4.6.1 Estaciones de Muestreo

Las estaciones de muestreo en el departamento se realiza tanto en la zona costera como en el río Magdalena, que influye sobre toda la zona costera (Figura 4.6.1-1). Las estaciones se han mantenido dentro de la red de estaciones de muestreo, sin cambios durante los últimos tres años.

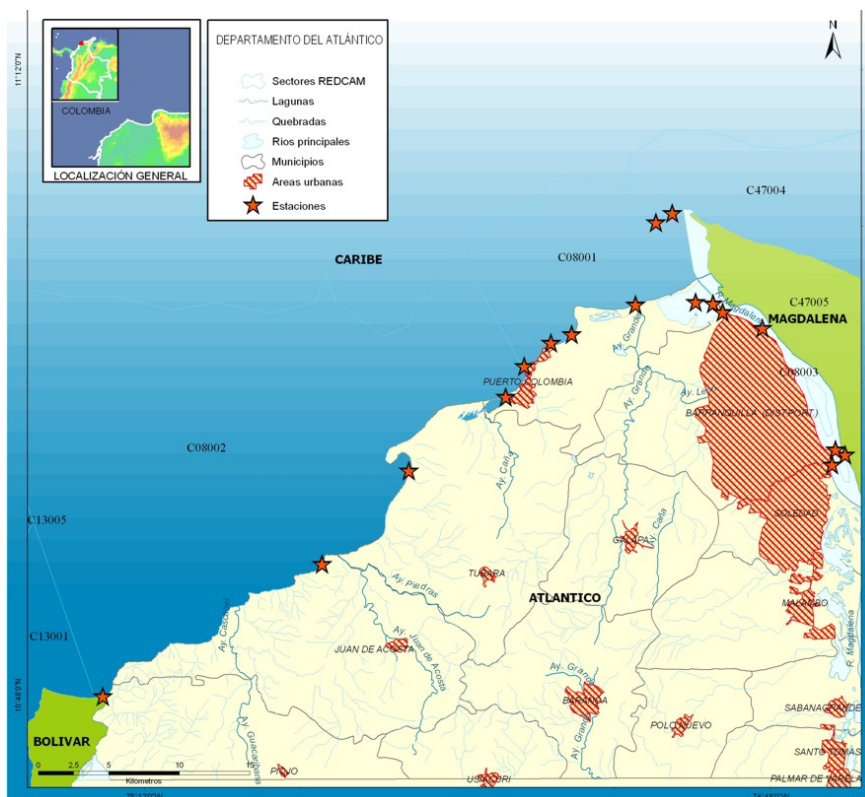


Figura 4.6.1-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento del Atlántico.

#### 4.6.2 Variables fisicoquímicas

Nutrientes inorgánicos.

##### Amonio.

Las concentraciones del ión amonio para el primer semestre del 2008 para el ión amonio fueron de 12,3 µg/L para las aguas marinas, 27,7 µg/L en las aguas estuarinas y 14,5 µg/L en las continentales (Figura 4.6.2-2). La estación con la mayor concentración fue Bocas de Cenizas (62,9 µg/L). El Río Magdalena es el colector de la mayoría de las aguas residuales en los municipios ribereños del mismo, sin embargo los registros de amonio en la estación de Bocas de Ceniza han sido menores a 40 µg/L, hasta el del primer muestreo del 2008. La fuerte turbulencia que se genera por la descarga del río, es propicia para procesos de aireación de sus aguas que puede estar incidiendo para que la descomposición de la materia orgánica produzca más iones nitratos y menos amonio (Begon *et al.*, 2006).

Históricamente los valores promedios más altos de amonio se han obtenido en el segundo muestreo del año 2005 en sus aguas estuarinas (Figura 4.6.2-1). Los demás valores promedios en su gran mayoría fueron inferiores a los 50 µg/L.

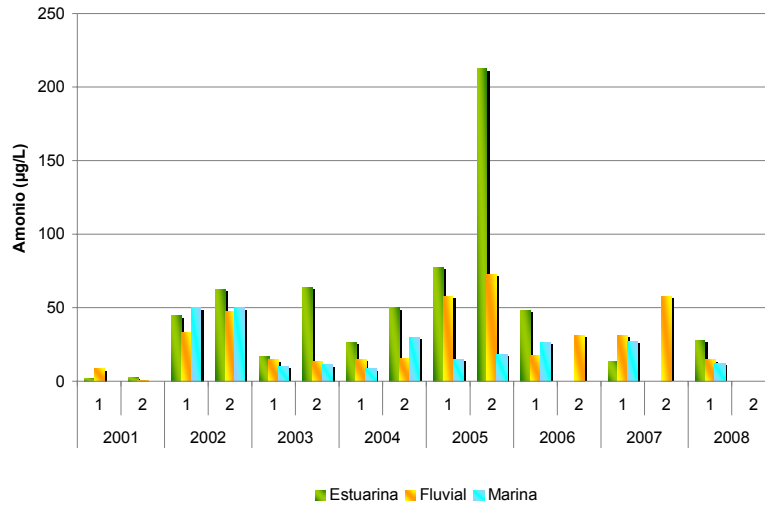


Figura 4.6.2-1. Comparación histórica de las concentraciones de amonio en las aguas costeras del departamento del Atlántico.

##### Nitratos.

Las concentraciones del ión nitrato durante el primer semestre del 2008 estuvieron entre 23,3 µg/L en las aguas marinas, 173,8 µg/L en las estuarinas y 279,2 µg/L en las continentales (Figura 4.6.2-2). Las estaciones con mayor concentración fueron Bocas de Cenizas y frente a la base Naval (333,7 y 331,2 µg/L respectivamente). Los ríos son de forma general, fuentes naturales de este ión por los procesos de degradación de la materia orgánica; los valores registrados en el primer muestreo del 2008 dentro de los rangos que históricamente ha presentado el río en las estaciones para los iones nitratos (promedios entre 23 y 605 µg/L; INVEMAR, 2008).

El registro histórico de los promedios en cada tipo de agua costera, indicó que el río Magdalena es la fuente de estos iones que influye mucho sobre las aguas estuarinas, pero poco en las costeras (Figura 4.6.2-2). Es de notar los promedios del segundo semestre de 2001 y comienzos del 2002, que son los más altos de todos los muestreos realizados. Sin embargo, sus efectos sobre las aguas marinas no son tan marcados.

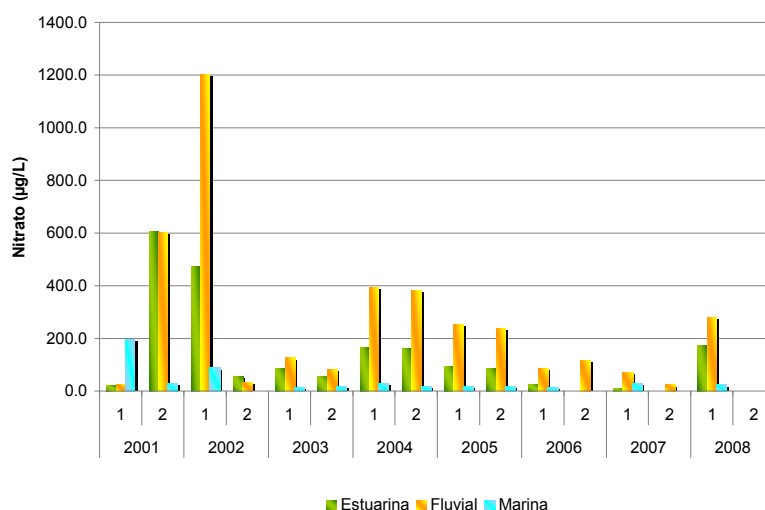


Figura 4.6.2-2. Comparación histórica de las concentraciones de nitrato en las aguas costeras del departamento de Atlántico.

### Ortofosfatos.

El fósforo inorgánico durante el primer semestre del 2008 presentó concentraciones promedio entre 10,9 µg/L en las aguas marinas, 128,2 µg/L para las estuarinas y de 40,1 µg/L en las del río Magdalena (Figura 4.6.2-3). El sitio con mayor concertación fue Ciénaga de Mallorquín con 333 µg/L de fósforo inorgánico disuelto; los registros históricos para esta estación, indican valores mayores al del último registro (492 µg/L; INVEMAR, 2008).

Los promedios para otros muestreos, mostraron que aunque el río Magdalena, hace sus aportes de fósforo inorgánico, las aguas estuarinas también contribuyen por su parte, incluso afectando las aguas marinas durante el primer muestreo del 2007 (Figura 4.6.2-3), con valores promedios muy similares (115 y 117 µg/L respectivamente). La norma asiática presenta los valores 15 µg/L de fosfatos para aguas marinas y 45 µg/L para las estuarinas (EPD, 2003). Comparando con esa norma, los promedios en las aguas estuarinas, los sobrepasan de manera recurrente.

### Silicio.

Los valores de concentraciones del silicio inorgánico, para el primer muestreo del 2008 fueron de 240,1 µg/L en las aguas marinas, 823,4 µg/L en las estuarinas y de 927,7 µg/L en las fluviales (Figura 4.6.2-4). Las aguas continentales son la fuente la fuente de este ión a la zona costera, como un proceso de producto del arrastre de los suelos y sedimentos que transportan, fueron la ciénaga de Mallorquín y Bocas de Cenizas las estaciones que mayor concentración de silicio inorgánico presentaron en el último muestreo (1182 y 1155 µg/L respectivamente).

Las concentraciones promedio del silicio inorgánico medidas en el 2008 son menores a los de años anteriores para los tres tipos de aguas muestreados (INVEMAR, 2008). Las concentraciones de este ión no representan un problema para los organismos marino-costeros, aunque si lo es para el desarrollo de las diatomeas (algas unicelulares; Begon *et al.*, 2006).

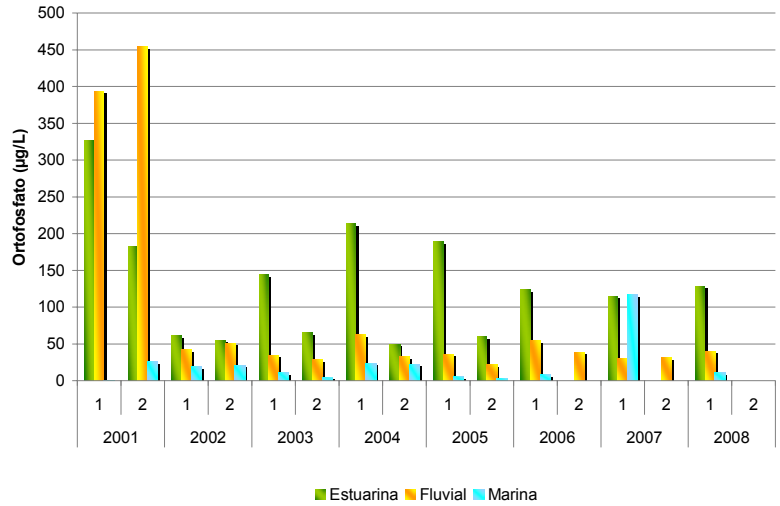


Figura 4.6.2-3. Comparación histórica de las concentraciones de ortofosfato en las aguas costeras del departamento de Atlántico.

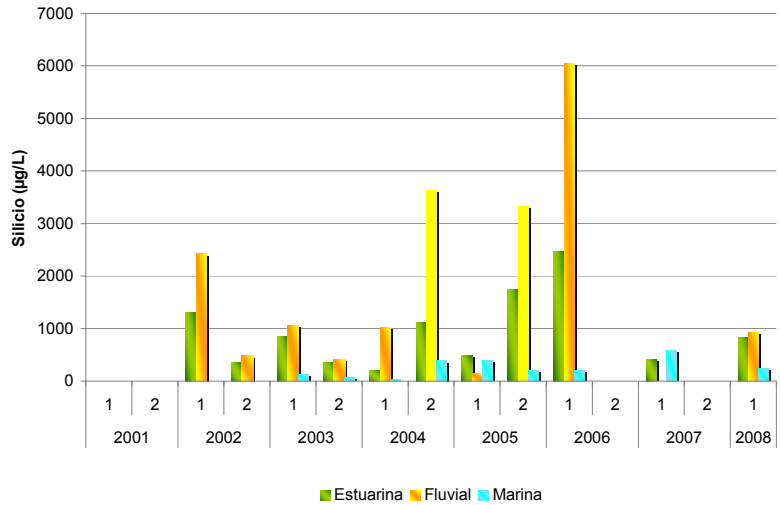


Figura 4.6.2-4. Comparación histórica de las concentraciones de silicio en las aguas costeras del departamento de Atlántico.

Oxígeno disuelto.

Para el primer muestreo del 2008, las concentraciones del oxígeno superficial tanto en las aguas marino-estuarinas como fluviales estuvieron por encima de los 4 mg/L (Figura 4.6.2-5). Todas las estaciones presentaron concentraciones por encima de los 4 mg/L (Decreto 1594 de 1984). Con base en los promedios presentados, se puede decir que las aguas costeras del departamento del Atlántico

presentaron buenas condiciones generales de aireación y oxigenación, durante el primer muestreo del 2008, que ayudan en los procesos de degradación de la materia orgánica que el río Magdalena descarga.

Los promedios de los muestreos de años anteriores, mostraron una tendencia a la disminución del oxígeno disuelto en las aguas del río Magdalena, que entre los años 2003 y 2005 influyo sobre las aguas marinas. En los dos últimos años, esa influencia ha disminuido (Figura 4.6.2-5).

#### Valor del pH.

Los valores del pH de las aguas costeras del departamento del Atlántico durante el primer muestreo del 2008, fueron de 8,1 para las marinas, 8,0 para las estuarinas y de 7,3 para las fluviales (Figura 4.6.2-6). Las estaciones que presentaron bajos valores de pH fueron la Boca del Canal del Clarín y frente a la base Naval, las dos en el río Magdalena (7,3 y 7,6 respectivamente). Los contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos, son los principales responsables de los pH, menores a 7,5 en las aguas continentales, pero los vertimientos de aguas residuales y sus contenidos de muchas sustancias de uso en la vida moderna pueden generar acidez de ellas (Farreras, 2006).

El promedio del pH durante los muestreos de años anteriores, mostró que el río Magdalena presentó fluctuaciones en los promedios de este parámetro (entre 6,5 y 7,5) y su influencia se registra sobre las aguas estuarinas (Ciénaga de Mallorquín). En las aguas marinas, el promedio ha sido estable alrededor de 8 durante todos los muestreos realizados (Figura 4.6.2-6).

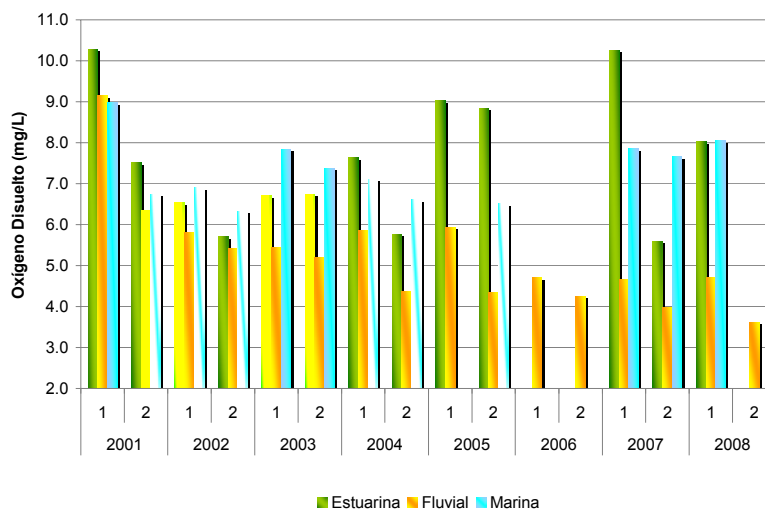


Figura 4.6.2-5. Comparación histórica del oxígeno disuelto en las aguas costeras del departamento de Atlántico.

#### Salinidad

La salinidad de las aguas marino-costeras, presentó valores promedios normales durante el primer muestreo del año 2008 con 36,0 para las marinas 22,0 para las estuarinas y 0,1 para las fluviales (Figura 4.6.2-7). Son registros típicos de salinidad en el departamento del Atlántico que muestran a la salinidad como un parámetro que se conserva estable en el tiempo de muestreo (INVEMAR, 2008).

Los registros históricos refuerzan el argumento de la estabilidad de este parámetro se comporta con estabilidad durante los muestreos realizados. En el caso de las aguas marinas, los promedios de salinidad han estado entre 30,6 y 36,1; en las estuarinas la salinidad fluctuó entre 1,5 y 48,5 (Figura

4.6.2-7), son las que presentan mayor variación por que esta aguas son influidas por las aguas marinas y las fluviales.

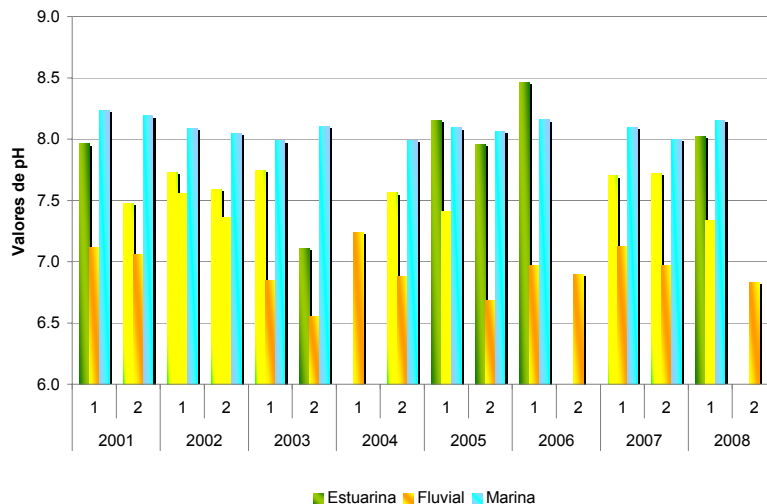


Figura 4.6.2-6. Comparación histórica de los valores del pH en las aguas costeras del departamento de Atlántico.

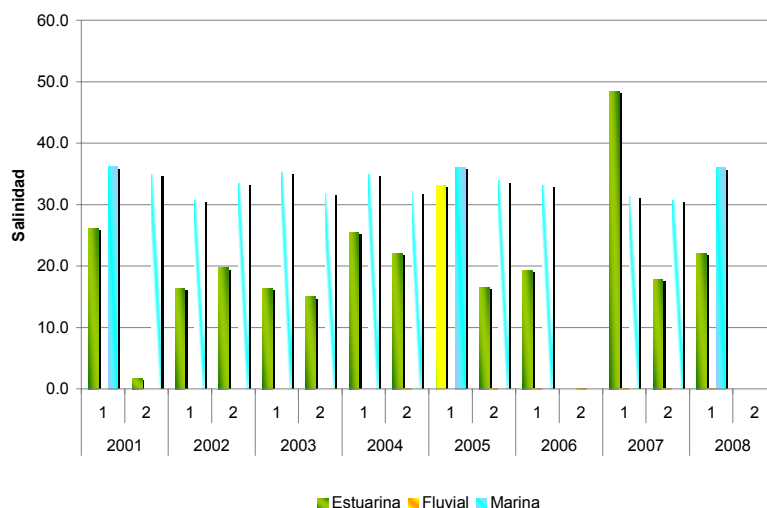


Figura 4.6.2-7. Comparación histórica de la salinidad en las aguas costeras del departamento de Atlántico.

### Sólidos en suspensión

Las concentraciones de los sólidos en suspensión, durante el primer muestreo del 2008 han estado en 0,12 mg/L en las aguas marinas, 0,2 mg/L en aguas estuarinas y 216,2 mg/L en las fluviales (Figura 4.6.2-8). Las estaciones ubicadas en el Río Magdalena fueron las de mayor concentración, por las características naturales de este cuerpo de agua (INVEMAR, 2008).



Las mayores concentraciones promedio de sólidos en suspensión, se han calculado en las aguas del río Magdalena durante el primer muestreo del 2002 (472 mg/L), con su influencia sobre las aguas estuarinas y en menor proporción sobre las marinas (Figura 4.6.2-8).

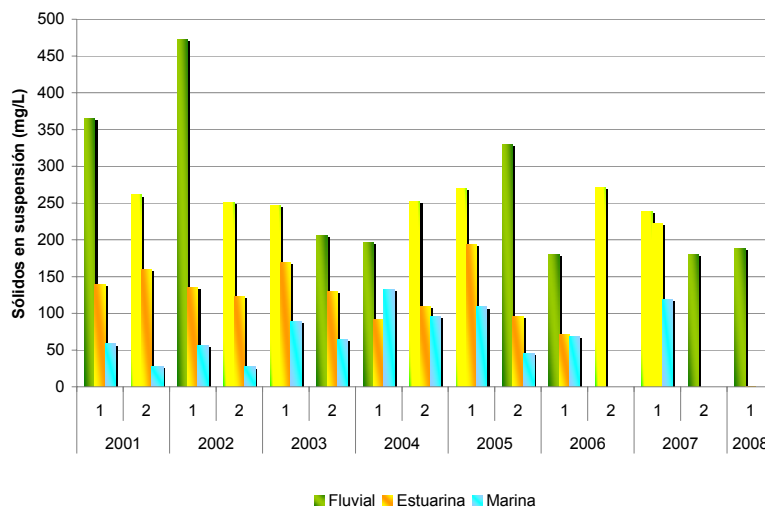


Figura 4.6.2-8. Comparación histórica de las concentraciones de los sólidos en suspensión, para las aguas costeras del departamento de Atlántico.

### 4.6.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

#### Hidrocarburos

Los riesgos de contaminación por hidrocarburos en la zona costera del Atlántico se fundamentan en las actividades en torno a uno de los principales puertos marítimos y fluviales del país, al impacto generado por la actividad industrial de los municipios de Barranquilla, Soledad y Malambo, así como al vertimiento de sus aguas servidas. Barranquilla es la ciudad costera más grande e industrializada del Caribe colombiano pero su problemática ambiental en relación con los ecosistemas marinos ha sido poco sustentada, tal vez porque no se encuentra asociada directamente a una bahía o cuerpo de agua cerrado, donde los impactos serían más evidentes. Sin embargo, sus descargas de desechos industriales y de aguas negras 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).

Algunos estudios realizados en el departamento reportaron concentraciones de 0,24 –2,16 µg/L en las playas de Puerto Colombia (Garay *et al.*, 1992); y valores de 36,25 µg/L en la zona del río Magdalena en el año 95. Esto refleja el riesgo al cual está sometida la zona costera. Aunque en la actualidad la situación es más favorable ambientalmente ya que se presenta una disminución de dichas concentraciones. A continuación se presenta una síntesis de los resultados hallados basado en los rangos de concentración para cada monitoreo (Figura 4.6.3-1).

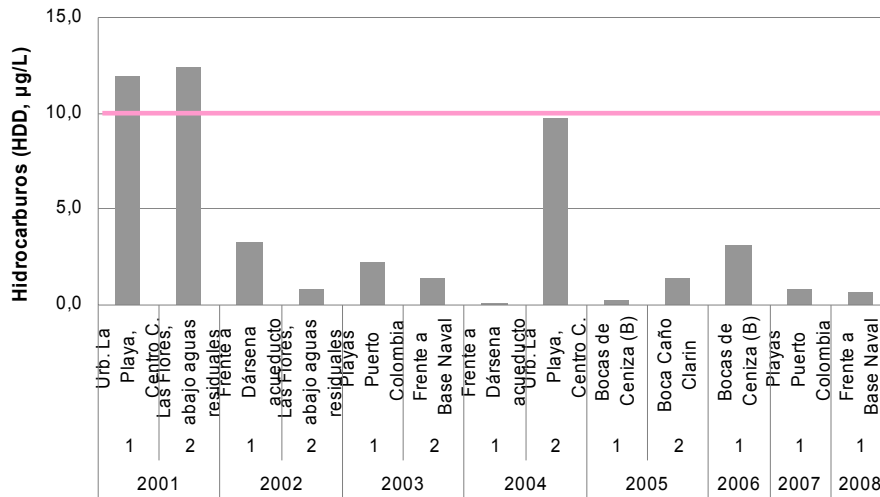


Figura 4.6.3-1. Rangos de variación de las concentraciones de hidrocarburos en aguas para cada monitoreo.

**2001:** Las concentraciones de HDD registradas durante la época seca variaron entre 1 y 20 µg/L. Los mayores valores se localizaron en la zona marina frente a Barranquilla y el balneario de Santa Verónica, al parecer debido al tráfico marítimo. En la época húmeda todos los valores incrementaron y permanecieron en un rango de 5 a 30 µg/L. Todas las estaciones localizadas frente a Barranquilla y en la desembocadura del río Magdalena sobrepasaron el valor máximo permisible de 10 µg/L (UNESCO, 1984; Atwood *et al.*, 1988), como consecuencia del desarrollo industrial del municipio, que implica el uso, manejo y evacuación de hidrocarburos. El mantenimiento de maquinaria pesada, la industria metalmeccánica, el cambio de aceite de automóviles, entre otras, son actividades que originan desechos oleosos que van a las alcantarillas y de ahí directamente al mar, aunado al tráfico de motonaves de gran calado y de cabotaje en el puerto marítimo sobre la margen izquierda del río Magdalena.

**2002:** Los resultados para el primer semestre muestran una disminución en la presión sobre el medio, los valores encontrados no sobrepasan un máximo de 3,25 µg/L (detectado sobre las aguas del río Magdalena y su desembocadura). Se registra una alta frecuencia de muestras cuya concentración es mayor a 1,0 µg/L, ratificando una situación de riesgo para la zona costera del departamento con respecto a estas sustancias. En la época húmeda las concentraciones fueron mucho menores y no superaron los 0,82 µg/L, lo que representó una disminución significativa para estos contaminantes. En el sector sur las concentraciones son bajas y no representan contaminación para el medio ambiente.

**2003:** El valor máximo registrado fue de 2,35 µg/L para la época seca. Los resultados del 2002 –2003 exhiben un ligero aumento en el rango durante esta época que descendió cuando llega la temporada húmeda, como ocurrió en el 2002, indicando que las concentraciones están sometidas a efectos de dilución y que la procedencia puede ser terrestre. En **2004:** El valor máximo de estos contaminantes fue de 0,12 µg/L (Frente a la Dársena). En la época húmeda los valores aumentaron levemente pero fueron menores a 0,5 µg/L, excepto en la estación *Urbanización la Playa* en la Ciénaga de mallorquín (9,74 µg/L). **2005:** Las concentraciones disminuyen significativamente registrando valores máximos de 0,24 y 0,28 µg/L en las estaciones *Boca Caño Clarín* y *Bocas de Ceniza* en el río Magdalena. **2006:** la concentración más alta fue hallada en *Bocas de Ceniza* (3,1 µg/L). En el **2007** y **2008:** las concentraciones no superan el 1,0 µg/L, la concentración más alta fue de sólo 0,64 µg/L (*base naval*); demostrando condiciones ambientalmente favorables.

En este departamento se han observado mejorías en la calidad de sus aguas con respecto a los niveles de hidrocarburos y una tendencia general de las concentraciones de HDD a seguir disminuyendo (Figura 4.6.3-2). En el 2001 la mayoría de las estaciones presentaban un riesgo alto de contaminación (>10,0 µg/L), actualmente las concentraciones son menores a 1 µg/L, lo que indica riesgo bajo. Desde el 2002,

en el sector sur, la mayoría de estaciones presentan concentraciones inferiores a 1,0 µg/L indica también, un riesgo bajo de contaminación. En el tramo final del río Magdalena, que está expuesto directamente a las descargas industriales y domésticas de Barranquilla, también se ha observado reducción en las concentraciones.

El análisis de la información colectada muestra un efecto sobre las concentraciones de HC relacionado con la época climática: las concentraciones incrementan al pasar de la época seca a la lluviosa. Este hecho puede significar que la mayoría de los residuos de HDD en el ambiente provienen del continente a causa de las escorrentías. Igualmente, las estaciones del sector del río Magdalena presentan las mayores concentraciones (1,5 ±2,8 µg/L), a causa de las aguas servidas de la ciudad de Barranquilla y la actividad marítima.

El comportamiento similar de las concentraciones de hidrocarburos en aguas fluviales, estuarinas y marinas del departamento (Figura 4.6.3-2) es otro factor que hace suponer que el origen de hidrocarburos en el medio marino es debido principalmente a escorrentías continentales. En general, por esta razón el sector del río Magdalena tiene la concentración promedio más alta de los tres sectores del departamento (Tabla 4.6.3-1).

La Figura 4.6.3-3 presenta las estaciones *Boca Caño Clarín*, *playa Puerto Colombia* y *Urb. La Playa* en ellas se han determinado las mayores concentraciones de hidrocarburos aunque de manera muy variable. Las concentraciones han estado por debajo del valor de referencia, excepto para la *Urb. La Playa*, debido a que el sitio de monitoreo corresponde a un centro suburbano localizado en la *Ciénaga de Mallorquín*, donde sus habitantes realizan operaciones de pequeñas embarcaciones y descargue directo de aguas residuales en un cuerpo de agua confinado.

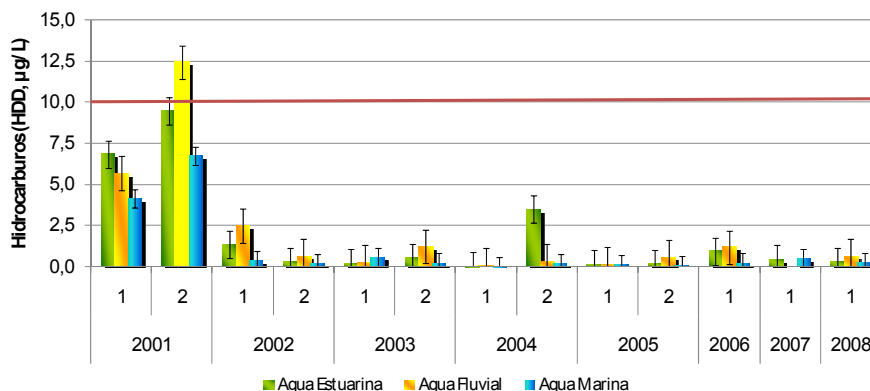


Figura 4.6.3-2. Comportamiento de las concentraciones de hidrocarburos en las aguas marinas, estuarinas y fluviales del Atlántico.

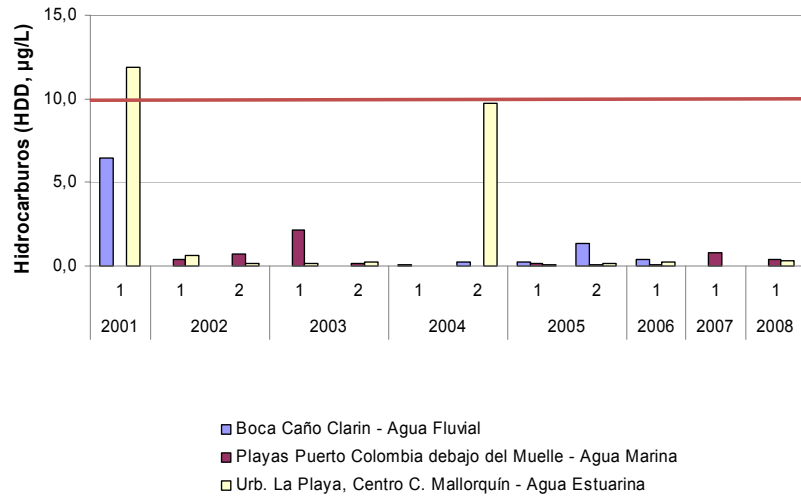


Figura 4.6.3-3. Comportamiento de las concentraciones de hidrocarburos en las estaciones Boca Caño Clarín (fluvial), playa puerto. Colombia (marina) y Urb. La Playa (estuarinas).

### Plaguicidas

El PNUMA (1994), en su informe técnico No. 34 (Perspectiva regional sobre las fuentes de contaminación de origen terrestre en la Región del Gran Caribe), reseña que entre 1972-1774 y 1982-1984 se aplicaron en Colombia 35444 toneladas métricas de plaguicidas, que corresponde al 25 % del total aplicado regionalmente por 14 países del Gran Caribe, y se sugiere que gran parte de este material tóxico antropogénico es descargado al Río Magdalena por sus tributarios primarios, siendo finalmente introducido al Mar Caribe.

Existen escasos estudios en Colombia sobre la naturaleza, volumen y destino de los residuos de plaguicidas que realmente se descargan al Río Magdalena, así como los niveles en agua y especies vivas. En el estudio realizado por Cala y Sodergren (1999), de 20 especies de peces del Río Magdalena se detectaron residuos de plaguicidas organoclorados en 10 especies, con rangos de concentración (ng/g de lípidos) en músculo de 20-1060 para heptacloroepóxido, 20-620 para HCH total y 55-10700 para DDT total; los mayores niveles de organoclorados fueron encontrados en muestras recolectadas en la parte media y baja del río, revelando el mayor impacto en estos sectores.

A continuación se presenta una descripción temporal basada en los rangos de concentración de plaguicidas organoclorados (Figura 4.6.3-4):

**1995-2000:** Existen algunos registros altos determinados en aguas del río Magdalena de 87 ng/L de OC, lo cual hace que los valores promedios durante este periodo sean los más altos. Barranquilla, gracias a su desarrollo económico se constituye en fuente de contaminantes debido a la actividad industrial de la vía 40, la zona Franca y las descargas domésticas de la ciudad en diferentes puntos a través de caños (Steer *et al*, 1997). Históricamente este conjunto de factores han conducido a valores altos tanto de OCT y HDD (Figura 4.6.3-5).

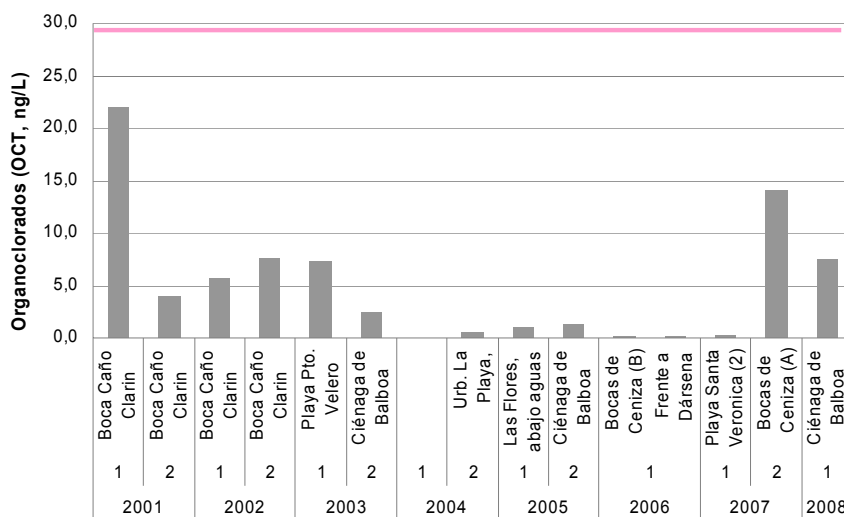


Figura 4.6.3-4. Rangos de variación de las concentraciones de organoclorados en aguas para cada monitoreo.

**2001:** Se detectó la presencia de plaguicidas en la totalidad de la zona costera del departamento y tramo final del río Magdalena. En época seca se presentan valores entre los 3 y 10 ng/L en la zona industrial de Barranquilla sobre el río Magdalena. Para las demás estaciones, los niveles de OC son inferiores a 3 ng/l. lo cual indica que los niveles de OC pueden ser debidos a la actividad doméstica y al sector industrial. En la época húmeda, todos los valores descienden a menos de 3 ng/l incluyendo la zona industrial.

**2002:** se registró únicamente la información de la estación *Boca de Caño Clarín* (5,6 y 5,7 ng/L) en las dos épocas. En **2003:** el primer semestre del año presentó una situación más favorable ambientalmente, todos los valores registrados fueron inferiores a 1 ng/L a excepción del reporte de *Puerto Veleo* (7,0 ng/L). En septiembre las concentraciones no sobrepasaron los 2,4 ng/L (*ciénaga Balboa*), lo cual evidencia un menor aporte de estas sustancias hacia el mar. **2004:** Todas las estaciones monitoreadas presentaron concentraciones inferiores al límite de detección; excepto la estación *Urb. La Playa*, en la ciénaga de Mallorquín donde se detectaron algunas trazas de DDT (0,6 ng/L). **2005:** Los niveles detectados son muy bajos (< 1,0 ng/L), pero aún siguen apareciendo trazas especialmente de isómeros del DDT. **2006 y 2007:** las concentraciones permanecen indetectables salvo las del río Magdalena (0,3 ng/L). Durante el segundo semestre se detecta un aumento en un rango que va hasta 14,1 ng/L registrado en *Bocas de Ceniza*. En el **2008:** las concentraciones se mantiene bajas con un valor máximo de 7,49 ng/L (*Ciénaga de Balboa*).

Actualmente las concentraciones de OC en todas las estaciones monitoreadas son bajas (<10 ng/L) y del mismo orden de magnitud a la registradas en los primeros años del proyecto, los suelos pueden estar drenando sustancias que fueron hace tiempo aplicadas, razón por la cual en muchas de las muestras recolectadas ya no se detectan, como se presentó entre el 2004 y 2006. En la actualidad existe un incremento en las concentraciones pero siguen estando por debajo del valor de referencia.

La Figura 4.6.3-5 muestra las concentraciones por tipo de agua, en ella se observa que las aguas fluviales son la principal fuente de compuestos OC, al presentar las concentraciones más altas durante la mayoría del proyecto. Situación que se asocia al escurrimiento de plaguicidas proviene desde la cuenca del río Magdalena. Por esto, de los tres sectores el del río Magdalena presente el promedio más alto de organoclorados en el departamento ( $2,14 \pm 4,3$  ng/L, Tabla 4.6.3-1). Sin embargo, aunque el río Magdalena recorre de sur a norte gran parte del territorio nacional, con todo lo que ello significa (entrada de sustancias tóxicas por recorrer zonas industriales, agrícolas y residenciales). El caudal del río está cumpliendo con el papel de servir de disposición final para la mayoría de aguas residuales de nuestro país. Lo que respecta a OC los 8.000 m<sup>3</sup>/s de flujo están permitiendo la dilución de estas sustancias a concentraciones cercanas a los límites de detección de las técnicas analíticas.

En la actualidad (2008) las concentraciones son <8,0 ng/L muy por debajo del valor de referencia (30 ng/L) lo cual representa que no existe riesgo de contaminación por OC, el descenso en las concentraciones registrado en esta década, se debe básicamente a las prohibiciones en el uso y comercialización de compuestos clorados.

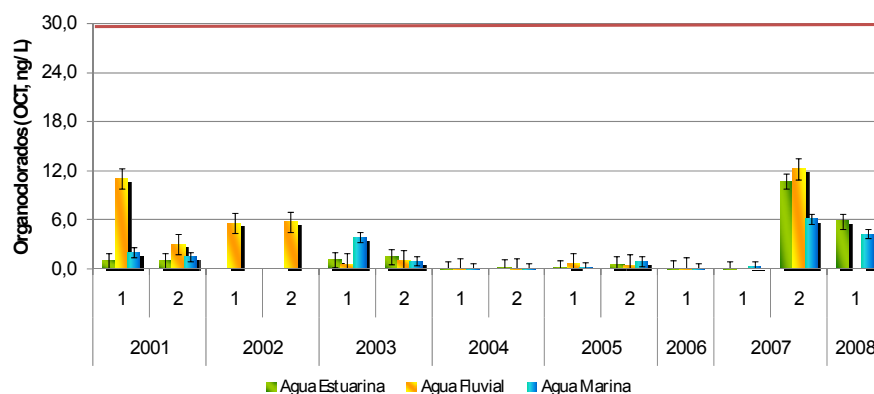


Figura 4.6.3-5. Comportamiento de las concentraciones de plaguicidas organoclorados en aguas marinas, estuarinas y fluviales del Atlántico.

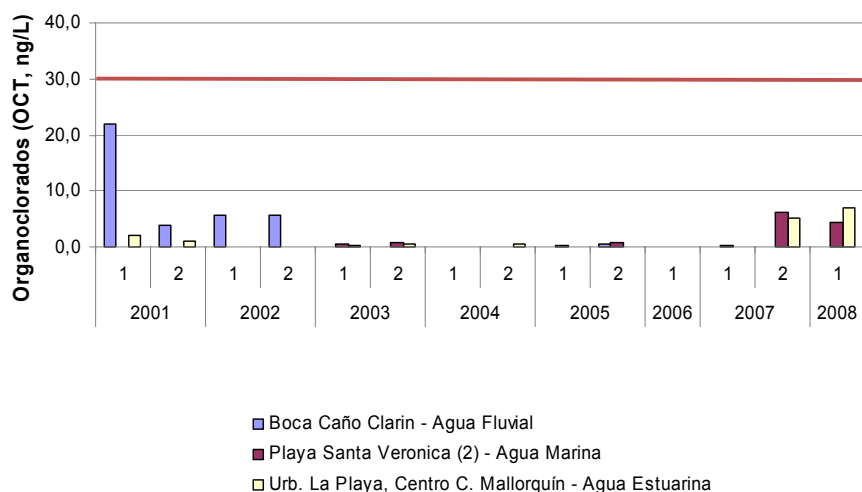


Figura 4.6.3-6. Comportamiento de las concentraciones de organoclorados en las estaciones Boca Caño Clarín (fluvial), playa Santa Verónica (marina) y Urb. La Playa (estuarinas).

Tabla 4.6.3-1. Resumen estadístico de las concentraciones de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas del Atlántico.

Parámetro	Sector Norte		Sector sur		Río Magdalena	
	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)
Máx.	10,50	34,00	11,15	12,90	12,40	22,00
Mín.	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
Prom.	0,97	1,95	1,21	2,04	1,46	2,14
Mediana	0,22	0,52	0,27	0,70	0,43	0,35
STDDV	2,29	4,37	2,61	3,00	2,84	4,25
num.	22	10	45	29	49	39

#### 4.6.4 Contaminación Microbiológica

Los principales aportes de contaminación microbiana fecal a la zona costera del departamento han sido realizados históricamente a través del Río Magdalena. A lo largo del tributario, se encuentran ubicadas las estaciones con niveles más altos de Coliformes totales en los ocho años de monitoreo, con un rango entre 24.000 – 1.300.000 NMP/100 ml: Las Flores, Frente Base Naval, Frente a Darsena y Bocas de Ceniza. Durante el segundo semestre del 2007 se registraron los niveles más altos de Coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) en la historia del departamento, en la estación ubicada en Frente de la Base Naval con un valor de 1.300.000 NMP/100 ml y 790.000 NMP/ 100 ml, respectivamente. El Río Magdalena constituye una fuente directa de contaminación al Mar Caribe, ya que recibe el 70 % de los residuos industriales y domésticos del País con una carga de  $14 \times 10^{13}$  NMP de CTE por día (Marín *et al.*, 2004).

La calidad sanitaria de las playas es evaluada a través de tres grupos de microorganismos indicadores, CTT, CTE y Enterococos fecales (EFE). En este contexto, el 100% de los balnearios del departamento presentó concentraciones admisibles de CTT y CTE para actividades de recreación en el periodo comprendido entre segundo semestre del 2007 y el primer semestre del 2008. En relación con los EFE, sólo la estación Playas de Puerto Colombia (210 UFC/ 100 ml) sobrepasó los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud para actividades de contacto primario (OMS, 2003; Tabla 4.6.4-1). En otra instancia, la zona estuarina de Centro Ciénaga Mallorquín presentó en el II-2007 valores de CTT por encima de los límites establecidos en la legislación colombiana para actividades de pesca con una concentración de 7.900 NMP/100 ml (MinAgricultura, 1984).

Tabla 4.6.4-1. Calidad sanitaria de las playas del Atlántico en el segundo semestre del 2007 y primer semestre del 2008 de acuerdo a los criterios de la legislación colombiana (CTE>200 NMP /100 ml) y la Organización Mundial de la Salud (EFE> 40 UFC/ml) para aguas de contacto primario.

<b>Playas</b>	<b>II -2007</b>	<b>I- 2008</b>
Playa Caño Dulce		
Playa Santa Veronica		
Playas de Salgar		
Playas Puerto Colombia		
Playa Pradomar		

Verde: Apta, Naranja; No apta

#### 4.6.5 Metales pesados

En la Figura 4.6.5-1, se presentan las concentraciones promedio de cadmio en las aguas costeras (estuarinas, fluviales y marinas) del departamento del Atlántico. Cabe resaltar que para el 2007, el monitoreo en este departamento se limitó al muestreo de solo algunas de las estaciones con carácter estuarino y marino; debido a inconvenientes técnicos presentados en la logística de esta actividad

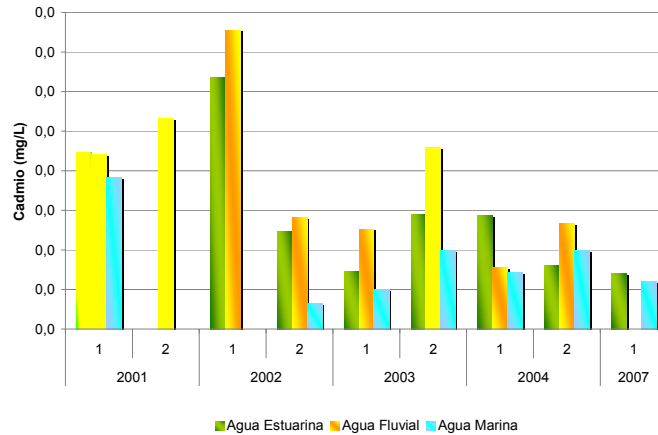


Figura 4.6.5-1. Concentraciones promedio de cadmio en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento del Atlántico

Cadmio

Se observó que las concentraciones de cadmio disminuyeron hacia el 2007, reportando valores promedio entre 0,6 µg/L en playa Salgar y 0,7 µg/L. Así mismo, para este metal se ha observado a través del tiempo que su tendencia ha sido en disminuir, presentado ligeros aumentos en determinadas épocas en particular, es el caso de las épocas lluviosas de 2003 y 2004. Se observa además, excepto por la época seca del 2004, que los promedios más altos para cadmio en casi todos los años se presentaron en aguas con características fluviales. Para las aguas marinas se reportaron los promedios más bajos. Los resultados obtenidos hasta el 2007 muestran que las concentraciones de cadmio permanecen en rangos que se pueden considerar inocuos, dado que en todos los casos, los valores promedios estuvieron por debajo de los límites establecidos en la legislación Ambiental de Brasil (Resolución CONAMA N° 20 de 18 de junio de 1986) para diferentes tipos de aguas: Estuarinas (5,0 µg/L), Marinas (5,0 µg/L) y Fluviales (1,0 µg/L).

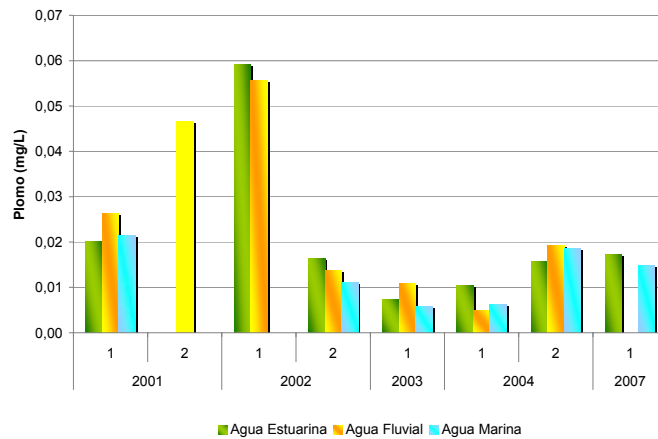


Figura 4.6.5-2. Concentraciones promedio de plomo en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento del Atlántico

Plomo

En el 2007 se presentaron concentraciones promedio que oscilaron desde 6,7 µg/L a 23,0 µg/L, estos valores se reportaron en las estaciones de playas de Salgar y Playa de Santa Verónica (2) respectivamente. Durante los cinco años, la concentración promedio mas baja corresponde con el



registro en la estación de Base Naval (2,3 µg/L), en tanto que la mas alta registró para la estación de Frente Dársena (62,2 µg/L). De manera general, los resultados han podido mostrar que los valores de plomo, después del notable incremento registrado durante el periodo de secas del 2002, han tendido a disminuir, manteniendo las concentraciones promedio por debajo de 20,0 µg/L. Paralelamente, según la Figura 4.6.5-2 los valores de plomo han tendido a ser mayores para las aguas fluviales excepto, en el periodo lluvioso de 2002, durante el cual registraron disminución, al compararlos con los promedios hallados para aguas marinas y estuarinas.

De acuerdo a los criterios establecidos por la legislación CONAMA de Brasil para aguas estuarinas, marinas y fluviales, las concentraciones de plomo reportadas hasta la fecha en aguas costeras del departamento y con iguales características, superan los valores máximos permisibles de la norma que ha sido empleada como referencia para evaluar la calidad de las aguas de este departamento, es decir están por encima de 1,0 µg/L, valor establecido para aguas estuarinas, de 50 µg/L para aguas marinas y 30 µg/L en aguas fluviales.

Cromo

El cromo presento durante el 2007, concentraciones que variaron entre 0,1 µg/L y 4,20 µg/L. Estos valores de observaron en las estaciones de Playa Salgar y Ciénaga de Mallorquín respectivamente. A lo largo de los cinco años de muestreo se ha observado que las concentraciones de cromo han sido variables entre años y para los diferentes tipos de aguas, y no se presenta un comportamiento temporal homogéneo. Es valido destacar los altos valores de cromo en aguas estuarinas durante el periodo de secas de 2001 y su posterior descenso en los años siguientes. Para este metal, la concentración promedio mas baja se reporta en aguas marinas durante el periodo seco de 2003 y la más alta en aguas estuarinas en el 2001. Se observa además para las aguas costeras de este departamento que el promedio general mas alto se presentó para aguas fluviales si se compara con los promedios generales anuales en las aguas estuarinas y marinas. Los valores de cromo en aguas costeras de este departamento no superaron en ningún caso, los valores máximos permisibles establecidos por la norma de referencia: 50,0 µg/L para todos los tipos de aguas.

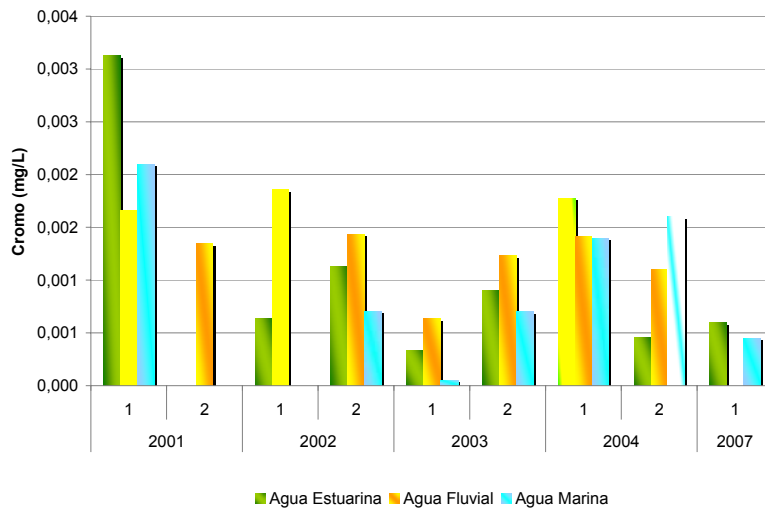


Figura 4.6.5-3. Concentraciones promedio de cromo en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento del Atlántico

Según señalan algunos autores, los ríos se constituyen en los principales vehículos de transporte de contaminantes acuáticos hacia el medio marino, especialmente de metales pesados (Zhang et al., 1992) las aguas costeras del departamento de Atlántico no han sido ajenas a esta problemática, dado que los mayores reportes para estos contaminantes corresponden a las estaciones que se localizan sobre el margen del río Magdalena. Es importante recordar que este río recorre prácticamente todo el país de sur a norte y se constituye en el sistema receptor y conductor de alrededor de un 70% de los desechos de origen tanto industrial como doméstico del país.

**4.6.6 Evaluación de la calidad del agua utilizando indicadores.**

Todos los balnearios y aguas costeras del Atlántico, presentaron “excelente” calidad para su uso por contacto primario (Figura 4.6.6-1a).

De acuerdo al índice de calidad para las aguas marinas y estuarinas, calculado para el primer muestreo del 2008, y para su uso como preservación de flora y fauna (Figura 4.6.6-1b), las aguas costeras presentaron excelente calidad a pesar de la fuerte influencia de las aguas del río Magdalena, que arrastran gran cantidad de material de desecho.

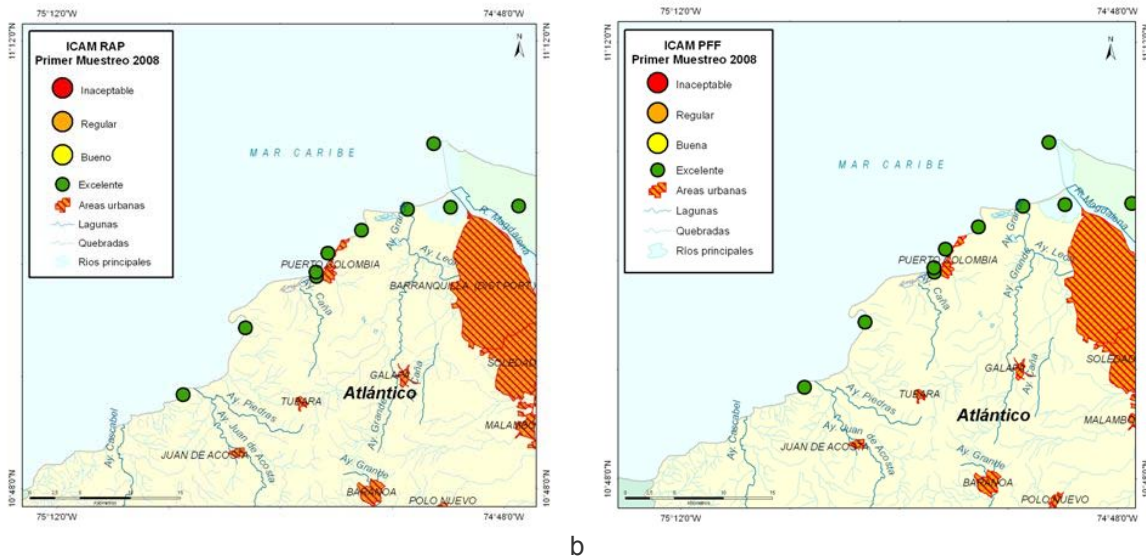


Figura 4.6.6-1. Representación gráfica del indicador de calidad de aguas marinas y estuarinas en la época seca de 2008. a) Actividades recreativas, náuticas y playas - RAP y b) Preservación de flora y fauna – PFF.

#### 4.6.7 Conclusiones

El Río Magdalena influye la mayor parte de la zona costera del departamento, siendo fuente de nutrientes inorgánicos, sólidos en suspensión y otros materiales que se depositan a lo largo de la costa. La Ciénaga de Mallorquín, tanto por influencia del río como de los asentamientos humanos en sus riveras, es la que presenta condiciones de aumento en sus aguas estuarinas.

Desde el 2002 el departamento del Atlántico presenta mejoría en la calidad de sus aguas con respecto a los niveles de HDD; y actualmente las concentraciones son menores a 5 µg/L categorizando sus aguas costeras y estuarinas como de riesgo bajo por contaminación con HC.

El impacto por plaguicidas organoclorados cada vez es menor y las concentraciones mantienen la tendencia de disminuir en el tiempo a niveles indetectables, gracias a las restricciones. Sin embargo, en la actualidad se observa un aumento en las concentraciones pero se mantienen por de abajo del valor de referencia (30 ng/L) y no representan mayor riesgo para el medio acuático.

Durante el año de evaluación se presentó la mayor concentración de Coliformes totales y termotolerantes registrados en la historia del departamento, en la estación ubicada frente a la Base Naval.

El 100 % de las playas evaluadas presento calidad sanitaria adecuada, de acuerdo a los niveles de Coliformes termotolerantes establecidos en la normatividad Colombiana.



# BOLÍVAR



Bahía de Cartagena



Playas de Marbella



## 4.7 BOLIVAR

### 4.7.1 Estaciones de Muestreo

En Bolívar actualmente la Corporación autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE) está monitoreando 29 estaciones de muestreo en aguas marinas y estuarinas para evaluar las condiciones del recurso hídrico de la zona costera, el sector de Ciénaga de la Virgen lo realiza la EPA Cartagena pero no tiene un seguimiento sistemático de los parámetros de calidad de aguas que permitan conocer las variaciones del ecosistema (Figura 4.7.1-1).

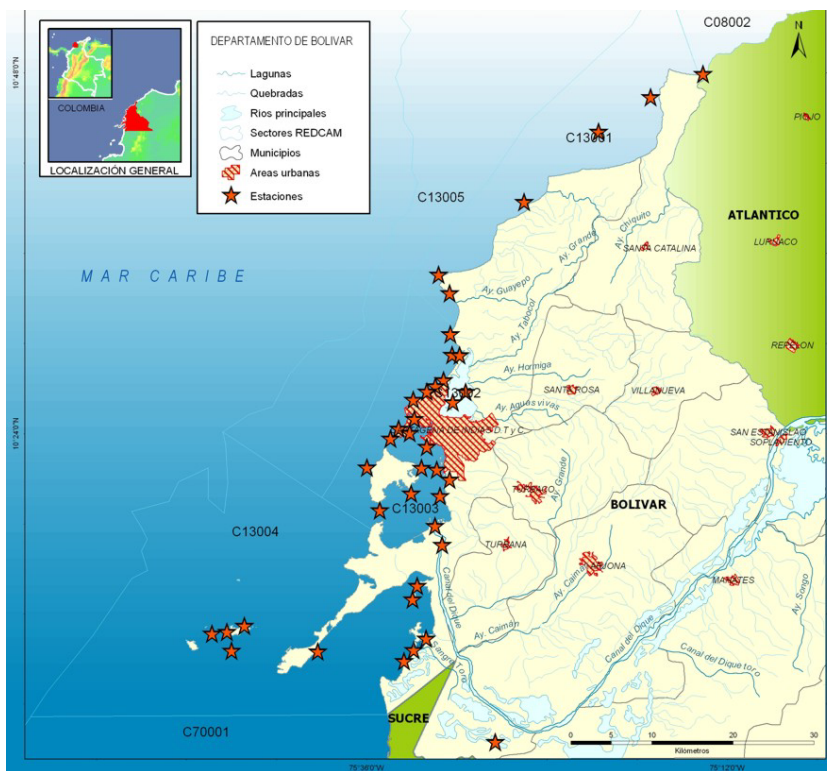


Figura 4.7.1-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de Bolívar.

### 4.7.2 Variables fisicoquímicas

#### Amonio

Las concentraciones promedio de amonio para el primer muestreo (época seca) de 2008 fueron de 146  $\mu\text{g/L}$  para aguas marinas, 191,7  $\mu\text{g/L}$  en estuarinas y 110  $\mu\text{g/L}$  en fluvial (Figura 4.7.2-1). Las estaciones con los valores más altos fueron *Boya Roja Frente a CORELCA* (460  $\mu\text{g/L NH}_4$ ), *Boya Verde # 41* (430  $\mu\text{g/L NH}_4$ ) y la desembocadura del Caño Correa (400  $\mu\text{g/L NH}_4$ ). Históricamente por los caños y la bahía interna de Cartagena se han registrado niveles de amonio superiores a 400  $\mu\text{g/L}$ , influidos por descargas de aguas residuales (mayores a 100  $\mu\text{g/L}$ ), que representan un riesgo para el uso de preservación de flora y fauna (Decreto 1594/1984; Begon *et al.*, 2006). Lo evolución del monitoreo muestran que los años 2001, 2003 y 2004 registraron los valores más altos en el agua fluvial particularmente por la presencia del Canal del Dique (Figura 4.7.2-1).

Las concentraciones del ión parecen estar influidas por las descargas de aguas residuales (mayores a 100 µg/L), lo que representa un riesgo para las especies costeras ubicadas en aguas para destinación y uso de la preservación de flora y fauna (según el decreto 1594/1984; Begon *et al.*, 2006).

Históricamente los registros promedios del ion amonio en las aguas costeras del departamento de Bolívar, han sido altos; los aportes del Canal del Dique y de otros cuerpos de aguas continentales, son la fuente principal y afectan las aguas estuarinas y marinas. Estos registros son los de mayores concentraciones medidas, por lo que es deseable un análisis profundo de las causas e iniciar propuestas para disminuir esta amenaza a los ambientes marinos.

La legislación asiática (EPD, 2003), presenta el valor de 70 µg/L de amonio como el máximo en aguas marinas y estuarinas para la conservación de la flora y fauna. Comparado con los promedios actuales o históricos del departamento, es necesario iniciar acciones que disminuyan las concentraciones de amonio en las aguas costeras.

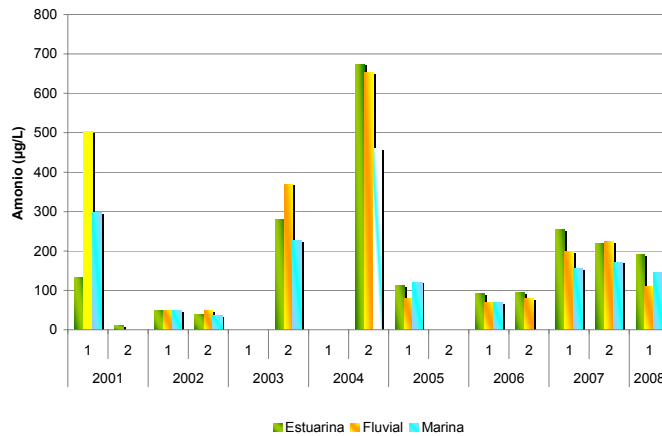


Figura 4.7.2-1. Comparación histórica de amonio promedio (µg/L) en aguas costeras de Bolívar.

Nitratos

En época seca 2008 las estaciones con mayor concertación de nitratos fueron el Canal del Dique con 458,7 µg/L, desembocadura Canal del Dique con 469,9 µg/L y Caño Lequerica (200 µg/L). La Figura 4.7.2-2 muestra que en todos los muestreos el agua fluvial registró los niveles más altos con algunos valores por encima de 200 µg/L NO<sub>3</sub>, especialmente en la época seca de 2005, 2006 y 2007; excepto para el 2001 que registró el máximo en época de lluvias (1200 µg/L NO<sub>3</sub>). Los ríos son una fuente natural de nitratos por los procesos de degradación de materia orgánica y también las escorrentías por el arrastre que hacen desde las áreas de producción agrícola llegando finalmente a los caños y a la zona costera.

Los datos históricos de nitrato en las aguas costeras, indican los continuos aportes desde el continente al mar (registros mayores a 200 µg/L; Figura 4.7.2-2), que según la legislación asiática esta por el encima del valor de referencia (60 µg/L), para la preservación de sus condiciones naturales.



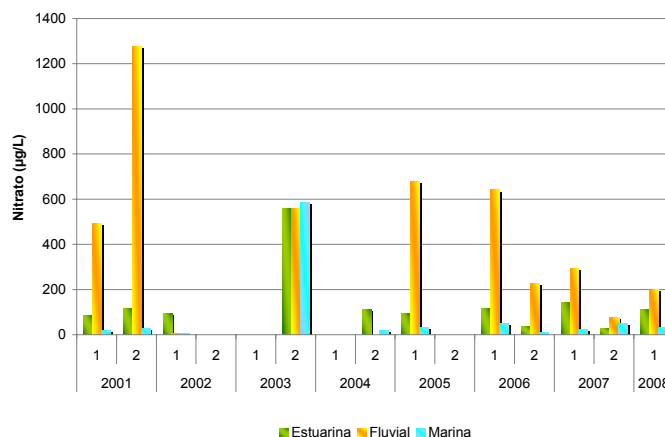


Figura 4.7.2-2. Comparación histórica de nitrato promedio (µg/L) en aguas costeras de Bolívar.

Ortofosfatos.

El fósforo inorgánico en el primer muestreo de 2008 presentó un promedio de 65 µg/L en aguas marinas, 14,8 µg/L en estuarinas y 5,0 µg/L en los ríos (fluviales). El mayor valor se registró en el Canal del Dique con 180 µg/L PO<sub>4</sub>, seguido de las estaciones en Punta Canoa y frente a Isla Arena. Es el tercer registro en esta estación que sobre pasa los 100 µg/L (INVEMAR, 2008). Durante el monitoreo (2001-2008) los máximos promedios se encontraron en aguas fluviales (Figura 4.7.2-3) influidos por la presencia del canal del Dique y los caños que desembocan en la bahía de Cartagena en época seca 2002 y 2006, pero también registraron niveles promedio superiores a 100 µg/L PO<sub>4</sub> en época lluviosa de 2003 y 2007.

La revisión de los promedios de la concentración de fósforo en aguas de la zona costera del departamento de Bolívar, muestran tendencia a la disminución pero sus valores se consideran altos al compararse con la referencia de la legislación de Asia (15 µg/L en aguas marinas y 45 en las estuarinas; EPD, 2003).

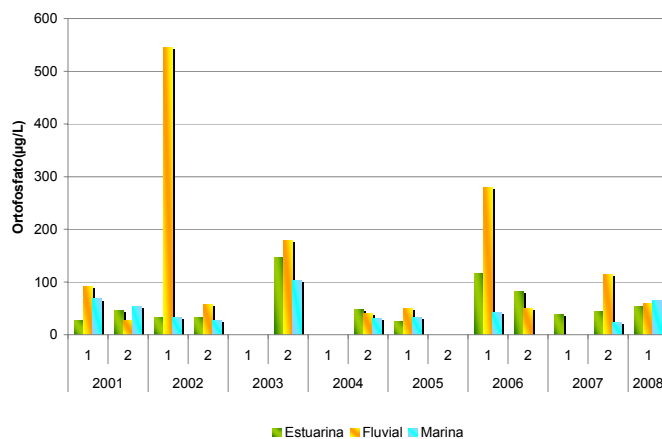


Figura 4.7.2-3. Comparación histórica de ortofosfatos (µg/L) en aguas costeras de Bolívar.

Oxígeno disuelto

En el primer muestreo de 2008 el oxígeno disuelto superficial tanto en las aguas marino-estuarinas como fluviales estuvo en promedio por encima de 5 mg/L (Figura 4.7.2-4), coherentes con el valor de referencia (4 mg/L) según el Decreto 1594 de 1984, lo que resulta extraño por la presencia de niveles altos de amonio (algunos por encima de 100 µg/L) en los mismo sitios de muestreo. La Figura 4.7.2-4 muestra que el nivel de oxígeno disuelto disminuye en el agua fluvial en época lluviosa en comparación con las estuarinas y marinas, con un promedio > 4 mg/L en 2007.

En el registro de los muestreos anteriores, el oxígeno disuelto ha sido bajo en las estaciones que tienen mayor influencia de las actividades o vertimientos antrópicos (caños y arroyos, zonas de dragado, bocana de la Ciénaga de la Virgen, etc.), pero que en su conjunto pueden verse con buenas condiciones. Los mayores problemas de la Bahía de Cartagena, se han evidenciado en las aguas del fondo de la misma (Garay *et al.*, 2001).

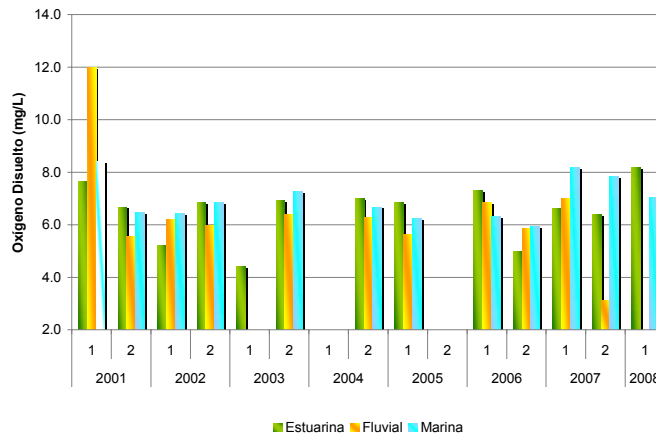


Figura 4.7.2-4. Comparación histórica de oxígeno disuelto promedio (mg/L) en aguas costeras de Bolívar.

Valor del pH

El valor promedio de pH en las aguas costeras de Bolívar fue de 8,1 en aguas marinas, 8,0 en estuarinas y 6,8 en las fluviales (Figura 4.7.2-5). Todos los registros de pH estuvieron dentro del rango permitido por la norma colombiana (Decreto 1594, 1984) para este tipo de aguas y se registró el valor más bajo en el Canal del Dique (6,8) como resultado del recorrido que hace entre ciénagas y plantaciones antes de llegar a la Bahía de Cartagena.

Los promedios del pH para los muestreos anteriores, mostraron una estabilidad del parámetro en aguas marinas (alrededor de 8), las fluctuaciones de mayor importancia se observaron en las aguas fluviales (Figura 4.7.2-5). Por los valores que la norma colombiana presenta como referencia (decreto 1594 de 1984), los promedios cumplen con los estándares.

Salinidad

Los valores promedio de salinidad registraron 36,3 en aguas marinas y 36 para estuarinas, no se tomó la salinidad en las estaciones fluviales en el primer muestreo de 2008 (Figura 4.7.2-6). La franja costera de Bolívar es una zona de mezcla constante y no muestra altos contrastes de salinidad en el tiempo de muestreo (INVEMAR, 2008), pero, los cambios en los sistemas estuarinos están influidos por las

descargas del río Magdalena a través del Canal del Dique y el recambio de las aguas superficiales costeras por efecto de los vientos durante la primera parte del año (Lonin, 2003).

Con excepción de los muestreos del 2003 y 2004, las aguas marinas del departamento han mostrado promedios de salinidad por encima de 30. Las aguas estuarinas presentan mayor fluctuación y las continentales se mantienen en cero o salinidades bajas (Figura 4.7.2-6).

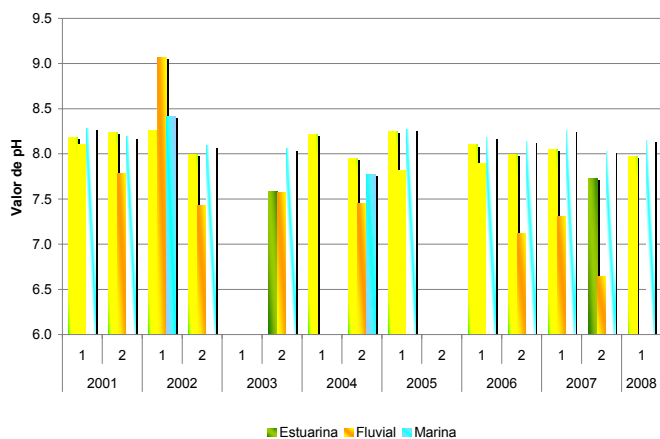


Figura 4.7.2-5. Comparación histórica de pH promedio en aguas costeras de Bolívar.

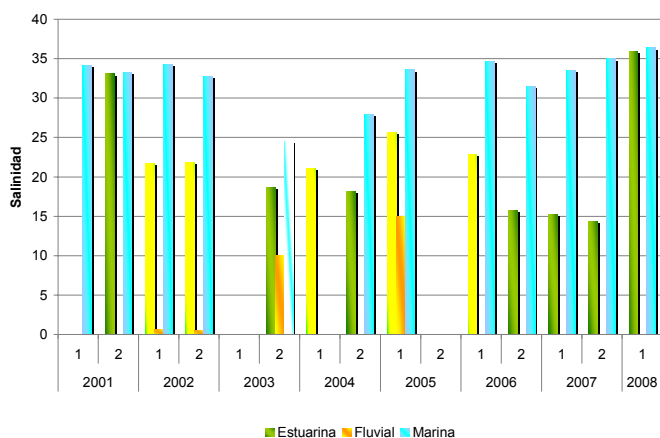


Figura 4.7.2-6. Comparación histórica de la salinidad promedio en aguas costeras de Bolívar.

### Sólidos en suspensión

El promedio de sólidos en suspensión - SST medido en el primer muestreo de 2008 fue de 68,9 mg/L en aguas marinas, 118,9 mg/L en aguas estuarinas y 542,2 mg/L en fluviales (Figura 4.7.2-7), con las mayores concentraciones en las estaciones de Caño Lequerica (1048 mg/L) y frente a Alcalis (605 mg/L). Los registros históricos (2001-2008) muestran que las aguas fluviales son las que presentan los valores más altos de sólidos suspendidos, particularmente el caño Lequerica (por encima de 20 mg/L; INVEMAR, 2008).

Los registros históricos de los sólidos en suspensión para las aguas costeras del departamento de Bolívar, indican la fuerte influencia de las descargas de aguas continentales, sobre la zona costera. Los promedios del parámetro en las aguas marinas han fluctuado entre 10 y 90 mg/L, pero en las estuarinas generalmente superan los 100 mg/L. Comparados con la referencia de la norma Mexicana (75 mg/L), se puede inferir fuertes procesos erosivos o de mal manejo de los cultivos agrícolas a lo largo de las cuencas del departamento.

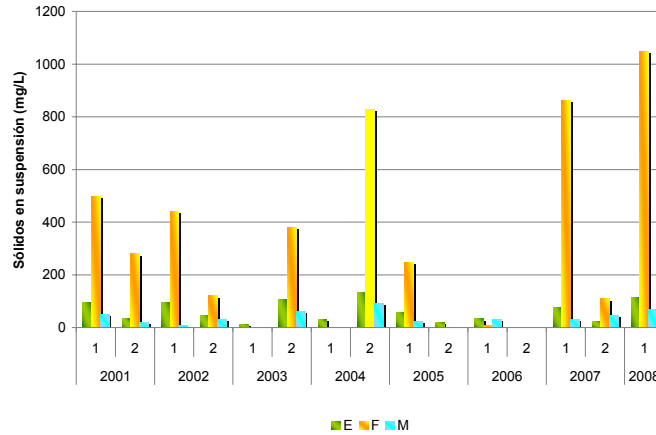


Figura 4.7.2-7. Comparación histórica de sólidos en suspensión promedio en aguas costeras de Bolívar.

### 4.7.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

#### Hidrocarburos

En los estudios realizados por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), se ha identificado que el sector de mayor riesgo por contaminación con hidrocarburos corresponde al área de Cartagena por las actividades de transporte portuario y manejo de petróleo (Garay, 1993). Los residuos de hidrocarburos HC son uno de los contaminantes que mayor presencia tienen en Bolívar y en especial su capital Cartagena, que cuentan con una alta actividad marítima y portuaria, con más de 50 muelles y 5 astilleros; cerca de 5000 embarcaciones se movilizan al mes por la bahía de Cartagena, donde el 90 % son embarcaciones menores de 100 toneladas dedicadas al turismo, recreación, transporte de alimentos y apoyo logístico, confirmando que el tráfico marítimo hace el mayor aporte de residuos de hidrocarburos en la zona (lastre, residuos de sentinas, lubricantes quemados, residuos de combustibles, etc.). Los buques de cabotaje, pesqueros y de carga no poseen sistemas de tratamiento a bordo ni los terminales donde arriban tienen la infraestructura necesaria para manejar estos residuos, por tal razón los vierten al mar.

La refinería de petróleo, los buques petroleros y de carga general que arriban al puerto son responsables del 80% de las cargas contaminantes de petróleo (Garay *et al.*, 1992). Además, de los vertidos accidentales como el ocurrido en junio de 2005 con El Saeta. El sector industrial también es una fuente importante de hidrocarburos (HC), las industrias del sector oriental de la Bahía de Cartagena vierten el 100% de sus efluentes a la zona costera, algunos sin previo tratamiento. Fuera del área de Mamonal hacia la zona nororiental de la bahía existen importantes descargas de pequeñas industrias (talleres mecánicos, de pinturas, muebles, gaseosas, etc.) cuyos vertimientos, aunque no se han cuantificado son importantes por los aportes de residuos oleosos y petrogénicos de los insumos que manejan.

#### Descripción temporal

**2001:** Los niveles de HDD encontrados durante la época seca variaron en el rango de 1 a 5 µg/L para la bahía de Cartagena. En la época de transición se presentaron valores medios y altos correspondientes a

la bahía de Cartagena debido al movimiento de buques, al canal del Dique y a los vertimientos de residuos industriales del sector de Mamonal y domésticos de la ciudad. Igual comportamiento se presenta en la época húmeda. En las islas del Rosario se advirtieron valores moderadamente riesgosos, en las épocas de transición y lluvias que ameritan su vigilancia presente y futura considerando la importancia ecológica de este sector insular.

**2002:** El máximo valor de concentración se presentó en la desembocadura del *caño Matunilla* tanto en época seca como de lluvias (3,86 y 1,36 µg/L respectivamente), como consecuencia de los vertimientos arrojados aguas arriba. En este mismo año las concentraciones en la desembocadura del canal del Dique descendieron drásticamente de > 20 µg/L a 1,0 µg/L de HDD, asociado muy probablemente a la disminución del caudal. La tendencia general observada desde el 2001 ha sido de disminución en las concentraciones de HDD. En el primer muestreo del 2002 los valores fueron inferiores a 5 µg/L HDD con un máximo de 4,29 µg/L HDD, lo cual significa una menor presión sobre el ambiente y considerar un nivel de riesgo medio por este aspecto.

**2003:** En el monitoreo de septiembre de la parte norte del departamento y la ciénaga de la Virgen se registraron valores inferiores a 0,2 µg/L HDD.

**2008:** algunos monitoreos aislados realizados entre 2007 y 2008 muestran en la bahía de Cartagena concentraciones entre 0,2 – 4,6 µg/L HDD ubicándose en un nivel de bajo contaminación con respecto a hidrocarburos.

En los primeros años del proyecto REDCAM (2001 – 2003) la mayoría de los valores en el departamento sobrepasaron la referencia (10 µg/L de HDD) en las tres épocas climáticas con los datos más altos en el sector de la bahía de Cartagena y el Canal del Dique (Tabla 4.7.3-3), clasificándose en el nivel de riesgo medio y alto de contaminación. El 72% de las mediciones se encontraron por encima de 1,0 µg/L evidenciando la constante entrada de residuos oleosos y el riesgo de contaminación con HDD en el medio marino. No obstante, hace más de 10 años se implementó la Política Nacional de Producción más Limpia y los sectores productivos empezaron a introducir la dimensión ambiental en sus procesos, reduciendo significativamente los vertidos a la bahía (CARDIQUE, 2007), razón por la cual las concentraciones de hidrocarburos en aguas han disminuido en los últimos años en la bahía de Cartagena, pero que aún se deben seguir monitoreando.

Los resultados obtenidos en el 2008 (Tabla 4.7.3-1) son comparables con datos reportados en 1992 por Garay y colaboradores en diferentes sectores de la bahía de Cartagena con concentraciones entre 0,19 y 8,74 µg/L (consideradas bajas) y con investigaciones en otros ecosistemas del mundo, como en Dabhol-Ratnagiri India con rangos entre 1,7 – 3,7 µg/L catalogados en un nivel bajo de contaminación (Chouksey *et al.*, 2004).

Tabla 4.7.3-1. Valores de hidrocarburos dispersos y disueltos (µg/L) registrados en aguas de la Bahía de Cartagena en monitoreos de 2007 y 2008 (Solano *et al.*, 2008)

	Agosto (2007)	Noviembre (2007)	Marzo (2008)
Promedio	2,81	0,81	0,84
Desviación	0,98	0,76	0,52
Rango	1,24 - 4,58	0,20 - 2,34	0,36 - 1,97

### Plaguicidas

Este es uno de los pocos departamentos que cuenta con estudios previos sobre el tema de residuos de plaguicidas, en su mayoría orientados por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH). Entre 1980 – 1982 se analizaron muestras de agua, sedimentos y organismos de la bahía de Cartagena detectando aldrin y DDT; en 1991 Moreno y colaboradores señalan que el DDT altera el comportamiento y muda de *P. Hawaiensis*, ocasionando necrosis y deformación. Durante la década del

90 el CIOH adelantó varios estudios enmarcados dentro del programa de “*Monitoreo de la contaminación en el Caribe Colombiano: petróleo, plaguicidas y desechos flotantes*” y a finales de esta década, en convenio con otras instituciones (INDERENA, OEA, COLCIENCIAS, IAEA) realizó una evaluación de plaguicidas en la Bahía de Cartagena y Ciénaga de la Virgen (Tabla 4.7.3-2) los cual definió que en la franja costera del departamento la contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados se presenta en el sector de Cartagena, concretamente en Ciénaga de la Virgen debido a las actividades agrícolas de sus alrededores (Garay y Castro, 1993).

**Tabla 4.7.3-2. Resultados promedio de organoclorados encontrados en diferentes estudios en aguas, sedimentos y peces.**

	<i>Prom. Aguas (ng/l)</i>	<i>Prom. Sedimentos (ng/g)</i>	<i>Prom. Peces (ng/g)</i>
Lindano	0,970	0,111	
Heptacloro	0,466	0,110	
DDD	1.291	0,053	Rango: 0,07 –0,78
DDT	24.490	0,374	

Para el 1989 en las afueras de la ciudad de Cartagena y en un predio donde funcionaba una sede de la Federación Nacional de algodóneros se encontró un entierro de plaguicidas tales como el DDT, aldrin, metil paration, paration, toxafeno y aldicarb, ya que según estudios de entidades nacionales e internacionales contratadas por el Banco de Colombia, la alternativa técnica, económica y ambiental más viable de manejo era el confinamiento “*in situ*” (MMA/PNUMA/UCR/CAR, 2000).

La información histórica sobre residuos de plaguicidas OC permitió establecer que los niveles de residuos en época seca se encontraban entre 10 y 30 ng/L localizándose los mas altos en la ciénaga de la Virgen. Para la época de transición el rango se reduce entre 3 - 10 ng/L y aumenta nuevamente de 10 - 30 ng/L en época de lluvias. El aporte del canal del Dique y la presencia de industrias productoras de agroquímicos (Monsanto, Bayer, Rohm and Haas, Dow AgroSciences, Dupont, Quimor, Novartis, Aventis), constituyen factores de riesgo de contaminación por plaguicidas. Estas fábricas se encuentran en el sector industrial de Cartagena muy cerca de la bahía y en 1989 se derramaron aproximadamente 5000 litros de clorpirifos ocasionando la muerte masiva de cerca de 10 toneladas de peces de importancia comercial.

### **Descripción temporal**

**2001:** Las muestras analizadas en las dos épocas (seca y lluvia) presentaron concentraciones por debajo del límite de detección del método (0,03 ng/l) lo que demuestra una tendencia a disminuir el impacto de estos compuestos sobre el ambiente. También la industria química ha aportado con la puesta en marcha de programas de producción limpia y eliminando la totalidad de sus vertimientos a la Bahía de Cartagena.

**2003:** El monitoreo en época seca cubrió el sur del departamento, en el se registraron condiciones muy favorables para el ecosistema determinando en todas las estaciones concentraciones de OCT menores a 3,0 ng/L en septiembre se monitoreó la parte norte del departamento y se encontraron condiciones igualmente favorables

**2004 – 2008:** No se recolectaron muestras de agua para el análisis de plaguicidas OC, se estima que la situación en el departamento debe ser similar a la del resto de la región Caribe con valores inferiores a los límites de detección de las técnicas analíticas.

Tabla 4.7.3-3. Resumen estadístico de las concentraciones de hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas superficial de cuatro sectores de Bolívar.

Parámetro	<i>Bahía de Cartagena</i>		<i>Ciénaga de la Virgen</i>		<i>Isla del Rosario - Barbacoas</i>		<i>Zona Norte - Galerazamba</i>	
	<i>HDD</i>	<i>OCT</i>	<i>HDD</i>	<i>OCT</i>	<i>HDD</i>	<i>OCT</i>	<i>HDD</i>	<i>OCT</i>
Máx.	49,41	0,03	0,25	0,03	10,20	0,03	0,10	0,03
Mín.	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03
Prom.	6,80	0,03	0,18	0,03	3,06	0,03	0,06	0,03
Mediana	0,97	0,03	0,1	0,03	0,59	0,03	0,1	0,03
STDDV	11,67	0,00	0,11	0,00	3,51	0,00	0,05	0,0
num.	38	8	2	2	20	8	7	1

#### 4.7.4 Variables Microbiológicas

En las mediciones del segundo muestreo de 2007 (lluvia) y el primer muestreo de 2008 (seca) todas las estaciones del departamento se encontraron en un rango entre 2 y 7 NMP/ 100 ml por debajo de los valores establecidos en la legislación para contacto primario y secundario (Tabla 4.7.4-1).

Las concentraciones de indicadores de contaminación fecal (Coliformes) determinadas por CARDIQUE en las estaciones del departamento han estado durante los 8 años de muestreo por debajo de los límites permisibles con concentraciones bajas. Hasta los sitios considerados control (No contaminado o sin riesgo de contaminación en otros departamentos del país) presentan valores superiores a los niveles obtenidos en Bolívar, que están sometidos a fuentes potenciales de contaminación fecal. Por lo tanto es importante revisar la metodología y todos los procedimientos ejecutados para la determinación de los parámetros.

Tabla 4.7.4-1. Calidad sanitaria de las playas de Bolívar en el segundo muestreo 2007 (lluvia) y primer muestreo 2008 (seca) de acuerdo a los criterios de la legislación colombiana (CTE&gt;200 NMP /100 ml) para aguas de contacto primario. El color verde significa calidad apta y el naranja calidad no apta.

<i>Playa</i>	<i>I-2007</i>	<i>II- 2008</i>
Isla Barú - Bahía de Barbacoas		
Punta Canoa		
Isla Grande frente al Hotel del Pirata		
Manzanillo del Mar		
Bocagrande		
Crespo		
Marbella		

#### 4.7.5 Metales pesados

##### Cadmio

La variación promedio en las concentraciones de cadmio en aguas costeras del departamento de Bolívar, se presentan en la Figura 4.7.5-1. Los resultados del primer muestreo de 2008 no muestran variaciones entre los diferentes tipos de agua y mantienen un valor promedio de 32,0 µg/L muy similar entre ellas.

Los datos no ilustran un patrón temporal que permita deducir movilización de cadmio en el medio acuático por efecto o cambios de las condiciones climáticas. Los máximos promedios del muestreo REDCAM se presentaron en el periodo seco de 2006 y de 2007 tanto en aguas marinas, estuarinas y fluviales (Figura 4.7.5-1) con valores de 81,0 µg/L en la estación Arroyo Plata y de 100,0 µg/L en el caño

Lequerica para el 2006. En general, después del 2005 el cadmio ha mostrado tendencia al aumento con valores que superan los 1,0 µg/L (en agua fluvial) y 5,0 µg/L (en agua marinas y estuarinas) según lo establecido por la legislación ambiental de Brasil (CONAMA, 1986).

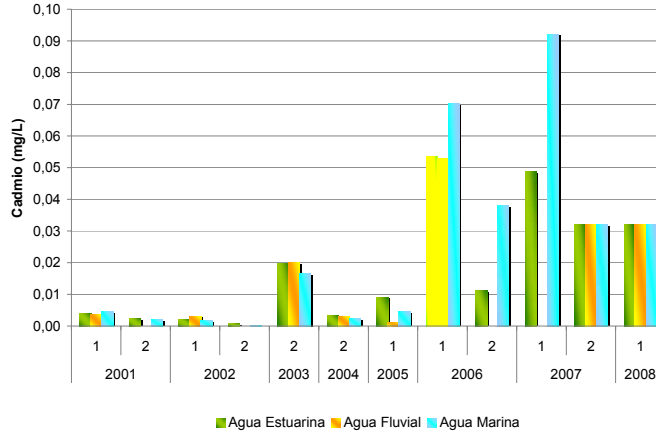


Figura 4.7.5-1. Concentraciones promedio de cadmio (mg/L) en aguas costeras de Bolívar en época seca (1) y época de lluvias (2)

Plomo

En la Figura 4.7.5-2 se presentan los resultados de plomo durante los ocho años de monitoreo, sin mostrar una tendencia clara en el tiempo, pero si muestra el notorio incremento que tuvo la concentración del periodo lluvioso de 2007, particularmente en aguas estuarinas (1,35 mg/L) y marinas (1,0 mg/L). En el 2008 se reportaron promedio máximos de 0,18 mg/L en aguas estuarinas y mínimos de 0,018 mg/L en aguas fluviales, las cuales resultan entre 7 y 80 veces mas bajas al compararlas con el promedio más alto en aguas estuarinas del año anterior (Figura 4.7.5-2). Los resultados de plomo en las aguas de Bolívar generan interés y preocupación en todos los casos, ya que los valores superan los límites máximos establecidos para aguas según CONAMA, 1986.

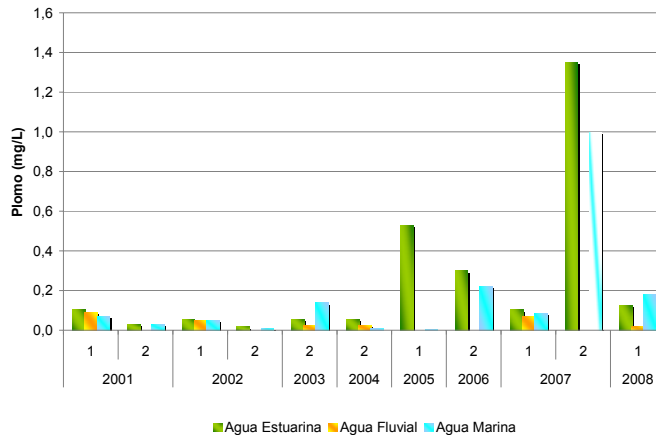


Figura 4.7.5-2. Concentraciones promedio de plomo (mg/L) en aguas costeras de Bolívar en época seca (1) y época de lluvias (2)



## Cromo

En el 2008 la concentración de cromo incrementó considerablemente para el agua fluvial alcanzando 0,07 mg/L en la estación *Caño Lequerica*. Pero disminuyó en aguas estuarinas hasta valores promedio de 17,0 µg/L. Al igual que el plomo los niveles de cromo tienden al aumento después del periodo seco del 2005 y no reflejan un patrón temporal acorde con los periodos climáticos de muestreo (Figura 4.7.5-3). El promedio histórico más alto de 0,072 mg/L se reportó en la época lluviosa de 2003 con valores mínimos de 0,001 mg/L en la mayoría de las estaciones, excepto en los caños Lequerica, Matunilla y Correa; y un valor máximo de 0,111 mg/L en el Arroyo Plata.

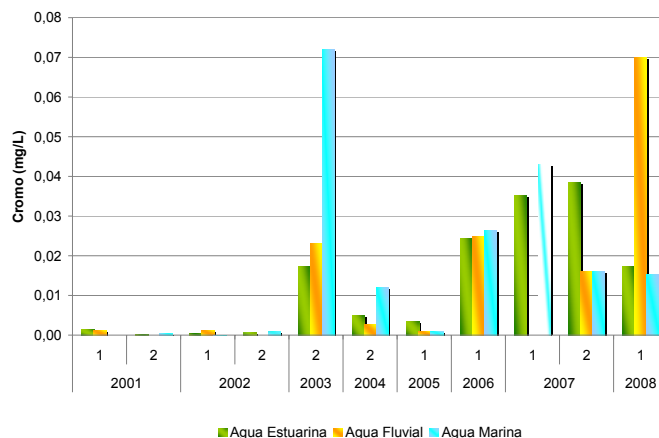


Figura 4.7.5-3. Concentraciones promedio de cromo (mg/L) en aguas costeras de Bolívar en época seca (1) y época de lluvias (2)

En aguas estuarinas los valores de cromo estuvieron por debajo del valor de referencia (5,0 µg/L; CONAMA, 1986), sólo Caño de Loro y la desembocadura del Canal del Dique superaron este valor en la época lluviosa de 2007 al igual que las aguas fluviales, pero los valores en aguas marinas no superaron la referencia de 5,0 µg/L.

### 4.7.6 Evaluación de la calidad del agua utilizando indicadores

La evaluación de la calidad del agua del departamento de Bolívar por medio de indicadores muestra que en la época seca de 2008 la mayoría de los sitios presentaron calidad *Excelente* para actividades recreativas, náuticas y de playas, 3 de ellos obtuvieron valores entre 50 y 75 considerados como *Buena* calidad (circulo amarillo) particularmente en las estaciones de Punta Canoa, Playa Marbella y Frente a Isla Arena (Figura 4.7.6-1a). La calidad del agua para uso de preservación de flora y fauna – PFF – fue *Excelente* con el rango de 75 – 100 (circulo verde) en todas las estaciones para la época seca 2008 (Figura 4.7.6-1b).

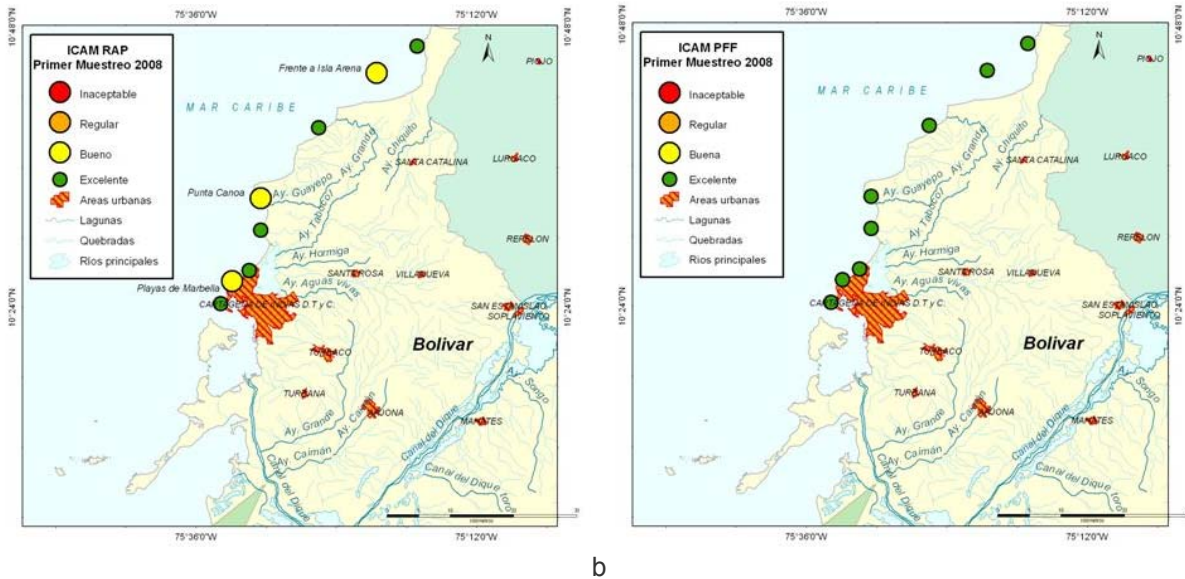


Figura 4.7.6-1. Representación gráfica del indicador de calidad de aguas marinas y estuarinas en la época seca de 2008. a) Actividades recreativas, náuticas y playas - RAP y b) Preservación de flora y fauna – PFF.

#### 4.7.7 Conclusiones

La calidad del agua costera de Bolívar se ve influenciada por la entrada de aguas continentales (ríos y caños) y aguas residuales domésticas de Cartagena ya que intervienen significativamente sobre las concentraciones y la dinámica de los parámetros fisicoquímicos. El Canal del Dique, los caños Correa y Lequerica son los mayores contribuyentes de nutrientes a la bahía, sin desconocer otras cargas puntuales de menor caudal que también llegan a la zona costera circulando y mezclándose en la Bahía de Cartagena deteriorando sus características.

En la actualidad los niveles de HDD muestran para Bolívar un decrecimiento en el vertimiento de residuos de hidrocarburos al medio marino, las concentraciones reportadas en la bahía de Cartagena son inferiores al valor de referencia (10 µg/L) y posiblemente por la implementación de los planes de control ambiental adelantados por el sector industrial de Mamonal. Aunque no se cuenta con información actual de plaguicidas en el área, se estima que la situación debe ser similar al resto de la región Caribe con valores muy inferiores a la referencia de 30 ng/L (CONAMA, 1986; Marín *et al.*, 2002)

De manera general, los metales analizados en las aguas costeras del departamento de Bolívar, no indicaron un patrón temporal. No obstante, concentraciones altas registradas en algunas épocas climáticas de los últimos 3 años de monitoreo despiertan interés. El desarrollo urbano, turístico e industrial de Cartagena originó una problemática compleja sobre la bahía, siendo las actividades industriales responsables de gran parte de la contaminación por metales pesados particularmente, cadmio y plomo en la bahía de Cartagena, provenientes de vertimientos del sector industrial de Mamonal.

Los datos de Coliformes no demuestran contaminación sanitaria en las playas y aguas costeras del departamento según los criterios establecidos en el decreto 1594 de 1984 para aguas de contacto primario y secundario.

# SUCRE



Playa Blanca



Tolú



## 4.8 SUCRE

El Departamento de Sucre está situado en la parte media de la llanura del Caribe, entre los 10°08' y 08°16" de latitud norte; 74°32' y 75°42' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 10.670 km<sup>2</sup> lo que representa el 0.9 % del territorio nacional. Limita por el Norte y Este con el departamento de Bolívar, por el Sur con los departamentos de Córdoba y Bolívar, por el Oeste con el departamento de Córdoba y el mar Caribe.

El clima del Departamento de Sucre es cálido, con temperaturas medias entre 27 y 30°C, influido por los vientos alisios del noreste y las brisas marinas; las lluvias están distribuidas durante el año en dos períodos, alternados con épocas secas; las precipitaciones aumentan de oriente a occidente; por lo que en la franja costera pueden ser inferiores a 1000 mm y en la región del bajo San Jorge y bajo Cauca, sobrepasar los 3000 mm de precipitación.

### 4.8.1 Estaciones de Muestreo

La Corporación Autónoma Regional de Sucre – CARSUCRE en acompañamiento con el INVEMAR están monitoreando actualmente 31 estaciones de muestreo en aguas marinas y estuarinas para evaluar los cambios en la calidad del recurso hídrico de la zona costera del departamento (Figura 4.8.1-1).



Figura 4.8.1-1. Estaciones de muestreo de aguas en la zona costera del departamento de Sucre.

#### 4.8.2 Variables fisicoquímicas

##### Amonio

El amonio en el primer muestreo de 2008 fue de 45.4 µg/L en aguas marinas y 61.9 µg/L en aguas estuarinas (Figura 4.8.2-1). Las estaciones que se caracterizaron por presentar las mayores concentraciones fueron Caño Zaragocilla (182.2 µg/L), Boya ECOPETROL TLU2 (161.4 µg/L) y frente a Caño Francés (151.1 µg/L). Los registros históricos indican que el agua estuarina presentó los niveles promedio más altos de amonio (350 µg/L) en la época lluviosa del 2005 disminuyendo en el 2006 y 2007 (Figura 4.8.2-1), tendencia que coincide con las estaciones caño Zaragocilla, Boya ECOPETROL TLU2 y frente de caño Francés.

Históricamente, los registros del amonio en las aguas costeras de Sucre, han mostrado altos promedios del amonio (mayores a 10 µg/L), en sus aguas estuarinas, sobre todo los caños y arroyos, que presentan influencia por la salinidad marina y de los habitantes a su alrededor, que los usan como botaderos de todo tipo de residuos. Las aguas marinas, afortunadamente no evidencian esta influencia.

##### Nitratos.

Las concentraciones de nitrato registraron en promedio 10.9 µg/L en aguas marinas y 7.0 µg/L en las estuarinas (Figura 4.8.2-2). Las estaciones con los valores más altos fueron Puntepiedras y Coquerita en Coveñas con 75.6 y 61.6 µg/L respectivamente. Los sitios cercanos a descargas de vertimientos como la estación Puntepiedras y Coquerita en Coveñas los que están aportando más nitratos al medio, históricamente en Punta Piedras se han medidos valores superiores a 250 µg/L NO<sub>3</sub>, mientras que para Coquerita es el primer registro. En Sucre los caños Francés, Guaní, Pechelín y Zaragocilla son fuentes naturales de nitratos por los procesos de degradación de la materia orgánica y han presentado durante los 8 años de monitoreo valores superiores a 50 µg/L

Los iones nitratos en sus promedios históricos, han mostrado valores dentro de rangos aceptables (inferiores a 60 µg/L, que es el valor de referencia de la región Asiática del Pacífico), tanto en su aguas estuarinas como marinas.

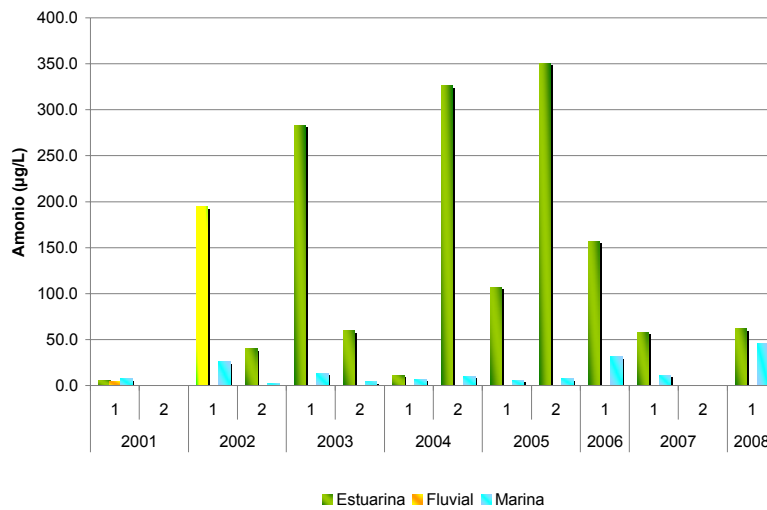


Figura 4.8.2-1. Comparación histórica de amonio promedio (µg/L) en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2).



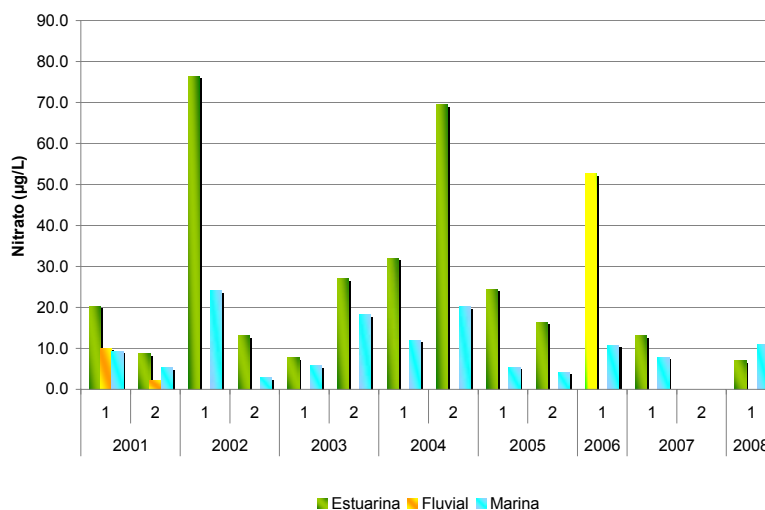


Figura 4.8.2-2. Comparación histórica de nitrato promedio (µg/L) en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2).

Ortofosfatos.

En la época seca de 2008 se presentaron concentraciones promedio de fósforo inorgánico de 33.9 µg/L en aguas marinas y 91.4 µg/L en aguas estuarinas (Figura 4.8.2-3). El sitio con mayor concentración fue Matatigre que por primera vez reporta 162.7 µg/L PO<sub>4</sub> seguido de Punta Rincón con 144.5 µg/L y ciénaga La Caimanera con 132.4 µg/L.

En los muestreos anteriores, los promedios del ortofosfato indican que los cuerpos de aguas estuarinos presentan altos valores (mayores a 45 µg/L, valor de referencia del Este de Asia; EPD, 2003). Estos valores influyen sobre las aguas marinas donde algunos registros son superiores a la valor de referencia de 15 µg/L (EPD, 2003). La razón más probable de la presencia de ortofosfato en estos cuerpos de agua, es la descarga de aguas residuales y la descomposición de la materia orgánica procedente de las basuras que depositan en los caños y arroyos (Garay *et al.*, 2001).

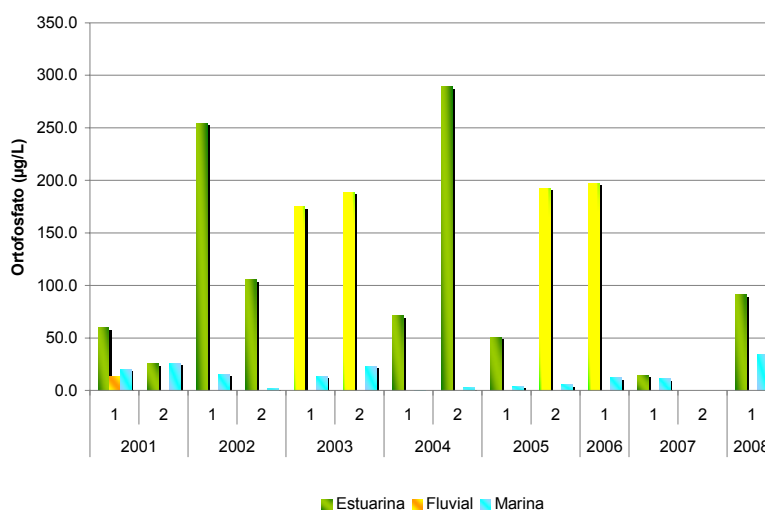


Figura 4.8.2-3. Comparación histórica de ortofosfatos promedio (µg/L) en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2).

**Silicio**

El valor promedio de silicio inorgánico en la época seca de 2008 fue de 620.7 µg/L en aguas marinas (Figura 4.8.2-4). Las aguas continentales son la fuente principal de silicio a la zona costera producto del arrastre de suelos y sedimentos. Los registros más altos de silicio inorgánico se presentaron en Golfo 7 y Playa Berrugas con 1571 µg/L y 1455 µg/L, respectivamente. Es posible que estos valores estén asociados al proceso de resuspensión de aguas someras en la costa por los fuertes vientos que se presentan en la primera parte del año en el Caribe.

Los promedios para las concentraciones del silicio en los muestreos pasados, mostraron que este ión es muy abundante en las aguas costeras del departamento, llegando a valores por encima de 4000 µg/L. A pesar del ingreso de las concentraciones altas de silicio, su ingreso no representa ningún riesgo para la biota marina, ya que es el segundo elemento de mayor abundancia en el planeta.

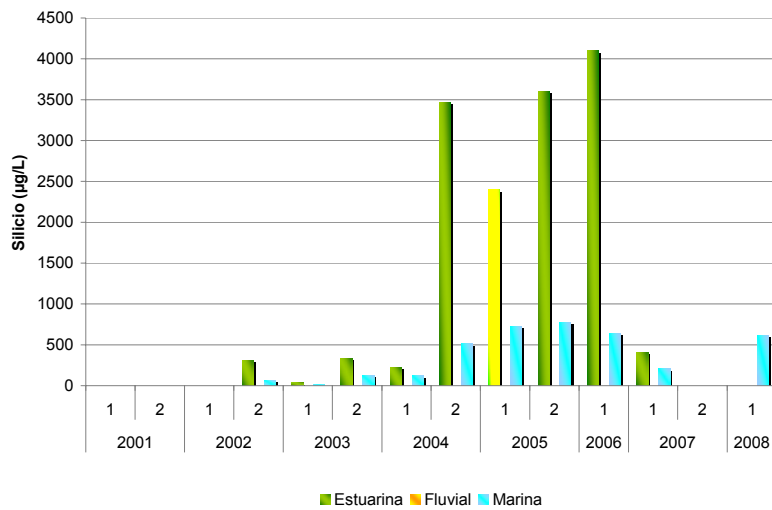


Figura 4.8.2-4. Comparación histórica de silicio promedio (µg/L) en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2).

**Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto superficial mostró concentraciones promedio para aguas marinas de 6.8 mg/L y de 5.1 mg/L en aguas estuarinas (Figura 4.8.2-5). Caño Guainí y Caño Francés presentaron niveles menores al valor de referencia (4 mg/L), considerado como mala calidad para el uso de preservación de flora y fauna según el Decreto 1594 de 1984 (MinAgricultura, 1984). Los registros de los caños Guainí y Francés, muestran varios momentos históricos con valores por debajo de 3 mg/L de oxígeno, ya que son caños en los que se vierten aguas negras y abundante basura que genera hipoxia en sus aguas.

Los promedios históricos del oxígeno disuelto, no reflejan problemas de bajas concentraciones, pero los caños arroyos y la ciénaga La Caimanera, son los cuerpos de agua con valores bajos de oxígeno durante todo el tiempo de muestreo. Como ya fue mencionado antes, estos son causados por los vertimientos de las aguas residuales y la materia orgánica que llega desde diferentes fuentes.



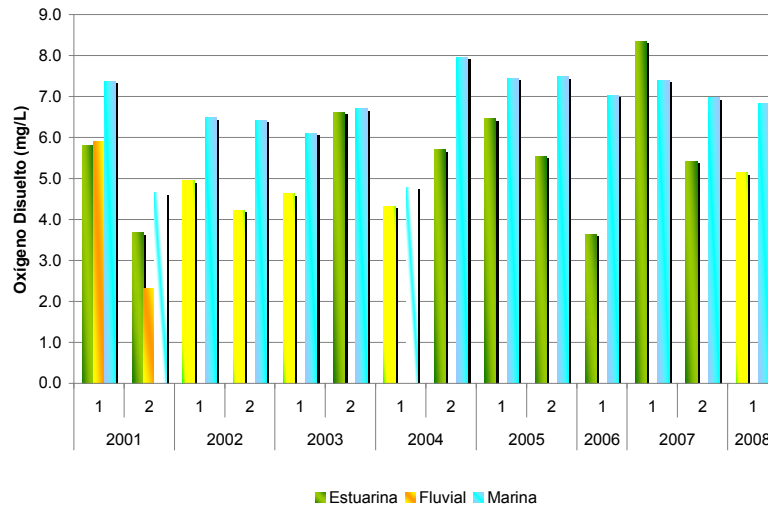


Figura 4.8.2-5. Comparación histórica de oxígeno disuelto promedio (mg/L) en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2).

### Valor del pH

Las aguas costeras del departamento presentaron valores de pH de  $7.98 \pm 0.3$  en aguas estuarinas y  $8.06 \pm 0.1$  en aguas marinas (Figura 4.8.2-6). Los caños Zaragocilla y Alegría presentaron el valor más bajos de pH (7.4), en los 8 años de monitoreo estos sitios registran varios datos de pH inferiores a 7 indicando la presencia de iones que acidifican el agua.

Los registros promedios del pH en las aguas costeras del departamento de Sucre, mostraron a las aguas estuarinas con mayores fluctuaciones del parámetro (entre 7.4 y 8.02; Figura 4.8.2-6), como resultado de los cambios en la salinidad durante las temporadas de lluvia y por los procesos de descomposición de la materia orgánica que genera la producción de iones nutrientes de nitrógeno y fósforo (Begón *et al.*, 2006).

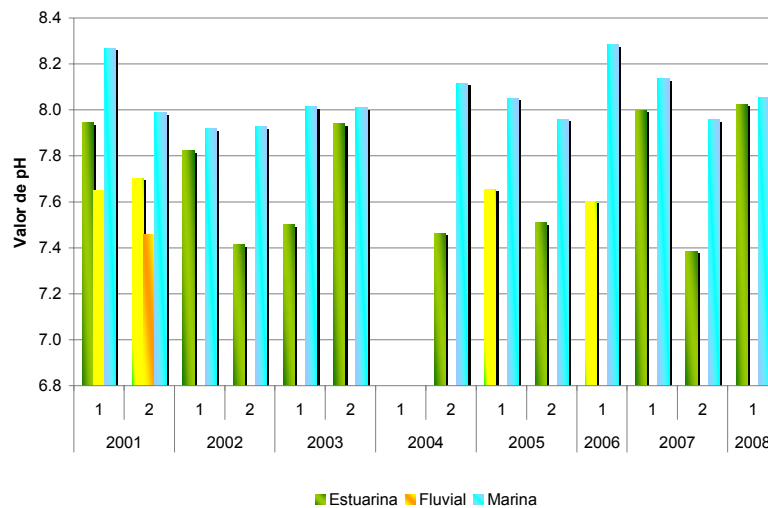
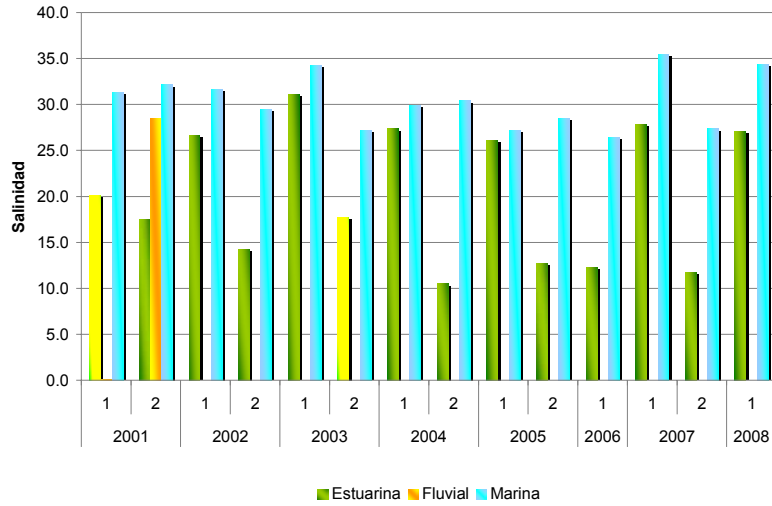


Figura 4.8.2-6. Comparación histórica del valor promedio de pH en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2).

**Salinidad**

La salinidad en el agua marino-costera presentó valores promedio de 31.4 en las marinas, 22.5 en estuarinas y 1,8 en aguas fluviales (Figura 4.8.2-7). Los registros históricos de salinidad muestran que la salinidad es un parámetro que varía poco en aguas marinas y las mayores fluctuaciones se dan en aguas estuarinas por el aporte de los caños a la zona costera (INVEMAR, 2008).

Los promedios de salinidad, para muestreos anteriores, muestran una influencia en las aguas continentales sobre las marinas. Los promedios muestran salinidades que bajan hasta 26.4 (Primer semestre de 2006; Figura 4.8.2-7). Los registros indican que la salinidad disminuye en los segundos muestreos del año, como consecuencia de las lluvias y el aumento del caudal de los ríos y caños.



**Figura 4.8.2-7. Comparación histórica de salinidad promedio en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2).**

**Sólidos en suspensión**

Las concentraciones de sólidos en suspensión para la época seca 2008 fueron de 61.6 mg/L en aguas marinas, 41.2 mg/L en estuarinas y 53.3 mg/L en las fluviales (Figura 4.8.2-8), con los valores más altos en playa Los Venados (112.2 mg/L de SST) que muestra una tendencia creciente durante los últimos muestreos y río Mangle con 72.2 mg/L que tiende al descenso (INVEMAR, 2008).

Para los sólidos en suspensión, los registros históricos mostraron que después del año 2001, las concentraciones promedio han disminuido a promedios de 50 mg/L en las marinas y alrededor de 70 en las estuarinas. Según la propuesta de Troncoso y colaboradores (2006), son valores cercanos a los ideales para este tipo de aguas, en el uso de preservación de flora y fauna.

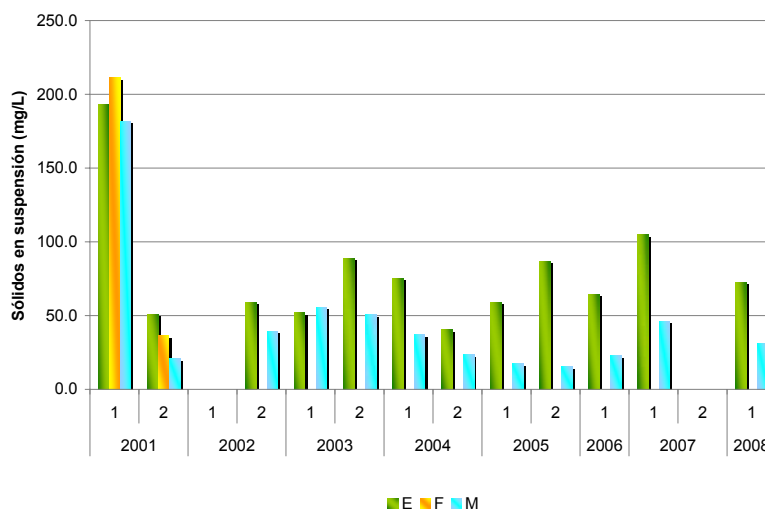


Figura 4.8.2-8. Comparación histórica de sólidos suspendidos promedio (mg/L) en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2). E: agua estuarina; F: agua fluvial y M: agua marina.

### 4.8.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

#### Hidrocarburos

Las fuentes de contaminación por hidrocarburos la constituyen básicamente la actividad marítima, el manejo de hidrocarburos, el turismo y los asentamientos urbanos costeros. El terminal del oleoducto Caño Limón-Coveñas por encontrarse en la zona costera tiene controles ambientales que se han enfocado en la vigilancia de hidrocarburos del petróleo respondiendo a eventos de derrames accidentales durante las operaciones de transporte y manejo de crudo y sus derivados.

#### Descripción temporal

La Figura 4.8.3-4 describe los rangos de concentración registrados en los ocho años de monitoreo. **2001:** los niveles de HDD variaron entre 5 y 10 µg/L por el transporte de petróleo y el movimiento de buques de cabotaje en el Golfo de Morrosquillo. **2002:** En comparación con el 2001, las concentraciones bajaron notablemente con los valores máximos en *caño Pechelin* de 4,74 µg/L y 1,36 µg/L en época seca y lluviosa respectivamente. En **2003:** La estación frente a *caño Berrugas* presentó un valor de 9.8 µg/L muy cercano al valor de referencia y las concentraciones de este año describieron un gradiente de atenuación de los niveles de HDD hacia la parte oceánica que puede reflejar procesos de dispersión y dilución de contaminantes. **2004:** se registraron los valores más bajos en época seca con un máximo de 0,57 µg/L (*Caño Pechelin*) y aumentaron ligeramente en época de lluvias sin sobrepasar los 0,86 µg/L. **2005:** Los niveles aumentaron en época seca con un valor máximo de 4.70 µg/L en *Playa Berrugas*; sin embargo las demás estaciones reportaron valores menores de 1.8 µg/L demostrando que el valor encontrado *Playa Berrugas* es consecuencia de una actividad puntual del sector posiblemente al tránsito de lanchas (Figura 4.8.3-1).

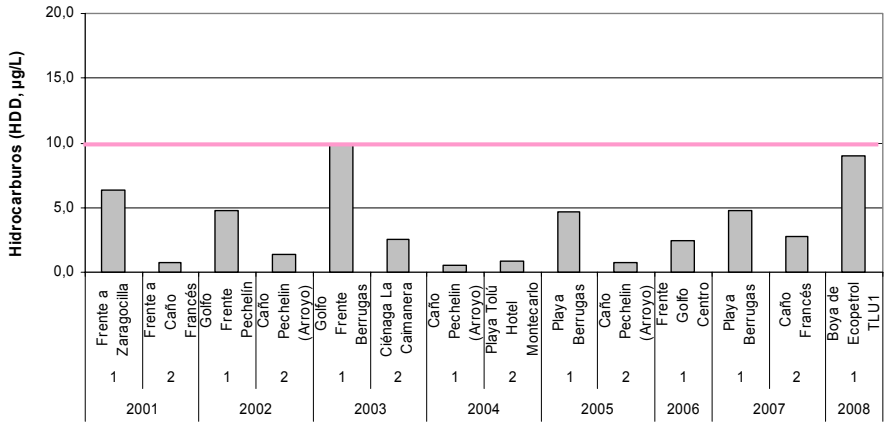


Figura 4.8.3-1. Rangos de variación de hidrocarburos en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2). La línea rosada indica la referencia de 10 µg/L.

**2006:** Los HC son ligeramente más altos con respecto al 2005 con un máximo de 2.5 µg/L en la estación *Centro Golfo de Morrosquillo* en el resto los valores no superan el 1.0 µg/L. **2007:** La concentración más alta de la época seca se registró nuevamente en *Playa Berrugas* (4.8 µg/L de HDD), pero en época de lluvias los valores fueron menores a 2,8 µg/L obtenido en *caño Francés*. En **2008** primer muestreo las concentraciones incrementaron hasta 9,0 µg/L (boya de ECOPEPETROL; Figura 4.8.3-1) y en el resto de estaciones los valores fueron inferiores a 1.0 µg/L, lo cual ilustra que la concentración de la *Boya de ECOPEPETROL* es consecuencia de la actividad puntual del sector.

En la zona costera de este departamento no existen grandes escorrentías continentales hacia el mar, por eso en la Figura 4.8.3-2 solo se muestra el comportamiento de las concentraciones de HC en aguas marinas y estuarinas. El comportamiento en los dos tipos de agua es similar representado que la entrada de hidrocarburos a la zona costera es independiente de las escorrentías y del aporte fluvial, pero probablemente se debe al tráfico marítimo y las descargas de aguas residuales. En las mediciones de 2008 hay un aumento en las concentraciones, pero son inferiores al valor de referencia (10 µg/L) y no representan un riesgo de contaminación.

El análisis de la información disponible desde 1999 muestra valores históricos por debajo del valor de referencia (10 µg/L) a excepción de la época seca del 2003 permitiendo comprobar que la tendencia histórica de estos residuos orgánicos es decreciente (Figura 4.8.3-2) y los niveles actuales son de igual o menor magnitud a los registrados en áreas donde la contaminación por petróleo se considera poco significativa.

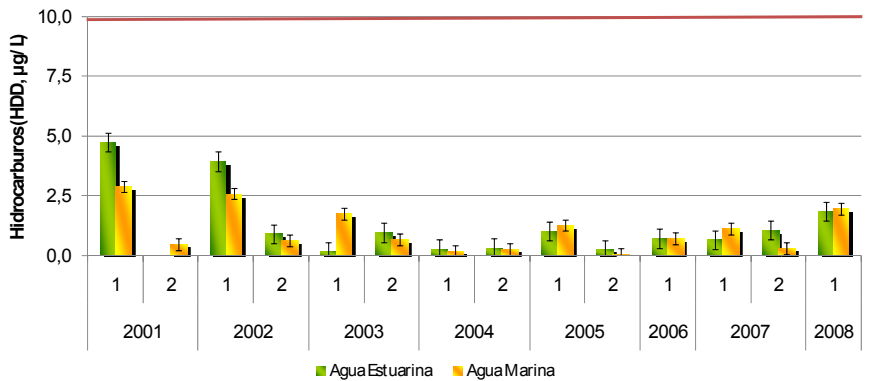


Figura 4.8.3-2. Comportamiento de hidrocarburos promedio en aguas marinas y estuarinas de Sucre. La línea roja indica el valor de referencia de 10 µg/L.

Los resultados muestran al sector de *Berrugas* con las concentraciones mas altas de HC (0,15 – 9,9 µg/L) del departamento por la incidencia del tráfico marítimo, sin embargo, las concentraciones no sobrepasan el valor de referencia (10 µg/L), pero si indican riesgo medio (potencial) de contaminación con hidrocarburos (Figura 4.8.3-3). El sector Norte a Punta San Bernardo presenta en promedio menores concentraciones (0,7 ±0,7 µg/L, Tabla 4.8.3-1) que el Golfo de Morrosquillo que viene disminuyendo gradualmente los niveles desde el 2002.

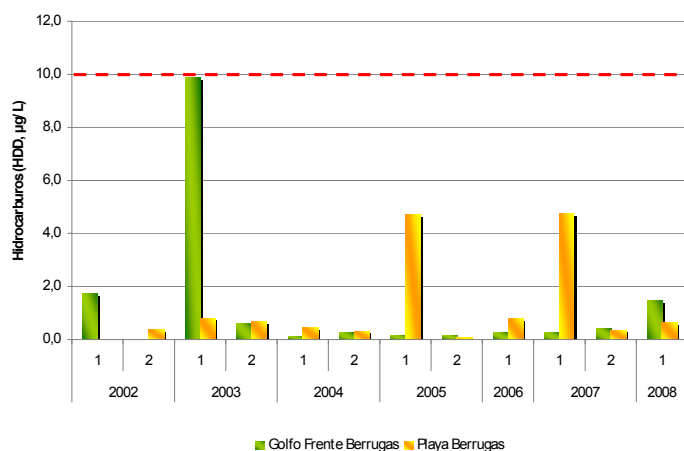


Figura 4.8.3-3. Comportamiento de las concentraciones de hidrocarburos en las estaciones Frente a Berrugas y Playa Berrugas en época seca (1) y época de lluvias (2). La línea roja indica el valor de referencia de 10 µg/L.

Tabla 4.8.3-1. Resumen estadístico de las concentraciones de hidrocarburos aromáticos y plaguicidas organoclorados en aguas marinas y costeras de Sucre.

Parámetro	Golfo de Morrosquillo		Zona Norte - Punta San Bernardo	
	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)
Máx.	9,87	43,6	2,22	14,4
Mín.	0,00	0,03	0,05	0,03
Prom.	1,08	3,35	0,70	2,87
Mediana	0,61	1,00	0,35	0,60
STDDV	1,52	7,71	0,67	4,91
num.	169	37	9	9

### Plaguicidas

Como fuentes de compuestos organoclorados (OC) se destacan la agricultura y las escorrentías continentales; particularmente relacionados con el escurrimiento de agroquímicos al área común biogeográfica que comparten Sucre y Córdoba (Golfo de Morrosquillo). Sucre tiene una intensa actividad ganadera y es uno de los mayores productores de arroz, cultivo que demanda una gran cantidad de agroquímicos (MMA/PNUMA/UCR/CAR, 2000) y antes de la prohibición de los organoclorados ya se aplicaban en el departamento lindano y aldrin para el control de langostas.

### Descripción temporal

**1998 – 2001:** Un análisis detallado incluyendo la información recopilada por la REDCAM indica que en este periodo valores de OC estuvieron relativamente altos entre 10 y 30 ng/l en los sectores de descargas continentales al Golfo de Morrosquillo, indicio de la actividad agrícola desarrollada en las cuencas de los caños Zaragocilla, Francés, Pechelin y Arroyo Villeros. El valor histórico máximo de OC corresponde al sector de Berrugas (70,1 ng/l en 1999). **2002:** En época seca los valores de OCT no superaron los 8.8

ng/L pero, los registros demuestran una importante disminución de estos tensores ambientales sobre el recurso. **2003:** En la zona central del Golfo se encontró el valor más alto del año (10,6 ng/L) configurando un riesgo medio de contaminación, generando expectativas por la influencia crónica de este tipo de tóxicos en aguas costeras del departamento y que amerita continuar la vigilancia de los afluentes terrestres principalmente la cuenca hidrográfica del río Sinú (Figura 4.8.3-4). Entre **2004 y 2006** las concentraciones son indetectables, sólo se registran pequeñas cantidades de heptacloro en la *Ciénaga la Caimanera* (0,1 ng/L). **2006 y 2007:** Los valores de OC oscilaron en un rango cuyo valor máximo es de 0,7 ng/L. En el **2008** el rango ascendió a un máximo de 7,2 ng/L (Figura 4.8.3-4).

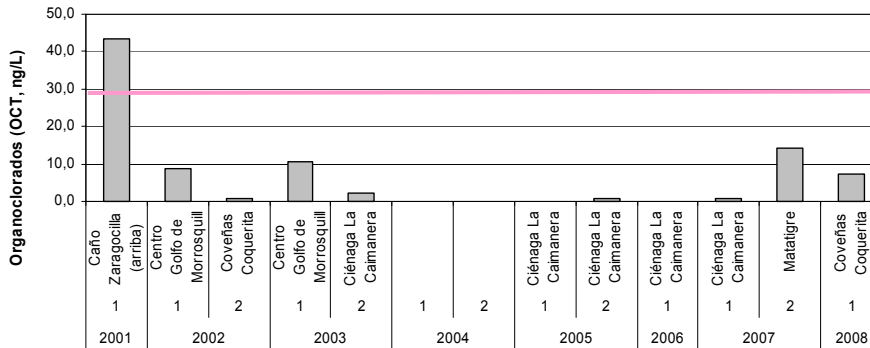


Figura 4.8.3-4. Rangos de variación de organoclorados en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2). La línea rosada indica la referencia de 10 µg/L.

Analizando la información disponible desde 1995 al 2004 se encuentra que los niveles promedio de OC se mantuvieron por debajo de la referencia (30 ng/L) mientras que la tendencia histórica muestra una disminución paulatina en las aguas costeras hasta tornarse casi indetectable hacia el 2007 (Figura 4.8.3-5). Para el 2008 los valores de OC se incrementaron, pero sin superar la referencia, además se espera que la tendencia decreciente se mantenga conforme al resto de departamentos del Caribe (Figura 4.8.3-5). Como en Sucre no existen grandes escorrentías continentales, se asume que las concentraciones encontradas en aguas costeras pueden deberse al transporte de residuos desde otros sectores.

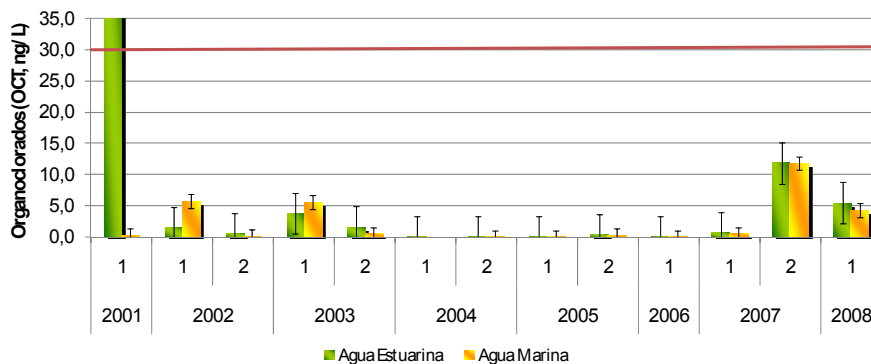


Figura 4.8.3-5. Comportamiento de plaguicidas organoclorados promedio en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2). La línea roja indica la referencia de 30 ng/L.

Las Figura 4.8.3-6 muestra las estaciones Matatigre, Ciénaga La Caimanera y Centro Golfo de Morrosquillo en donde ha sido recurrente la presencia de OC, quizás provenientes de escorrentías agrícolas de la cuenca del río Sinú, indicando el que estos residuos son transportados mar afuera y lejos del continente.

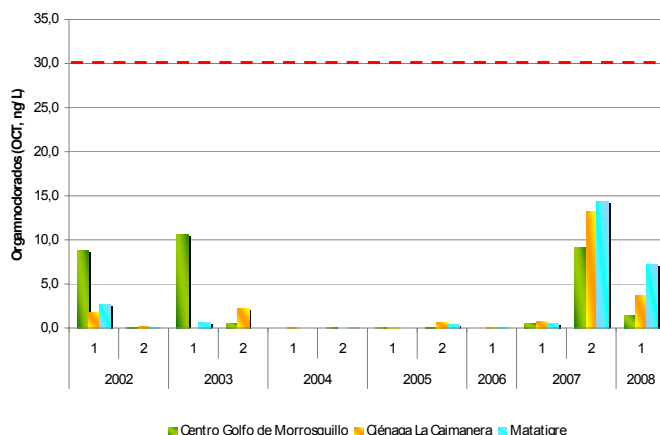


Figura 4.8.3-6. Comportamiento de plaguicidas organoclorados promedio en sitios recurrentes de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2). La línea roja indica la referencia de 30 ng/L..

#### 4.8.4 Variables Microbiológicas

En la costa Caribe colombiana Sucre presenta el mayor riesgo sanitario debido a la reincidencia de los altos niveles de microorganismos indicadores fecales en sus playas. Recurrentemente entre 2002 y 2008 las playas de Coveñas Coquerita, Hotel Playa Mar y Hotel Montecarlo en Tolú han excedido los niveles permisibles de Coliformes termotolerantes (CTE) establecidos en la norma (Decreto 1594 de 1984). La mayor concentración se ha encontrado en Coveñas Coquerita con un valor de 160.000 NMP CTE/ 100 ml en septiembre del 2005. En este periodo de evaluación (II-2007 a I-2008) nuevamente se presentaron valores por encima de los límites permisibles de CTE para contacto primario en las tres playas mencionadas anteriormente; al igual que la estación de Coveñas Puerto Viejo.

A partir del año 2006 se implementó la determinación de Enterococos fecales (EFE) para complementar la evaluación microbiológica por CTE siguiendo los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud. Los EFE permiten evidenciar contaminación fecal que ha ocurrido tiempo atrás y ha sido aceptado mundialmente como un mejor indicador de la presencia de microorganismos patógenos intestinales en aguas marinas (Suárez, 2002). En este sentido, las playas del Hotel Montecarlo en septiembre de 2007 y Coveñas Coquerita en septiembre de 2007 (época de lluvias) y marzo de 2008 (época seca) registraron valores superiores al permisible de 40 UFC/ 100 ml (Tabla 4.8.4-1).

Tabla 4.8.4-1. Calidad sanitaria de las playas de Sucre en el segundo muestreo 2007 (lluvia) y primer muestreo 2008 (seca) de acuerdo a los criterios de la legislación colombiana (CTE >200 NMP /100 ml) y la Organización Mundial de la Salud (EFE > 40 UFC/ ml) para aguas de contacto primario. El color verde significa calidad apta y el naranja calidad no apta

Playas	II -2007	I- 2008
Coveñas Coquerita		
Coveñas Puerto Viejo		
Coveñas Puntepiedras		
Isla Palma		
Playa Berrugas		
Playa Frances		
Playa Tolú Hotel Montecarlo		
Playa Tolú Hotel Playa Mar		
Punta Rincón		

El deterioro en la calidad de las aguas recreacionales del departamento se crea por el deficiente sistema de servicios públicos y la baja cobertura de alcantarillado que genera vertimiento directo de aguas residuales a la zona costera; sumando a la descarga los vertimientos del sector hotelero que a pesar de estar conectado al servicio de alcantarillado en las épocas de fuertes lluvias terminan vertiendo sus residuos a la costa porque los sistemas se desbordan.. Adicionalmente, las condiciones sanitarias de la estación Coveñas Coquerita obedecen al vertimiento de las aguas del Arroyo Villeros que recoge las aguas residuales de la Base Militar de Coveñas y de algunas poblaciones aledañas.

#### 4.8.5 Metales pesados

##### Cadmio

Las concentraciones de cadmio en las aguas costeras de Sucre han presentado un comportamiento variable y no muestran un patrón temporal en los periodos de muestreo. Se observa en la Figura 4.8.5-1 que los promedios mas altos se presentaron entre la épocas secas de 2001 a la seca 2002.

Los promedios más bajos de cadmio tanto para aguas estuarinas y marinas se presentaron en la época lluviosa de 2002 con valores de 0.06 µg/L y 0.08 µg/L respectivamente, mientras que los promedios mas altos se registraron para aguas estuarinas en el periodo seco 2002 y en aguas marinas en el periodo seco de 2001 con concentraciones promedio de 2.52 µg/L y 2.29 µg/L respectivamente. El cambio fue más notorio en época de lluvias de 2002, ya que las concentraciones estuvieron entre 27 y 42 veces menores que las reportadas en la época climática del año anterior (Figura 4.8.5-1); luego se presentó un ligero aumento y desde entonces se mantienen cercanos los valores, sin superar los máximos permisibles que establece la legislación brasilera para aguas estuarinas y marinas destinadas a la preservación de vida acuática (CONAMA, 1986).

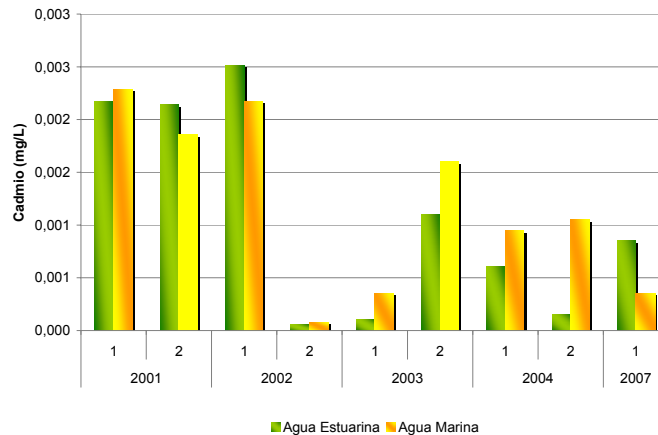


Figura 4.8.5-1. Concentraciones promedio de cadmio en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2)

##### Plomo

De acuerdo a la Figura 4.8.5-3, el plomo presentó un gradiente ascendente desde la época seca de 2001 a la seca de 2002 alcanzando valores de 63.7 µg/L en aguas estuarinas y 54.7 µg/L en las marinas. Después disminuyó considerablemente a niveles de 2.18 µg/L y 2.68 µg/L entre 20 y 50 veces menores a los reportados en el periodo climático anterior (Figura 4.8.5-3). Pese al ligero aumento que mostraron después del 2002 estos se han mantenido en un rango de 2.18 µg/L y 15.6 µg/L en aguas estuarinas y entre 2.68 µg/L y 18.3 µg/L en aguas marinas. En el 2007 los valores promedio fueron mínimos de 12.2 µg/L en aguas marinas y máximos de 5.53 µg/L en aguas estuarinas.



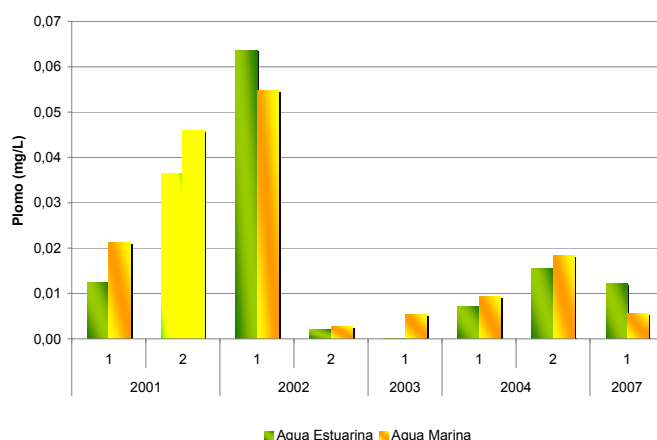


Figura 4.8.5-2. Concentraciones promedio de plomo (mg/L) en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2)

Los valores de plomo obtenidos en el monitoreo de aguas en 7 años muestran que en Sucre existen tensores importantes de contaminación por los valores reportados en estaciones como Ciénaga Caimanera y en los caños Guacamayo, Pechelín y Zaragocilla, con valores que sobrepasaron los límites permisibles establecidos por la legislación de Brasil para aguas estuarinas (1.0 µg/L). Igualmente las estaciones frente a Caimanera y Matatigre superaron la referencia para aguas marinas. Estas concentraciones de metales pesados en ecosistemas como ciénaga La Caimanera pueden derivarse de las diversas actividades antropogénicas a las que está sometida y los vertimientos de la minería que se practica en la región. Otra fuente importante es el uso frecuente de agroquímicos para cultivos de arroz los cuales contienen en componentes a base metales pesados.

### Cromo

Las concentraciones de cromo tuvieron un comportamiento similar al plomo con altos valores en el 2001 y una drástica disminución en el 2002 (Figura 4.8.5-3). Las aguas marinas registraron los máximos promedios en la época lluviosa de 2001 y 2004. En el 2007 las concentraciones de cromo disminuyeron a promedios de 0.70 µg/L para aguas estuarinas y de 0.28 µg/L en aguas marinas; valores que no generan riesgo de contaminación, ya que son inferiores al límite de referencia de 5.0 µg/L (CONAMA, 1986)

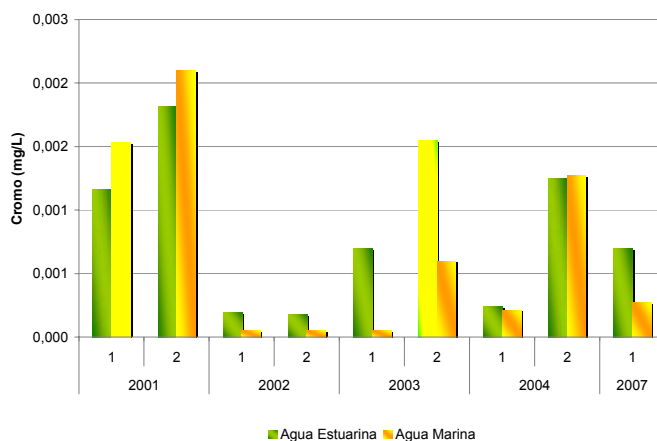


Figura 4.8.5-3. Concentraciones promedio de cromo (mg/L) en aguas costeras de Sucre en época seca (1) y época de lluvias (2)

#### 4.8.6 Evaluación de la calidad del agua utilizando indicadores

La evaluación de la calidad del agua del departamento de Sucre utilizando indicadores muestra que en la época seca de 2008 el 88.5% de los sitios presentaron calidad *Excelente* (circulo verde) para actividades recreativas, náuticas y de playas y el 11.5% obtuvieron valores entre 50 y 75 considerados como *Buena* calidad (circulo amarillo) particularmente en las estaciones playa Tolú Hotel Montecarlo y los caño Francés y Guainí (Figura 4.8.6-1a). El indicador de calidad del agua para uso de preservación de flora y fauna – PFF – fue *Excelente* con valores entre 75 y 100 en el 92.3% de los sitios y sólo en las estaciones de los caños Francés y Guainí mostraron indicadores entre 50 y 75 (*calidad Buena*) para la época seca de 2008 (Figura 4.8.6-1).

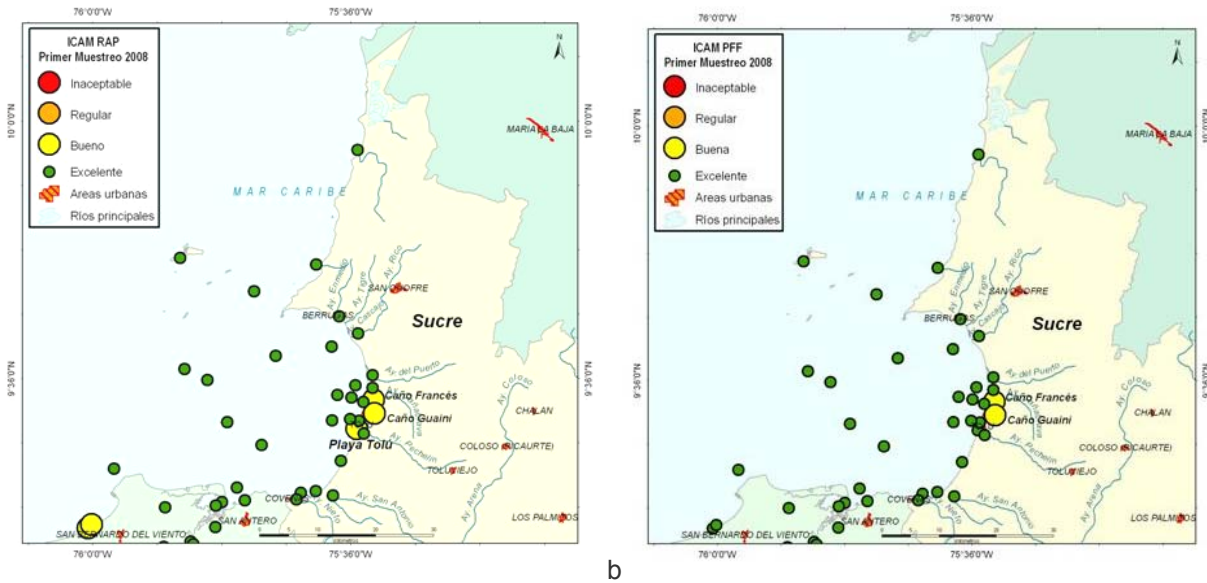


Figura 4.8.6-1. Representación gráfica del indicador de calidad de aguas marinas y estuarinas en la época seca de 2008. a) Actividades recreativas, náuticas y playas - RAP y b) Preservación de flora y fauna – PFF.

#### 4.8.7 Conclusiones

Los aportes de aguas continentales del departamento de Sucre son las fuentes principales de altas concentraciones de nutrientes en las aguas costeras, aunque Sucre no tiene grandes ríos, si presenta caños y quebradas que sufren taponamiento en temporada seca por el mal uso de los pobladores que los utilizan como basureros, escenario que se ve en los caños Guainí, Alegría y Francés particularmente.

En la actualidad las concentraciones de HDD aumentaron ligeramente en algunas estaciones de manera puntual, posiblemente por las actividades de tránsito de embarcaciones, pero la tendencia general en las mediciones desde el 2001 es a decrecer. Aunque los niveles de plaguicidas organoclorados incrementaron en el 2008, estos no superaron el valor de referencia y se espera mantengan el descenso de manera similar a los demás departamentos del litoral Caribe.

Las estaciones de Coveñas Coquerita y las playas de los hoteles Montecarlo y Playa Mar recurrentemente en el periodo 2002 a 2008 han presentado concentraciones de indicadores fecales superiores a la establecida en la normatividad Colombiana para aguas recreacionales destinadas a actividades de baño y natación.

Si bien los registros de metales en aguas de la zona costera han variado sin un patrón temporal definido entre épocas climáticas, se observa que tiende a disminuir. No obstante, muy a pesar de este comportamiento, las concentraciones de plomo superan el valor límite (1.0 µg/L) establecido por el estándar de calidad de aguas estuarinas con fines de preservación de la vida acuática.



# CÓRDOBA



San Antero



Bahía de Cispata

## 4.9 CORDOBA

El 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 23.980 km<sup>2</sup> lo que representa el 2.1 % del territorio nacional.

El clima del departamento puede dividirse en cuatro áreas o sectores, el primero de ellos corresponde a la parte septentrional o costera, con una precipitación no mayor de 800 mm y una temperatura por encima de 28°C. La segunda sección la definen los valles, con precipitación entre 1.000 y 2.000 mm; la tercera, corresponde a la parte sur del departamento, con una precipitación anual de más de 2.000 mm; y por último la de las estribaciones de la cordillera con temperaturas entre 18 a 24°C y precipitación mayor de 3.000 mm al año (IGAC, 2002).

#### 4.9.1 Estaciones de Muestreo

Las estaciones de muestreo en Córdoba, se han venido (Figura 4.9.1-1). Las estaciones se han monitoreado dentro de la red de muestreo, durante los últimos tres años.

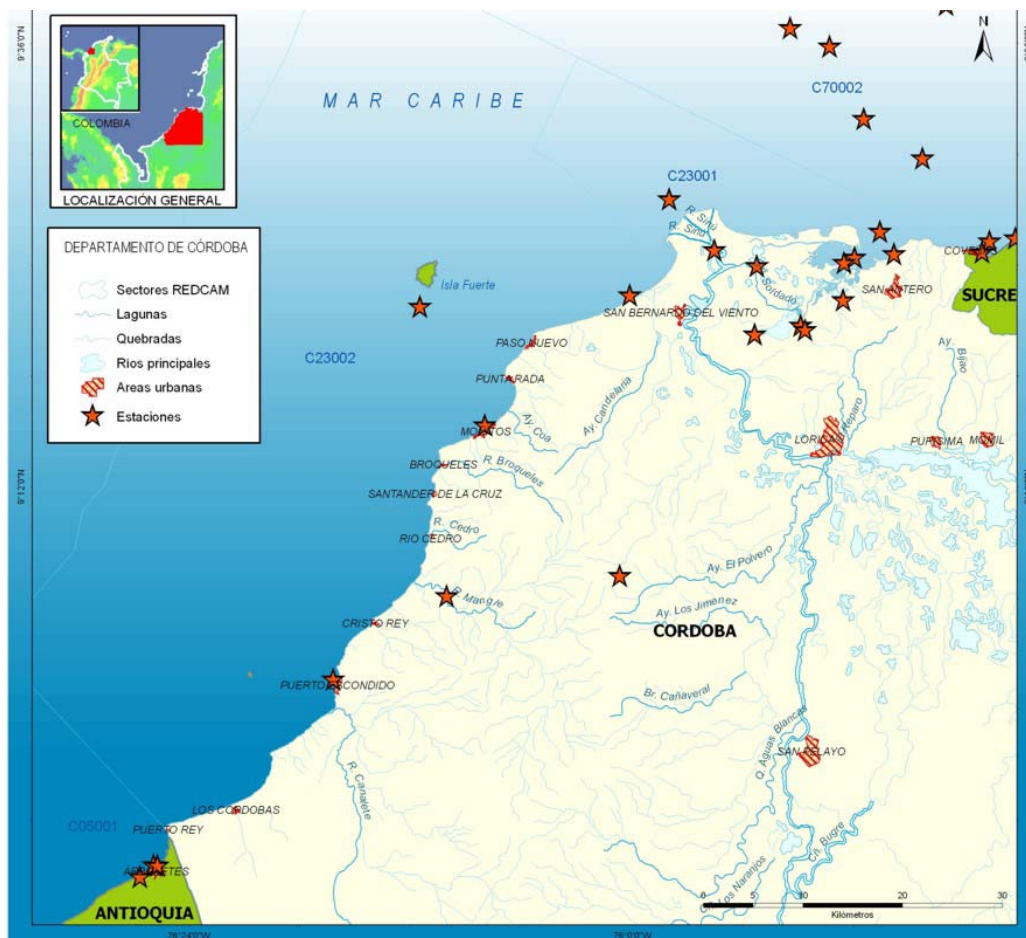


Figura 4.9.1-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de Córdoba.

#### 4.9.2 Variables fisicoquímicas

Nutrientes inorgánicos.

##### Amonio.

Las concentraciones del ión amonio para el primer semestre del 2008 para el ión amonio fueron de 1,3 µg/L para las aguas marinas, 2,5 µg/L en las aguas estuarinas y 5,8 µg/L en las continentales (Figura 4.9.2-1). Las estaciones con las mayores concentraciones fueron Boca del Distrito de riego Cantarillo (8,7 µg/L) y el río Sinú (6,8 µg/L). Estas estaciones muestran en su información histórica, que en el pasado han llegado a registrar concentraciones de amonio por encima de los 60 µg/L, pero en los últimos muestreos se estabilizan en concentraciones por debajo de los 25 µg/L, lo que es síntoma de una buena oxigenación de sus aguas.

Las concentraciones del ión se encontraron en condiciones ideales (menores a 20 µg/L), para destinación y uso de la preservación de flora y fauna en las aguas marino-costeras del departamento del Córdoba (según el decreto 1594/1984; Begon *et al.*, 2006).

Históricamente las aguas del departamento de Córdoba, han mostrado bajas concentraciones del ión amonio (promedio máximo marino de 49 µg/L; Figura 4.9.2-1). Sólo por una ocasión el río Sinú presentó concentraciones altas durante el primer muestreo del 2004 (854 µg/L).

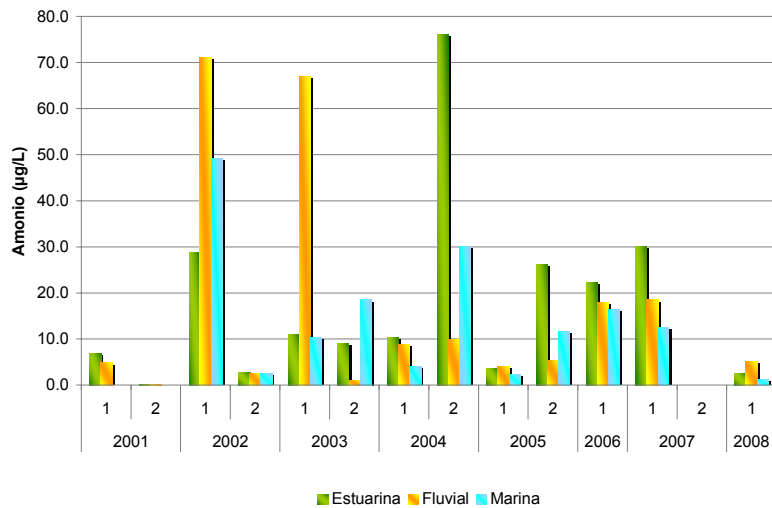


Figura 4.9.2-1. Comparación histórica de las concentraciones de amonio en las aguas costeras del departamento de Córdoba.

##### Nitratos.

Las concentraciones del ión nitrato durante el primer semestre del 2008 estuvieron entre 10,5 µg/L en las aguas marinas, 17,3 µg/L en las estuarinas y 32,2 µg/L en las continentales (Figura 4.9.2-2). Las estaciones con mayor concentración fueron el río Sinú y Boca del Distrito de riego Cantarillo (60,2 y 41,8 µg/L respectivamente). Los ríos son fuentes naturales de este ión por los procesos de degradación de la



materia orgánica, pero en esta oportunidad se consideran valores dentro del rango esperado para este tipo de agua, ya que históricamente se tienen registros promedios menores a 40 µg/L de nitratos.

Como ocurre con el amonio, las concentraciones promedio de nitratos históricas han sido bajas con el máximo de 19 µg/L, calculado para el segundo muestreo de 2005.

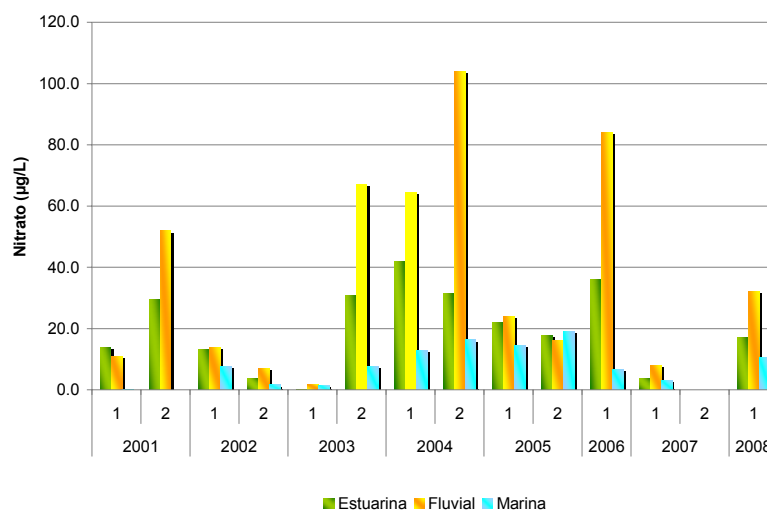


Figura 4.9.2-2. Comparación histórica de las concentraciones de nitrato en las aguas costeras del departamento de Córdoba.

### Ortofosfatos.

El fósforo inorgánico durante el primer semestre del 2008 presentó concentraciones promedio entre 4,3 µg/L en las aguas marinas, 14,8 µg/L para las estuarinas y de 5,0 µg/L en las de los ríos (Figura 4.9.2-3). El sitio con mayor concentración fue ciénaga La Soledad con 103,9 µg/L de fósforo inorgánico disuelto. Es la primera vez que esta estación presenta concentraciones por encima de 40 µg/L (INVEMAR, 2008). Las concentraciones de fósforo por debajo de los 20 µg/L no se consideran de riesgo para esta agua.

Los promedio de ortofosfatos en aguas marinas para los muestreos históricos han sido en su mayoría bajos (15 µg/L) y la tendencia es a mantenerse en esa condición.

### Silicio.

Los valores de concentraciones del silicio inorgánico, para el primer muestreo del 2008 fueron de 1074 µg/L en las aguas marinas, 2875 µg/L en las estuarinas y de 876 µg/L en las fluviales (Figura 4.9.1-1). Aunque las fuentes de agua continentales son las que aportan este ión a la zona costera como un proceso de producto del arrastre de los suelos y sedimentos que llevan, fueron las caños y ciénagas que drenan hasta la bahía de Cispata las que tienen los registros más altos de silicio inorgánico (Punta Rula y ciénaga La Loma 5980 y 5855 µg/L respectivamente).

Las concentraciones de este ión no representan un problema para los organismos marino-costeros, aunque si lo es para el desarrollo de las diatomeas (algas unicelulares; Begon *et al.*, 2006). Las concentraciones promedio del silicio inorgánico medidas en el 2008 son mayores a los de años anteriores para las aguas marina y estuarinas; las continentales presentaron una disminución con respecto a muestreos pasados (INVEMAR, 2008).

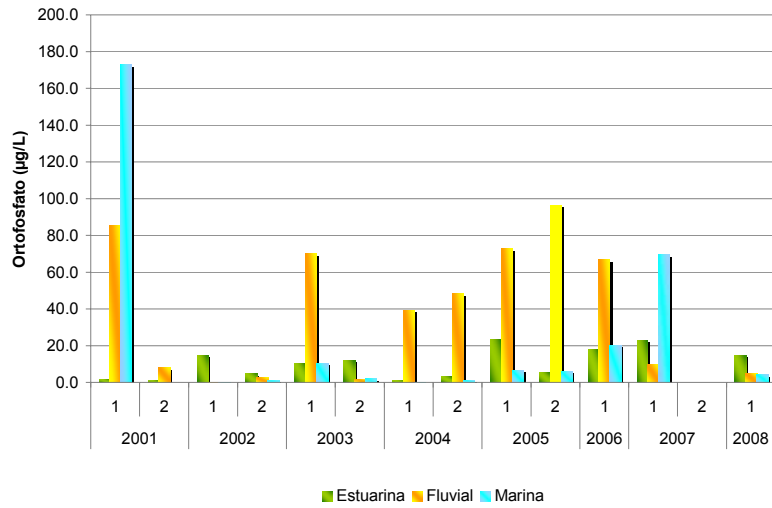


Figura 4.9.2-3. Comparación histórica de las concentraciones de ortofosfato en las aguas costeras del departamento de Córdoba.

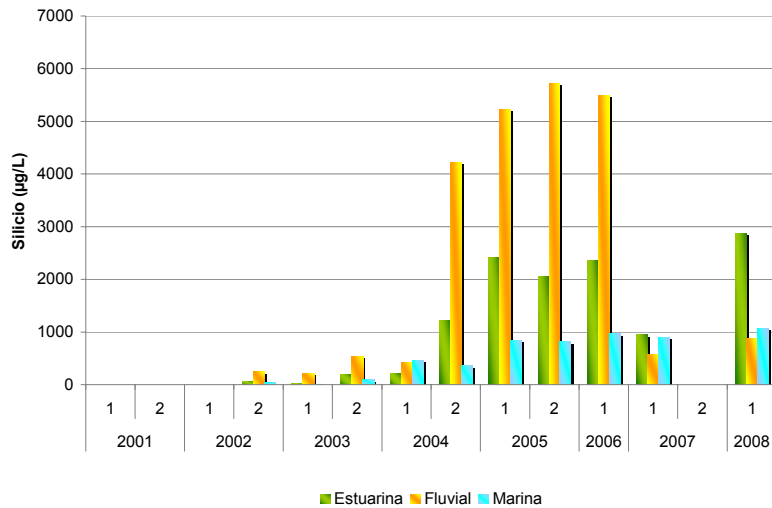


Figura 4.9.2-4. Comparación histórica de las concentraciones de silicio en las aguas costeras del departamento de Córdoba.

Oxígeno disuelto.

Para el primer muestreo del 2008, las concentraciones del oxígeno superficial tanto en las aguas marino-estuarinas como fluviales estuvieron por encima de los 6 mg/L (Figura 4.9.2-5). Todas las estaciones presentaron concentraciones por encima de los 4 mg/L (Decreto 1594 de 1984), con excepción de la Boca del Distrito de Riego en Cantarillo (3,5 mg/L), que históricamente ha presentado registros incluso por debajo de 2 mg/L. Con base en los promedios presentados, se puede decir que las aguas costeras del departamento de Córdoba tienen buenas condiciones generales de aireación y oxigenación.

Históricamente, las concentraciones del oxígeno en las aguas costeras del departamento de Córdoba, sólo las aguas fluviales han registrado dos valores promedio menores a 4 mg/L (Figura 4.9.2-5), durante el segundo muestreo 2003 y el primero del 2004.

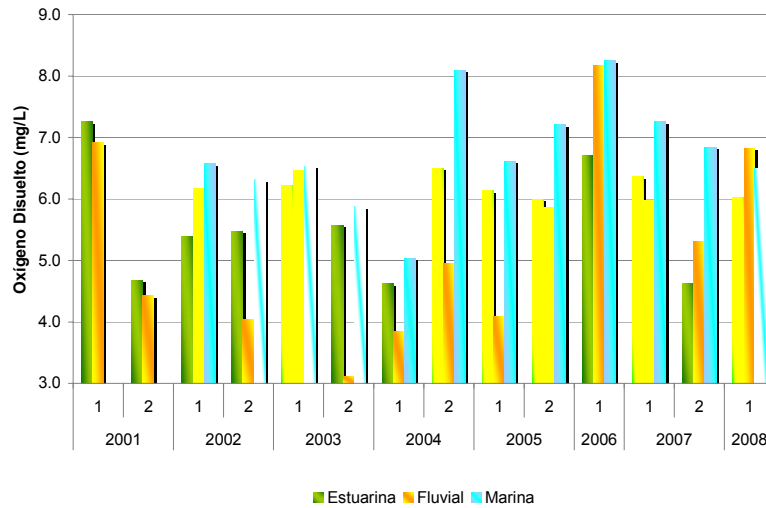


Figura 4.9.2-5. Comparación histórica de las concentraciones del oxígeno disuelto en las aguas costeras del departamento de Córdoba.

Valor del pH.

Los valores del pH de las aguas costeras del departamento de Córdoba durante el primer muestreo del 2008, fueron de 8,0 para las marinas, 7,9 para las estuarinas y de 8,0 para las fluviales (Figura 4.9.2-6). Las estaciones que presentaron bajos valores de pH fueron la Boca del Distrito de riego Cantarillo y el río Sinú (7,3 y 7,5 respectivamente). En Cantarillo se tienen varios registros de de pH, por debajo de 7, lo que indica la presencia de iones que tienden a la acidez de las aguas. Para río Sinú, los registros históricos son similares a los del primer muestreo 2008.

En los promedios del pH para los muestreos anteriores al 2008, las aguas marinas han presentado pocos registros con valor menor a 8. Los registros para las aguas estuarinas y continentales, son los que mayores fluctuaciones presentan a este parámetro, pero se nota que pueden influir sobre la zona costera.

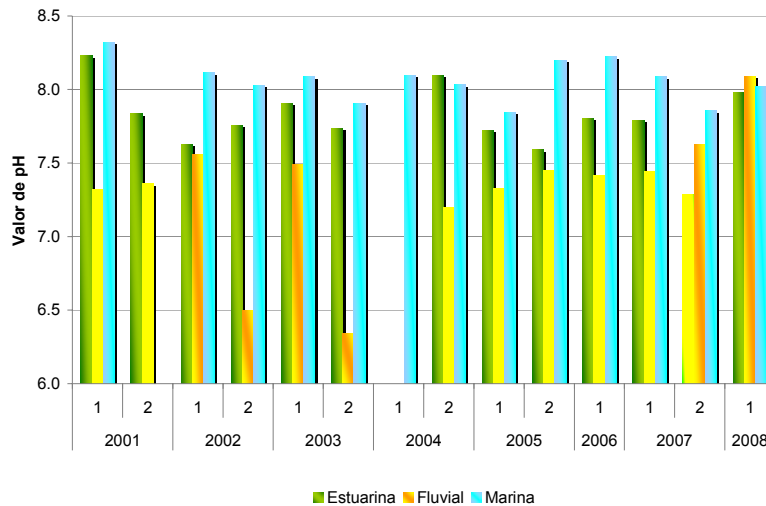


Figura 4.9.2-6. Comparación histórica de los valores del pH en las aguas costeras del departamento de Córdoba.

Salinidad.

La salinidad de las aguas marino-costeras, presentó valores promedios normales durante el primer muestreo del año 2008 con 31,4 para las marinas 22,5 para las estuarinas y 1,8 para las fluviales (Figura 4.9.2-7). Los registros pasados de salinidad en el departamento de Córdoba muestran que la salinidad es un parámetro que se conserva estable en el tiempo de muestreo (INVEMAR, 2008).

En el departamento de Córdoba, la influencia del río Sinú es notable por la forma como la salinidad es influida (en los registros promedios de muestreos anteriores), disminuyendo la salinidad en las aguas costeras a valores por debajo de 25 (Figura 4.9.2-7). Esto no significa que exista algún riesgo, sino que la descarga de agua dulce del río Sinú es importante.

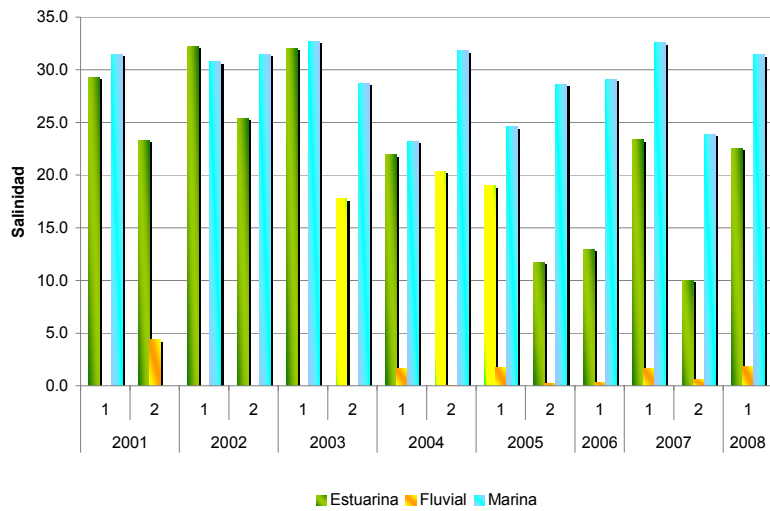


Figura 4.9.2-7. Comparación histórica de la salinidad en las aguas costeras del departamento de Córdoba.

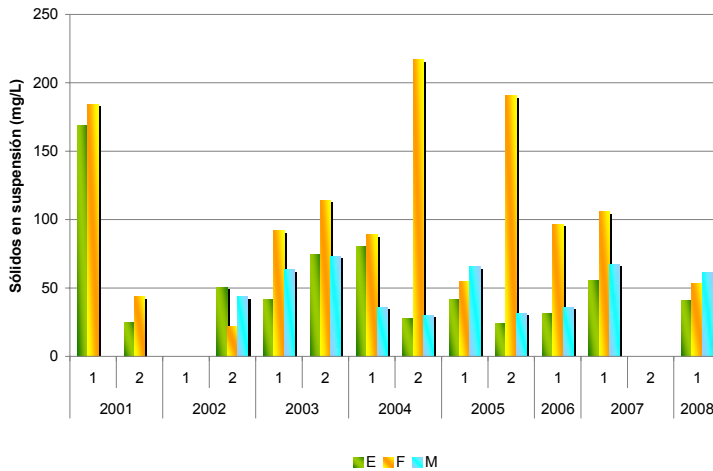


Figura 4.9.2-8. Comparación histórica de las concentraciones de los sólidos en suspensión por las aguas costeras del departamento de Córdoba.

### Sólidos en suspensión.

Las concentraciones de los sólidos en suspensión, durante el primer muestreo del 2008 han estado en 61,6 mg/L en las aguas marinas, 41,2 mg/L en aguas estuarinas y 53,3 mg/L en las fluviales (Figura 4.9.2-8). Las estaciones de Playa de Los Venados y Río Mangle fueron las de mayor concentración (112,2 y 72,2 mg/L respectivamente), para el primer muestreo del 2008. Los registros de las concentraciones de los SST en Playa de Los Venados, muestra una tendencia al aumento durante los últimos muestreos, mientras que para el río Mangle la tendencia es a disminuir (INVEMAR, 2008).

Como ocurre con la salinidad, los aportes históricos de los sólidos en suspensión traídos por el río Sinú, se pueden seguir en las aguas marinas costeras, en las que los promedios han estado cambiando entre 30 y 73 mg/l (Figura 4.9.2-8). La tendencia temporal es a mantenerse en estas condiciones

### 4.9.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

#### Hidrocarburos

De manera similar al departamento de Sucre los controles ambientales por hidrocarburos (HC) del petróleo en Córdoba se han enfocado a la vigilancia de los potenciales derrames accidentales durante operaciones de transporte y manejo de crudo y derivados en el puerto petrolero, por la presencia del terminal del oleoducto en Coveñas y del buque cisterna TLU en el Golfo de Morrosquillo.

#### Descripción temporal

La siguiente descripción se basa en los rangos de concentración registrados durante cada monitoreo (Figura 4.9.3-1).

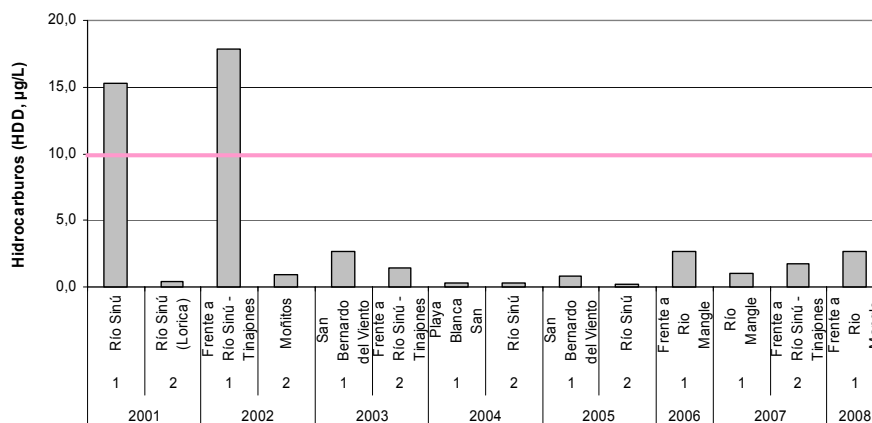


Figura 4.9.3-1. Rangos de variación de las concentraciones de hidrocarburos en aguas para cada monitoreo.

**2001:** el rango más amplio tuvo lugar en la temporada seca, con un máximo de 15,27 µg/L determinado en el *Río Sinú* superando el valor de referencia para aguas no contaminadas (10 µg/L; UNESCO, 1984; Atwood, 1988). En la época de lluvias las concentraciones de HC disminuyeron por debajo de 4,16 µg/L.

**2002:** Se registran aportes significativos de hidrocarburos por el río Sinú. Estos hallazgos convierten al sector norte de la zona costera del departamento en una región de riesgo medio por hidrocarburos, mientras que en el sector sur los niveles son bajos, tipificando contaminación y riesgos poco significativos. Del **2003 - 2005** Las concentraciones de hidrocarburos se encuentran entre los registros más bajos obtenidos hasta el momento, lo cual significa que ambientalmente no existen riesgos por estos contaminantes o derrames que causen impacto en las aguas del Golfo. **2006:** Las concentraciones

aumentan ligeramente, sin embargo permanecen muy por debajo del nivel de referencia (10 µg/L). **2007:** La máxima concentración se registra nuevamente en el *Río Mangle* pero no supera el 1,0 µg/L. **2008:** el valor máximo es de sólo 2,65µg/L.

En líneas generales, teniendo en cuenta los niveles promedio desde el 2003 las concentraciones de HC muestran una tendencia a disminuir. Los resultados también presentan al río Sinú como una de las mayores fuentes de HDD a la zona costera de Córdoba (Figura 4.9.3-2,Tabla 4.9.3-1). debido a que recibe efluentes de aguas residuales sin tratamiento de 10 municipios y algunos municipios costeros, como San Antero, San Bernardo del Viento y Moñitos, cuya población global es aproximadamente de 60,000 hab., Además, presentan una actividad marítima importante, dedicada al transporte, turismo y pesca en embarcaciones menores.

Las concentraciones registradas en la Figura 4.9.3-3; para aguas marinas, estuarinas y fluviales no se correlacionan, lo que representa una entrada de hidrocarburos independiente de los flujos de escorrentías, probablemente para este departamento su presencia en el medio sea principalmente por tráfico marítimo y las descargas de aguas residuales

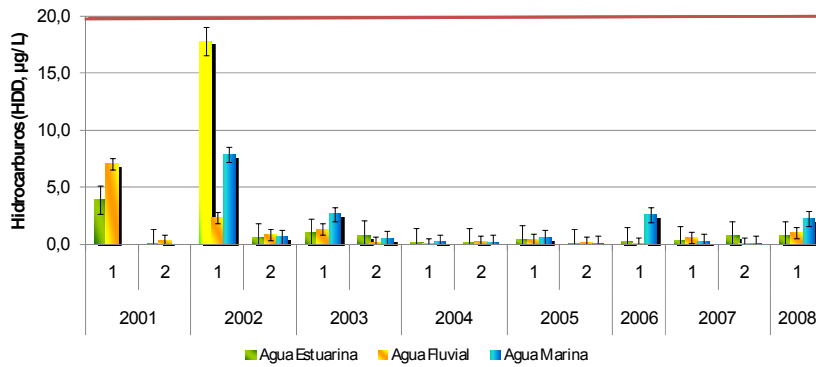


Figura 4.9.3-2. Comportamiento de las concentraciones de hidrocarburos en aguas marinas, estuarinas y fluviales de Córdoba

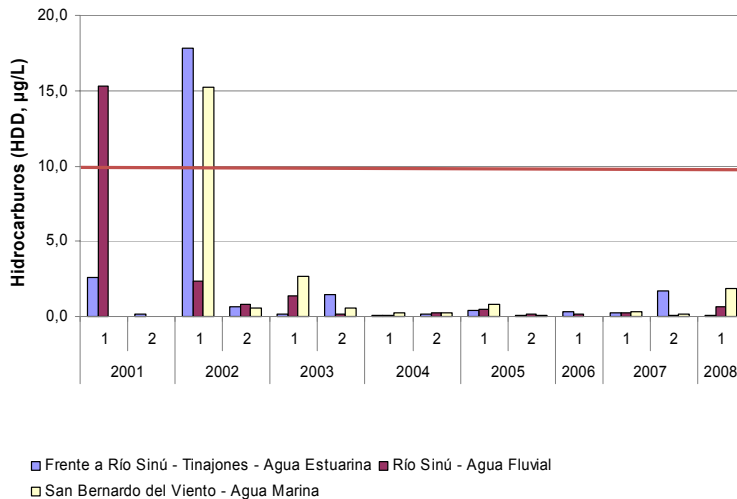


Figura 4.9.3-3. Comportamiento de las concentraciones de hidrocarburos en las estaciones Frente río Sinú (estuarina), Río Sinú (fluvial) y San Bernardo del viento (marina).

## Plaguicidas

Este departamento comparte con Sucre la parte sur del Golfo de Morrosquillo. La llanura aledaña a la zona costera 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 (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 (OC), como insecticidas y plaguicidas (MMA/PNUMA/UCR/CAR, 2000).

### Descripción temporal

La siguiente descripción se basa en los rangos de concentración registrados durante cada monitoreo (Figura 4.9.3-4).

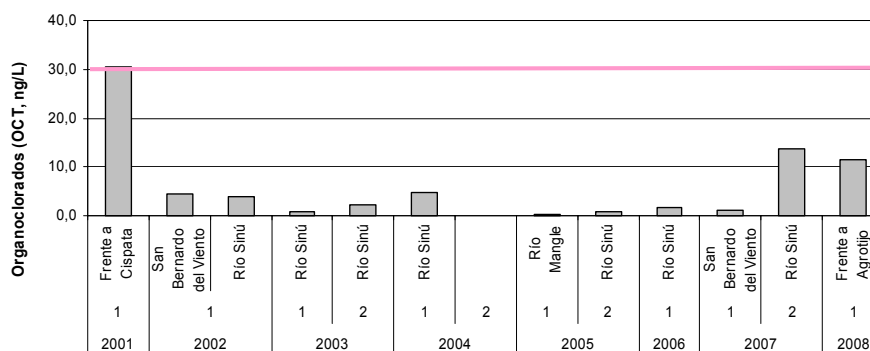


Figura 4.9.3-4. Rangos de variación de las concentraciones de organoclorados en aguas para cada monitoreo.

**1999 – 2001:** durante este periodo los valores más altos se registraron de forma recurrente en la desembocadura del río Sinú, algunos valores incluso, han superaron el valor de referencia de 30 ng/L en las dos épocas climáticas. **2002:** el Golfo de Morrosquillo presenta riesgo de contaminación por residuos OC a causa de las actividades agrícolas desarrolladas en las cuencas hidrográficas especialmente la del río Sinú, como se indicó anteriormente. En la época húmeda se hallaron los valores máximos en frente de la desembocadura y en el tramo final del río Sinú. **2003:** Todas las concentraciones fueron inferiores a 2,2 ng/L, evidenciando una ostensible reducción en el aporte de OC al mar. **2004:** en este año las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección de la técnica, a excepción del río Sinú donde se registró un valor de 4,8 ng/L. **2005:** en la época seca, se detectaron pequeñas concentraciones de OC principalmente DDT's, y endosulfan. **2006 y 2007:** En los dos años las concentraciones no superaron los valores hallados en el río Sinú. **2008:** en la actualidad las concentraciones aumentaron pero se mantienen por debajo del valor de referencia (30ng/L).

Las concentraciones de OC a partir de 1999 se han mantenido por debajo del valor de referencia, lo que permite en principio descartar riesgos altos de contaminación en las aguas costeras del departamento. De acuerdo a la información, el sector sur del departamento se encuentra relativamente en condiciones de bajo riesgo por residuos de OC (Tabla 4.9.3-1). Mientras que el área de influencia del río Sinú presenta mayor riesgo de impacto. La Figura 4.9.3-5 muestra correlación entre las concentraciones de OC en aguas fluviales, y las aguas marinas y estuarinas; lo cual suponen que el origen de los OC en el medio marino es debido principalmente a escorrentías continentales como los ríos, posiblemente los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo.

La información colectada presenta al río Sinú como la estación con mayor recurrencia de OC (Figura 4.9.3-6) en las dos épocas climáticas. También se puede observa un significativo descenso de sus niveles a partir del 2001 al 2007. A pesar de este descenso, en la actualidad se detectan pequeñas cantidades, debido probablemente a que los terrenos pueden estar drenando compuestos OC que

permanecen en el ambiente debido a su baja degradabilidad. Sin embargo, las concentraciones registradas están muy por debajo del valor de referencia para indicar un riesgo de contaminación.

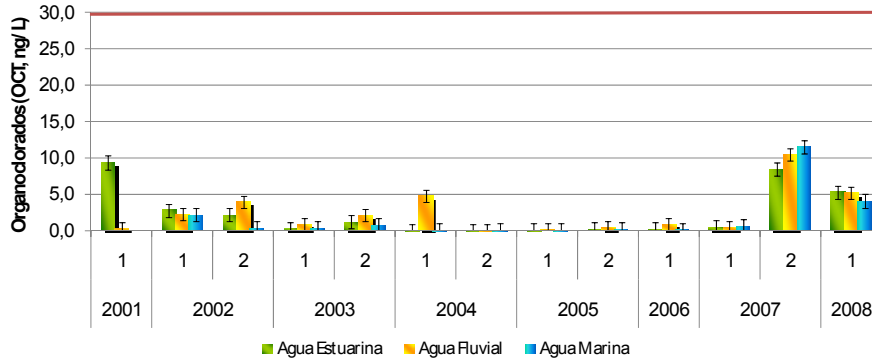


Figura 4.9.3-5. Comportamiento de las concentraciones de plaguicidas organoclorados en aguas marinas, estuarinas y fluviales de Córdoba.

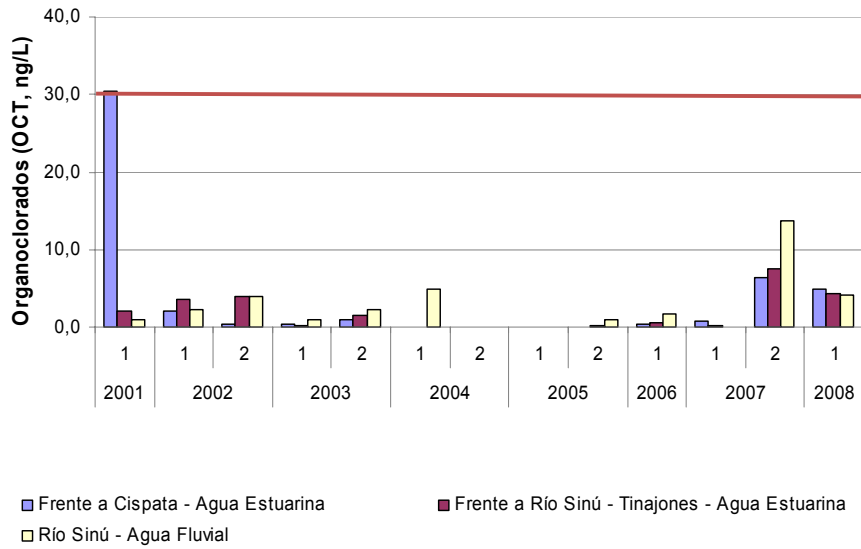


Figura 4.9.3-6. Comportamiento de las concentraciones de plaguicidas clorados en las estaciones Frente a Cispata (estuarina), Río Sinú (fluvial) Frente río Sinú (marina).

Tabla 4.9.3-1. Resumen estadístico de las concentraciones de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de Córdoba.

Parámetro	Cispata - Tinajones		Tinajones - Antioquia	
	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)
Máx.	17,83	30,5	15,21	13,6
Mín.	0,05	0,003	0,07	0
Prom.	1,42	2,58	1,32	1,85
Mediana	0,35	0,5	0,47	0,2
STDDV	3,20	4,52	2,95	3,53
num.	55	79	26	47



#### 4.9.4 Contaminación Microbiológica

La calidad microbiológica de cinco balnearios costeros y el tributario del Río Sinu han sido muestreados semestralmente desde el año 2002 con el objetivo de evaluar su calidad sanitaria. El Río Sinú es uno de los principales tributarios del País, el cual recolecta aguas domésticas e industriales de las poblaciones que se encuentran a lo largo de su cuenca y las lleva a desembocar en la Bahía de Cispata, en el Golfo de Morrosquillo. Durante el segundo semestre del año 2007 se presentó la mayor concentración histórica de Coliformes totales (CTT) con 9.400.000 NMP/ 100 ml. El nivel de CTT del Río Sinú revela que sus aguas no son aptas para el desarrollo de actividades de pesca, lo cual es de vital importancia, ya que esta es una de las principales actividades económicas de la zona.

Con respecto a la calidad de las playas, se determinó que en el monitoreo de septiembre de 2007 las playas Moñitos, Playa Blanca y Puerto Escondido no se encontraron aptas para el desarrollo de actividades de recreación, ya que sobrepasaron los niveles de Coliformes termotolerantes y Enterococos fecales empleados como guía para la evaluación sanitaria. Mientras que en abril de 2008, el 100% de las estaciones evaluadas presento condiciones microbiológicas adecuadas (Tabla 4.9.4-1).

En las zonas costeras, las concentraciones elevadas de Coliformes, pueden ser producto de la descarga directa de aguas residuales domésticas al mar, además de los desechos vertidos por el complejo turístico que se encuentra en la zona, lo cual es característico de las ciudades y municipios costeros (Bordalo et al., 2002).

Tabla 4.9.4-1. Calidad sanitaria de las playas del Córdoba en el segundo semestre del 2007 y primer semestre del 2008 de acuerdo a los criterios de la legislación colombiana (CTE>200 NMP /100 ml) y la Organización Mundial de la Salud (EFE> 40 UFC/ml) para aguas de contacto primario

<b>Playas</b>	<b>II -2007</b>	<b>I- 2008</b>
Moñitos		
San Bernardo del Viento		
Playa Blanca San Antero		
Puerto Escondido		
Playa de los Venados		

Verde: Apta, Naranja; No apta

#### 4.9.5 Metales pesados

La Figura 4.9.5-1 muestra las concentraciones promedio de cadmio, en aguas costeras del departamento de Córdoba. Es importante aclarar que para este departamento, la información analizada corresponde a solo 4 años muestreo, dado los inconvenientes técnicos surgidos para poder llevar a cabo los análisis de muestras en los años siguientes.

##### Cadmio

El cadmio presentó como tendencia hacia el último año de muestreo, en aumentar la concentración en aguas. Como se observa en la Figura 4.9.5-1, los valores mas bajos de cadmio fueron medidos durante la época lluviosa de 2003, reportándose valores promedio entre 0,21 µg/L y 1,05 µg/L, los cuáles corresponden a aguas fluviales y marinas respectivamente. Los máximos se observaron durante los periodos de sequía y lluvias en el 2001. Para este año y durante los dos periodos climáticos los valores máximos se midieron en agua de las estaciones con características fluviales; 2,32 µg/L en la época seca y 2,13 µg/L e la lluviosa. Los mínimos fueron medidos para aguas estuarinas; con valores de 2,0 µg/L durante el periodo seco y 1,9 µg/L en la época lluviosa. Vale resaltar que para este año, no hubo reporte

de concentración para cadmio en aguas marinas, dado que el monitoreo no contemplaba algunas zonas con influencia marina.

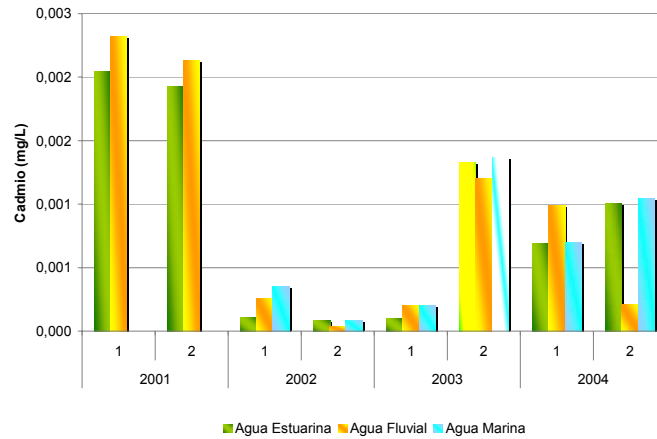


Figura 4.9.5-1. Concentraciones promedio de cadmio en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento del Córdoba

El análisis detallado de la información, ha permitido observar que las concentraciones de cadmio en las aguas fluviales mas específicamente en la estación de río Sinú y en los caños Nisperal y Remedía Pobre durante el 2001, superaron el valor de 1,0 µg/L, el cual establece como máximo permisible la legislación CONAMA de Brasil para su permanencia en aguas con las mismas características. Paralelamente, pese al aumento que igualmente se observó en aguas estuarinas durante este mismo año, frente a los años posteriores, no superaron el límite máximo de 5,0 µg/L establecido por la legislación de referencia.

### Plomo

Las concentraciones de plomo han presentado un comportamiento variable en el tiempo para los diferentes tipos de aguas en este departamento. Se observó según la Figura 4.9.5-2 que los mayores promedios para este metal corresponden a las aguas marinas y se obtuvieron en el periodo seco de 2002. Para el tiempo comprendido entre la época seca del 2001 a seca de 2002 hubo un notable incremento, pero posteriormente disminuyeron. Después de este periodo de manera progresiva volvieron a incrementar. Al comparar los resultados obtenidos para los diferentes tipos de aguas, se observó que en su mayoría los valores promedio mas bajos de plomo estuvieron dados por las aguas estuarinas excepto, en los periodos lluviosos del 2002 y 2004, años en los cuales estas a diferencia de las aguas fluviales y marinas, fueron un mayor. Contrariamente, en el periodo de lluvias del 2002 fue donde se midieron las concentraciones promedio mas bajas en los cuatro años de muestreo. Es de resaltar, que las concentraciones de este metal en las diferentes aguas del departamento no mostraron un patrón temporal definido dado que estas resultan variables entre años y periodos de muestreo.

En general, después del 2002 la tendencia que presentó el plomo fue en aumentar registrando para el último año es decir en el 2004, valores promedio entre 6,0 µg/L y 15,3 µg/L en aguas estuarinas, de 8,8 µg/L a 11,9 µg/L en aguas fluviales y de 7,1 µg/L a 14,6 µg/L en aguas marinas.

Para propósitos de evaluar la calidad de las aguas, se ha empleado como Norma de Referencia la Legislación Ambiental de Brasil (Resolución CONAMA N° 20 de 18 de junio de 1986). Según esta, se establece en aguas estuarinas (salobres) un valor máximo de 1,0 µg/L, en aguas marinas (saladas) de 50 µg/L y en aguas fluviales (dulces) de 30,0 µg/L. Según esto, el rango de valores obtenidos hasta la fecha en aguas estuarinas (p.e.) particularmente en la estación de frente de río Sinú-Tinajones (2,0 µg/L – 54 µg/L), superan el límite establecido. En aguas marinas, esta legislación permite hasta 50 µg/L y solo la

estación de moñitos durante el periodo seco del 2002, reportó un valor por encima de la citada norma; dicho valor fue de 60,5 µg/L. Para aguas fluviales el valor límite es de 30 µg/L el cual fue superado por las concentraciones registradas en el río Sinú durante los periodos de lluvia de 2001 (40 µg/L ) y seco de 2002 (60 µg/L)

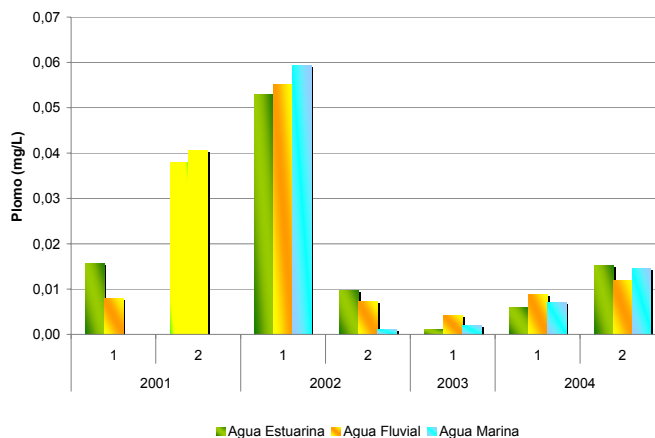


Figura 4.9.5-2. Concentraciones promedio de plomo en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento del Córdoba

### Cromo.

Las concentraciones de cromo también han sido variables y no denotan comportamiento temporal y espacial definido (Figura 4.9.5-3). Los promedios más bajos se observaron hacia el período lluvioso de 2002 y las más altas durante el mismo periodo climático de 2003, donde se obtuvo un promedio de 2,0 µg/L en aguas estuarinas, de 8,7 µg/L en aguas fluviales y de 6,0 µg/L en aguas marinas. Pese a la variabilidad presentada en años y en los tipos de aguas de este departamento, en ningún caso superaron los valores límites permisibles (50 µg/L), establecidos en el estándar de calidad empleado para evaluar la calidad de esta agua.

Las concentraciones del cromo, resulto ser el metal más inocuo para las aguas costeras del departamento, dadas sus bajas concentraciones según los límites de referencia. Los resultados obtenidos para el plomo y el cadmio son diferentes en algunos casos los valores de referencia, particularmente las concentraciones registradas en las estaciones del río Sinú. La mayoría de los ríos pueden constituirse en fuentes importantes de movilización de metales y este tributario no ha sido diferente. El río Sinú recibe las descargas de actividades agroindustriales desarrolladas a lo largo de su cuenca y los residuos domésticos de diez de los municipios más importantes de la región, lo cual puede tener marcada influencia en la concentración de los metales y explicar la permanencia de algunos en determinadas épocas.

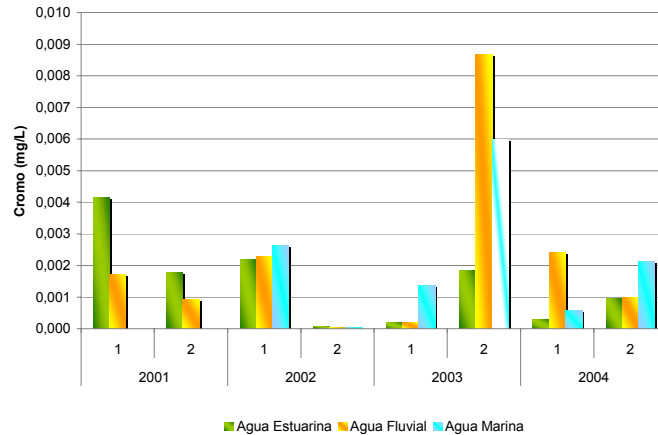


Figura 4.9.5-3. Concentraciones promedio de cromo en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento del Córdoba

#### 4.9.6 Evaluación de la calidad del agua utilizando indicadores

Los indicadores de la calidad del agua muestran que en la época seca de 2008 el 84,5% de los sitios presentaron calidad *Excelente* (círculo verde) para actividades recreativas, náuticas y de playas y el 15,3% obtuvieron valores entre 50 y 75 considerados como *Buena* calidad (círculo amarillo) particularmente en las estaciones playa de los Venados y San Bernardo del Viento (Figura 4.9.6-1a). El indicador de calidad del agua para uso de preservación de flora y fauna – PFF – fue *Excelente* con valores entre 75 y 100 todos de los sitios de muestreo para la época seca de 2008.

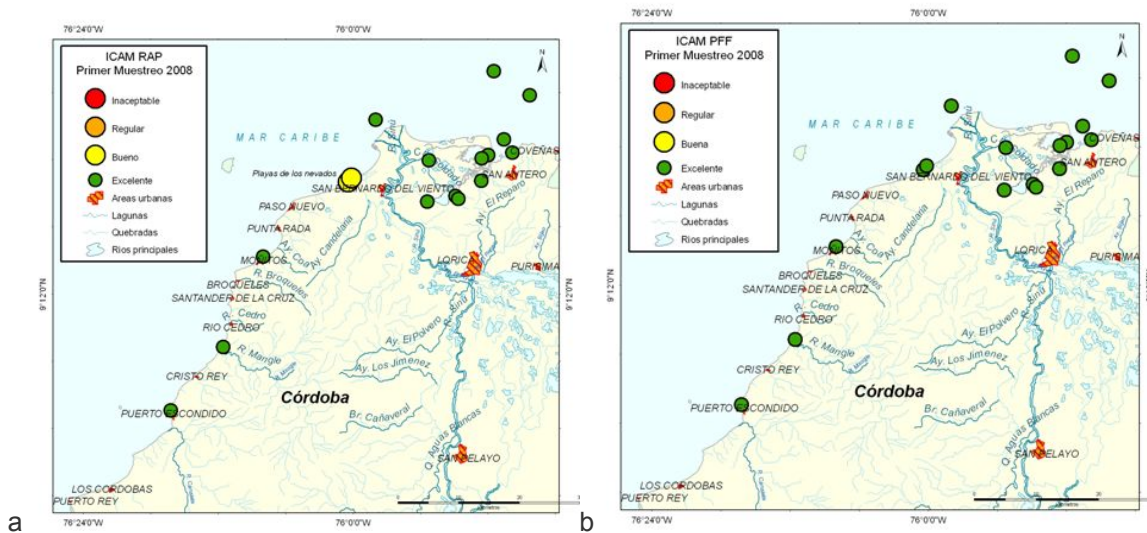


Figura 4.9.6-1. Representación gráfica del indicador de calidad de aguas marinas y estuarinas en la época seca de 2008. a) Actividades recreativas, náuticas y playas - RAP y b) Preservación de flora y fauna – PFF.

#### 4.9.7 Conclusiones

El Distrito de riego y el río Sinú, tienen la mayor influencia en las aguas costeras del departamento de Córdoba, por los sitios que estos cursos de agua atraviesan.

Las concentraciones de HDD, muestran una tendencia descendente desde la época seca del 2000 y en la actualidad están muy por debajo del valor de referencia adoptado para aguas (10 ug/L).

La información disponible de organoclorados en agua desde la época lluviosa del 2002 al 2007 indica valores notoriamente menores a la norma aplicada (30 ng/L) y la tendencia en el departamento sugiere una disminución de los niveles de estos compuestos en aguas, en la actualidad aun se detectan trazas de residuos OC que llegan al medio marino debido principalmente a las escorrentías continentales

En el primer semestre del año 2008, el 100% de las playas evaluadas se encontraron aptas para actividades de recreación; mientras que en el segundo semestre del 2007, sólo el 40% cumplía con los requisitos microbiológicos de la normatividad colombiana e internacional. La calidad sanitaria del Río Sinú no es apta para el desarrollo de actividades de contacto primario y secundario.



# ANTIOQUIA



Arboletes



Necoclí





## 4.10 ANTIOQUIA

El Departamento se sitúa al noreste del país, entre los 05°26' y 08°52' de latitud Norte; los 73°53' y 77°07' de longitud Oeste. Tiene una superficie de 63.612 km<sup>2</sup> lo que representa el 5.6 % del territorio nacional. Limita por el Norte con el mar Caribe y los departamentos de Córdoba y Bolívar; por el Este con Bolívar, Santander y Boyacá; por el Sur con Caldas y Risaralda y por el Oeste con el departamento del Chocó.

El clima del Departamento de Antioquia es muy variado, por factores como la latitud, altitud, orientación de los relieves montañosos, los vientos, etc. En la región de Urabá, al noroeste del departamento, las lluvias tienen un régimen bimodal (dos picos anuales); se presenta un período seco de diciembre a marzo, con influencia de los vientos del noreste y una estación de lluvias de abril a noviembre, las máximas se dan entre mayo y noviembre.

### 4.10.1 Estaciones de Muestreo

Las estaciones de muestreo fueron escogidas y configuradas por CORPOURABA, según la información recopilada en muestreos anteriores (Figura 4.10.1-1). En la actualidad, el número de estaciones y su seguimiento, se modifican según la información registrada y los criterios de la corporación.

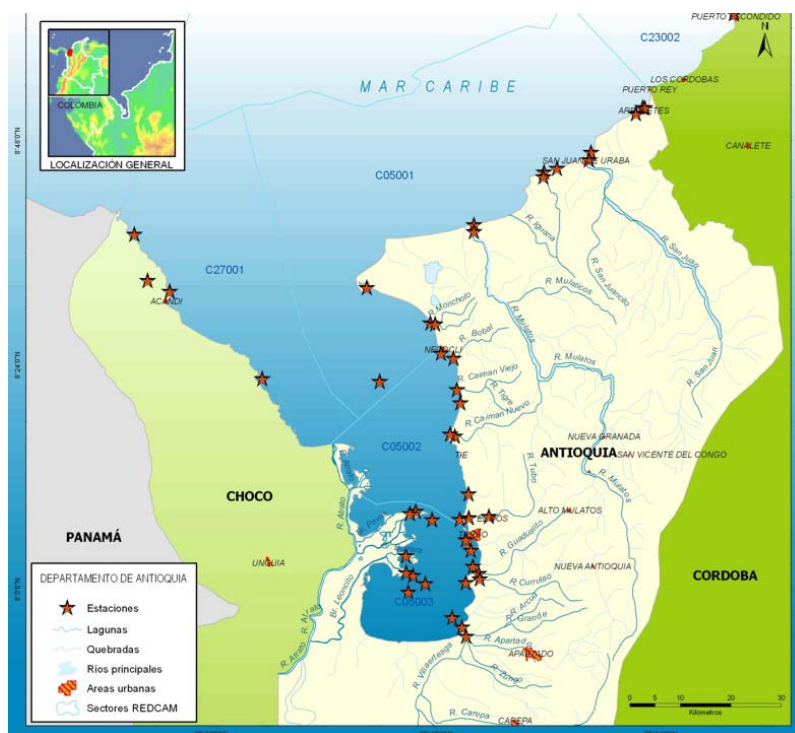


Figura 4.10.1-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de Antioquia.

#### 4.10.2 Variables fisicoquímicas

Nutrientes inorgánicos.

##### Amonio.

Las concentraciones del ión amonio durante el segundo muestreo del 2007 fueron de 122 µg/L en las aguas marinas, 128,6 µg/L en las estuarinas y de 102,5 µg/L en las continentales (Figura 4.10.2-1). Las estaciones con mayor concentración fueron las desembocaduras de los ríos Volcán y San Juan (255 y 238 µg/l respectivamente). Históricamente la estación de la desembocadura del río Volcán, ha presentado valores altos en los muestreos del primer semestre de los años 2006 y 2007 (3930 y 26661 µg/L respectivamente) que representan aproximadamente nueve y seis veces mas (por cada valor), el registro más alto entre las otras estaciones (430 µg/L de amonio en la estación de Bahía Colombia, medido en el primer muestreo del 2006).

Las aguas marino-costeras del departamento de Antioquia, presentan los niveles más altos (históricos) de iones amonio, en cuanto al uso de preservación de flora y fauna (según el decreto 1594/1984), se recomienda estar vigilantes de las descargas de aguas que se realizan en la zona costera, por los posibles efectos adversos que altas concentraciones del amonio puede generar sobre una parte de la fauna costera (puede ser tóxico, Begon *et al.*, 2006).

La tendencia durante el tiempo de muestreo del amonio, es cambiante como en ciclos. Al aumento en algunos muestreos y a la disminución en otros (Figura 4.10.2-2).

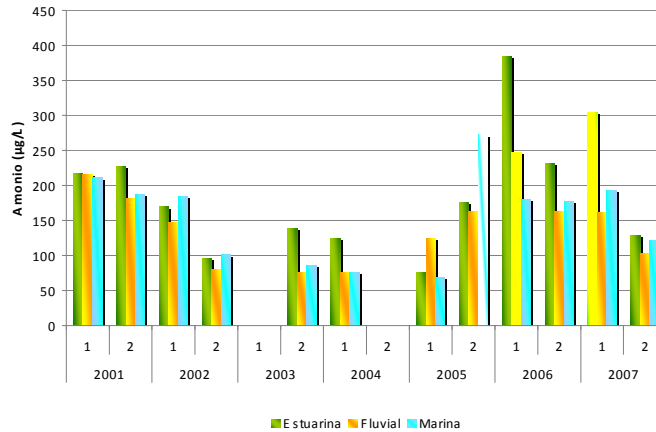


Figura 4.10.2-1. Comparación histórica de las concentraciones de amonio en las aguas costeras del departamento de Antioquia.

##### Nitratos.

Las concentraciones del ión nitrato durante el segundo muestreo del 2007 fueron de 50,2 µg/L en las aguas estuarinas y de 55,0 µg/L en las continentales (fluvial; Figura 4.10.2-2). Las estaciones con mayor concentración fueron: desembocadura de los río Mulatos y Turbo (180 y 110 µg/L respectivamente).

Los promedios del nitrato en muestreos pasados, han sido muy erráticos para las aguas estuarinas y continentales, por lo que no parece existir un patrón de tendencias claro en la actualidad (Figura 4.10.2-2).

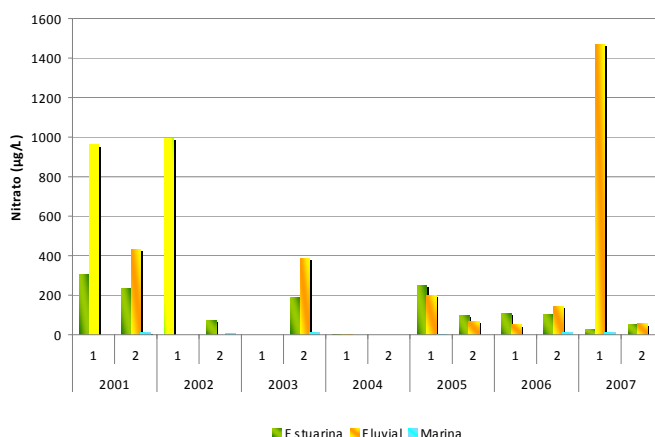


Figura 4.10.2-2. Comparación histórica de las concentraciones de nitrato en las aguas costeras del departamento de Antioquia.

### Ortofosfatos.

Las concentraciones del fósforo inorgánico durante el segundo semestre del 2007 fueron de 641,9 µg/L en las aguas marinas, 423,7 µg/L en las estuarinas y de 475 µg/L en las de los ríos (Figura 4.10.2-3). Las estaciones con mayor concentración fueron: las desembocaduras de los ríos Currulao y León (1700 y 1410 µg/L respectivamente). En el pasado, estos ríos presentaron valores menores de concentración (por debajo de 300 µg/L; INVEMAR, 2008), por lo que se recomienda que los vertimientos de aguas servidas que llegan hasta ellos sean caracterizados.

Siguiendo los promedios históricos del ortofosfato inorgánico, se puede advertir que las concentraciones han aumentado desde los primeros muestreos. Es posible que se deba a factores de escurrimiento de nutrientes o por efectos de los residuos de materia orgánica que llegan desde el continente. En cualquiera de las opciones es deseable conocer y manejar el ingreso de fósforo inorgánico.

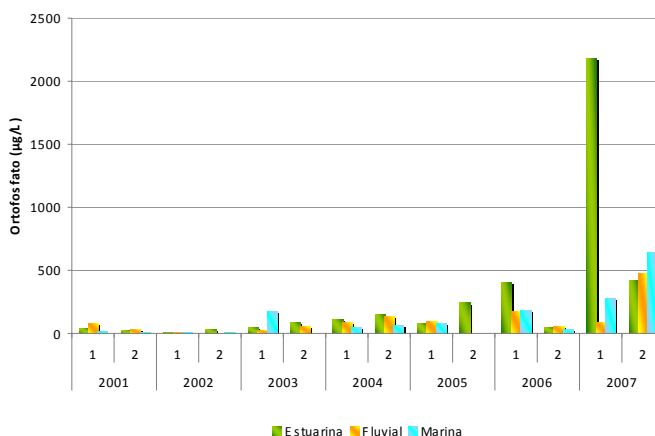


Figura 4.10.2-3. Comparación histórica de las concentraciones de ortofosfato en las aguas costeras del departamento de Antioquia.

### Oxígeno disuelto.

Para el segundo muestreo del 2007, las concentraciones del oxígeno superficial para los tres tipos de aguas estuvieron por encima de los 6 mg/L (Figura 4.10.2-4). Sólo dos estaciones presentaron concentraciones por debajo de los 4 mg/L (Decreto 1594 de 1984), ellas fueron: Frente a río León y

muelle Armada, con registros de 1,5 mg/L el primero y 2,6 mg/L el último. En registros anteriores la estación del río León, ha presentado concentraciones por debajo de los 3 mg/L pero en es la primera vez con registros por debajo de 2 mg/L; la estación del muelle de la Armada también registra su primer valores bajo de oxígeno disuelto, pues sus registros históricos siempre han estado por encima de 4 mg/L.

Debido a los continuos aportes continentales de materia orgánica y otros materiales, los registros del oxígeno disuelto en las aguas marino-costeras del departamento de Antioquia, los promedios parecen mostrar ciclos de disminución del oxígeno (hasta de 2,7 mg/L; Figura 4.10.2-4), que provienen principalmente de los aportes continentales.

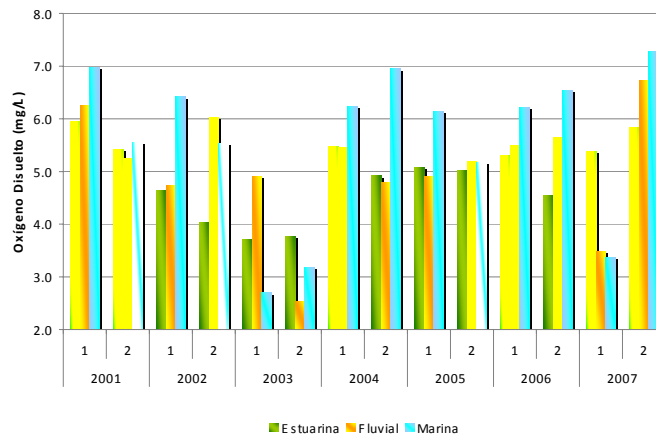


Figura 4.10.2-4. Comparación histórica de las concentraciones del oxígeno disuelto, en las aguas costeras del departamento de Antioquia.

Valor del pH.

Los registros del valor del pH de las aguas costeras del departamento de Antioquia durante el segundo muestreo del 2007, fueron de 8,1 para las aguas marinas, 7,9 para las estuarinas y de 7,0 para las fluviales (Figura 4.10.2-5). Sólo la estación de la desembocadura del río Atrato en Matuntugo presentó un s valor por debajo de 7 en el pH del agua (6,94). Los registros históricos del pH en la estación de Matuntugo, mostraron que existen tres registros por debajo de 6 unidades de pH (INVEMAR, 2008).

Como en el caso de los parámetros anteriores, el pH de las aguas marinas parece estar en los mismos periodos de fluctuación que son influidos por los aportes continentales (hasta 6,8; Figura 4.10.2-5). Por tal razón una tendencia como tal no es posible determinar con la información histórica recopilada.

Salinidad.

Las aguas marino-costeras de Antioquia, han registrado valores los siguientes valores durante el segundo muestreo del año 2007, con 21,3 para las marinas, 17,1 en las estuarinas y 0 para las fluviales (Figura 4.10.2-6). Estos datos representan un aumento de la salinidad estuarina, con respecto a los registros anteriores, caso contrario se observó para las aguas marinas.

Al parecer los aportes continentales en las costas del departamento de Antioquia son bastante importantes, si tenemos en cuenta que las aguas marinas pueden llegar a presentar promedios de salinidad inferiores a 20. La tendencia es también difícil de determinar, pero es como en ciclos (Figura 4.10.2-6).

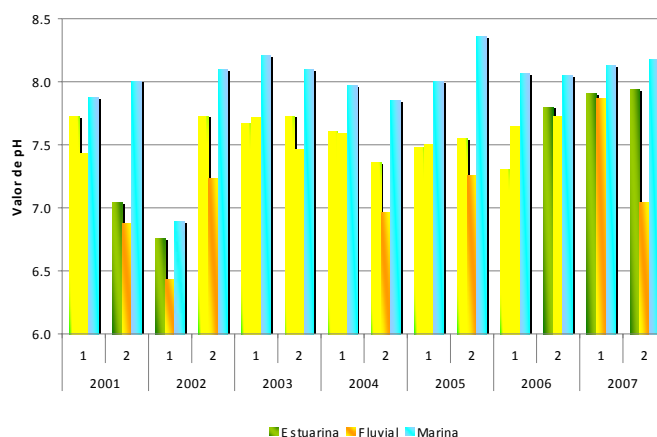


Figura 4.10.2-5. Comparación histórica de valores del pH en las aguas costeras del departamento de Antioquia.

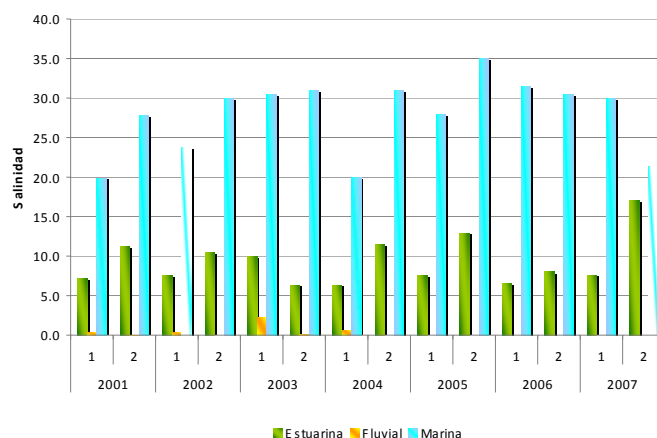


Figura 4.10.2-6. Comparación histórica de la salinidad en las aguas costeras del departamento de Antioquia.

Sólidos en suspensión.

Las concentraciones de los sólidos en suspensión, durante el segundo muestreo del 2007 fueron de 184,6 mg/L en aguas marinas, 297,6 en las estuarinas y 471 mg/L en las fluviales (Figura 4.10.2-7; INVEMAR, 2008). Las estaciones con mayores concentraciones de sólidos fueron la desembocadura del río San Juan, el río Turbo y la desembocadura del río Mulatos (1322, 884 y 544 mg/L respectivamente). Los registros históricos indican que se han presentado valores de concentración para los sólidos en suspensión, superiores los del último muestreo, pero este tipo de valores son pocos (INVEMAR, 2008).

Históricamente los promedios de los sólidos en suspensión, en aguas marinas del departamento de Antioquia, han tenido mucha influencia continental ya que sus promedios fluctúan entre 50 y más de 400 mg/L. Es de suponer que los aportes de los ríos del departamento influyen en toda la dinámica de las aguas costeras por los caudales que vierten en la zona del Golfo de Urabá principalmente.

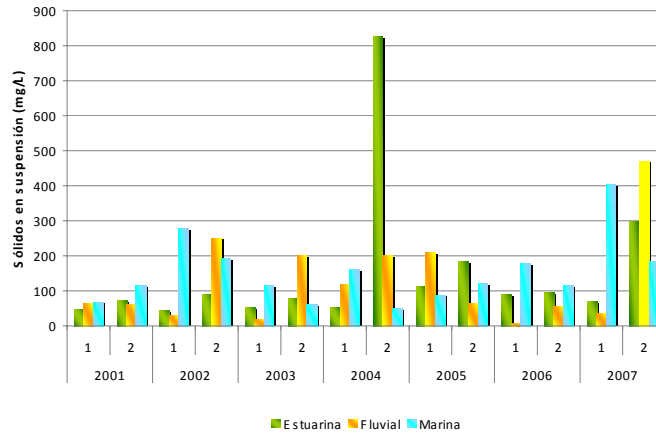


Figura 4.10.2-7. Comparación histórica de las concentraciones de los sólidos en suspensión, en las aguas costeras del departamento de Antioquia.

### 4.10.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

#### Hidrocarburos

Existen cuatro poblaciones grandes sobre la zona costera del Golfo de Urabá, tres de ellas en el departamento de Antioquia (Arboletes, Necoclí y Turbo) y Acandí en el Chocó; con una población en su mayoría dedicada a la actividad agroindustrial y a la pesca. Las aguas servidas de estas poblaciones van directamente al mar, las actividades de turismo y pesca que realizan los habitantes en pequeñas embarcaciones, se constituyen en una fuente de hidrocarburos no puntual al medio marino. El mantenimiento y arreglo de motores que se realiza en los muelles es otra de hidrocarburos (HC) al mar.

En Turbo se desarrollan actividades portuarias encaminadas principalmente al comercio de banano; existe también gran movimiento de pequeñas embarcaciones (lanchas y pequeñas motonaves) dedicadas al comercio, transporte de alimentos y personas, así como al turismo.

#### Descripción temporal

La siguiente descripción se basa en los rangos de concentración registrados durante cada monitoreo (Figura 4.10.3-1).

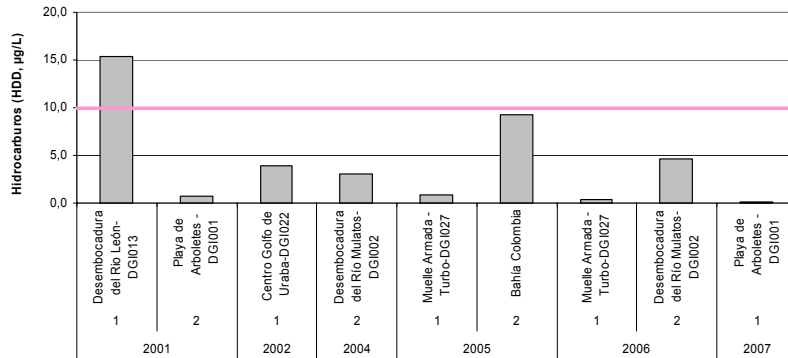


Figura 4.10.3-1. Rangos de variación de las concentraciones hidrocarburos en aguas para cada monitoreo.

**2001:** Las mayores concentraciones se presentaron en la época de transición, superando en todas las estaciones el valor máximo permisible (10 µg/L). El valor promedio obtenido para esa época fue de 14 µg/L. Estos valores se reducen considerablemente en la época húmeda, donde todos los niveles son inferiores a 1,0 µg/L; por el proceso de dilución generado con el aumento de las lluvias, conduciendo a la reducción de los valores, esto indica que efectivamente la contaminación por HDD en su mayoría no proviene de los afluentes de la zona sino del tráfico marítimo. **2002:** los valores de HDD estuvieron en el rango de 0,09 y 3,95 µg/L, encontrando este valor máximo en el centro del Golfo y ratificando de esta forma el origen de la contaminación por hidrocarburos como procedente del tráfico marítimo. **2004:** los valores hallados estuvieron comprendidos entre 0,07 y 3,11 µg/L. **2005:** en el primer semestre las concentraciones fueron inferiores a 0,9 µg/L. En el segundo semestre se halló una concentración relativamente alta (9,3 µg/L) que responde a condiciones puntuales del sector donde se registró, las estaciones restantes no superaron los 0,5 µg/L. **2006:** se halló un valor puntual de 4,6 µg/L en la desembocadura del río Mulatos; en las otras estaciones las concentraciones son <1,0 µg/L. **2007:** Se registran las concentraciones mas bajas medidas durante el proyecto (<0,1 µg/L).

Los resultados obtenidos indican una aparente disminución en las concentraciones de hidrocarburos en aguas desde el 2001 (Figura 4.10.3-2), el origen de hidrocarburos disueltos es tanto terrestre (por los ríos y poblaciones), como directo, generados por el movimiento marítimo; por esta razón, el sector de mayor riesgo de contaminación por hidrocarburos es el sur del Golfo (Tabla 4.10.3-1), dado que allí confluyen muchas actividades comerciales. También, se han identificado Los ríos León y Mulatos (Figura 4.10.3-3) como las principales escorrentías por las cuales entran al medio marino residuos de HC, sin olvidar que una parte importante de estos residuos entran directamente a la bahía como consecuencia de las actividades marítimas.

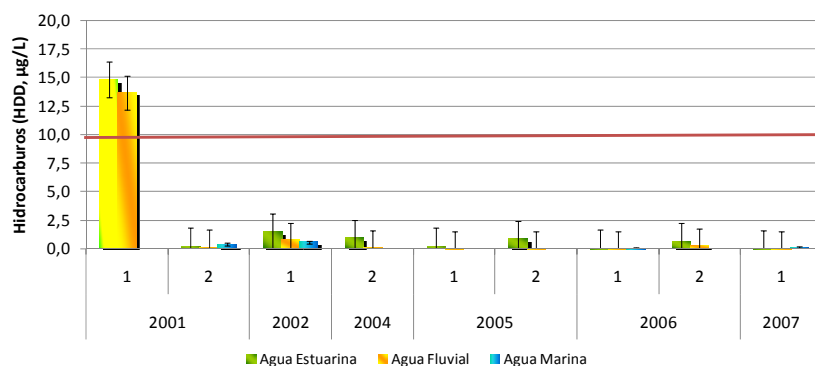


Figura 4.10.3-2. Comportamiento histórico de las concentraciones de hidrocarburos en las aguas costeras de Antioquia.

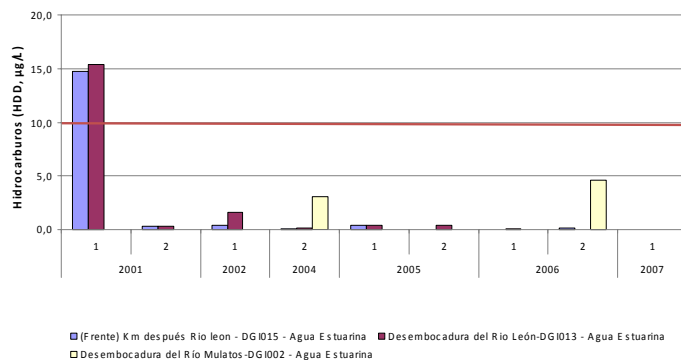


Figura 4.10.3-3. Comportamiento de las concentraciones de hidrocarburos en las estaciones Frente río León (estuarina), Desembocadura Río León (estuarina) y Desembocadura del río Mulatos (Estuarina).

**Tabla 4.10.3-1. Resumen estadístico de las concentraciones de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de Antioquia.**

Parámetro	<i>Necoclí hasta Turbo</i>		<i>Playa Arboletes hasta Necoclí</i>		<i>Turbo al Atrato</i>	
	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)
Máx.	15,31	8,99	14,26	17,60	15,40	43,50
Mín.	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03
Prom.	1,20	3,34	1,36	5,28	1,87	4,39
Mediana	0,11	1,72	0,09	4,14	0,14	1,83
STDDV	3,53	3,48	3,05	5,04	4,49	8,30
num.	19	19	24	30	57	31

### Plaguicidas

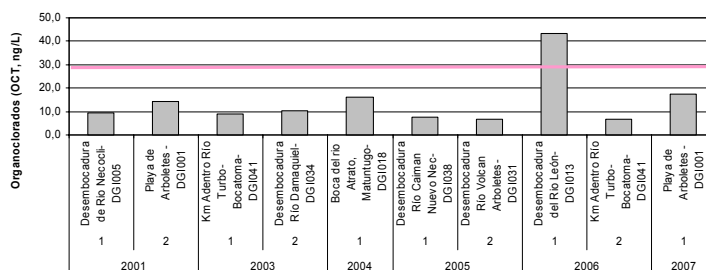
Entre 1995 y 1999, Corpourabá y la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia realizaron el Estudio Ambiental por uso de Agroquímicos en la zona de Urabá – Eje bananero con influencia en el Golfo de Urabá, Este incluyó el análisis de plaguicidas en aguas superficiales, aguas subterráneas y aire. Como una herramienta para la formulación de planes de manejo, cumplimiento y contingencia aplicado a las actividades de transporte (terrestre, marítimo fluvial y aéreo), almacenamiento, formulación, envasado y aplicaciones terrestres y aéreas de dichas sustancias. En este estudio se encontró que los sectores más comprometidos por contaminación corresponden: a las desembocaduras del río Carepa y Chigorodó al Río León, la parte alta de la cuenca del Río Apartadó y la parte media del Río Riogrande.

Las principales fuentes de plaguicidas al mar la constituyen las actividades del cultivo de banano que demandan el uso de grandes cantidades de agroquímicos. En la actualidad los plaguicidas certificados para su uso son compuestos organofosforados y carbamatos. Por lo que es necesario pensar en la evaluación y vigilancia de otros compuestos diferentes a los organoclorados (OC).

Previendo los impactos negativos de los agroquímicos sobre el ambiente, en el departamento se han implementado iniciativas tendientes a su reducción. Como los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) de la asociación de productores AUGURA y promovidas por las Compañías Comercializadoras Internacionales. En estos programas se han ejecutado prácticas culturales y monitoreos de sensibilidad de las plagas a los agroquímicos, con el fin de aplicar sólo la dosis necesaria a las plantaciones; con estos planes de MIP se ha logrado la reducción de plagas en más de 50% sin que ello signifique el aumento en las aplicaciones de tóxicos.

### Descripción temporal

La siguiente descripción se basa en los rangos de concentración registrados durante cada monitoreo (Figura 4.10.3-4).



**Figura 4.10.3-4. Rangos de variación de las concentraciones de organoclorados en aguas para cada monitoreo.**



**2001:** Las concentraciones máximas de residuos de OC se registraron en las estaciones de *Arboletes* y del *Río Necolí*. En el **2003:** los registros más altos correspondieron a los ríos *Turbo* en época seca, y *Damaquiel* en la época de lluvias. **2004:** En la época seca los valores mas altos se determinaron en las estaciones de las bocas de los ríos *Atrato* y *Hobo* (15,9 y 13,8 ng/L respectivamente). Estas concentraciones, aunque están por debajo del valor de referencia (30 ng/L) se encuentran entre las más altas registradas en 2004 para el litoral Caribe. **2005:** en la mayoría de estaciones analizadas no se detectaron residuos OC. Sin embargo, en las desembocaduras de los ríos *Caimán* y *Volcán* se siguen hallando compuestos como aldrin, DDT's y Lindano en concentraciones de 7,68 y 5,59 ng/L de OC, respectivamente. **2006:** Durante los monitoreos se registran concentraciones relativamente altas en un rango de 2,0 – 43,0 ng/L, sobrepasando el valor de referencia de 30 ng/L lo cual representa un riesgo alto de contaminación. **2007:** La situación es más favorable ambientalmente y en la mayoría de estaciones no se detecta la presencia de OC, se registra un máximo de 17,60 ng/L en arboletes.

De acuerdo a la información del proyecto, la zona costera de Antioquia es la única donde no es evidente una tendencia decreciente de las concentraciones de OC (Figura 4.10.3-5) se observa una presencia recurrente de estos residuos en la zona; y en la actualidad el golfo de Urabá es de los pocos sectores del caribe donde se detectan trazas de OC en concentraciones mayores a 10 ng/L, que si bien no superan el valor de referencia si suponen una fuente de ellos en la zona continental ya que las mayores concentraciones se hallan en bocas de ríos. Teniendo presente que en la zona se adelantan programas de reducción de agroquímicos, la presencia de estos compuesto en la actualidad puede deberse a que los terrenos pueden estar drenando compuestos OC que fueron aplicados años antes y permanecen en el ambiente debido a su baja degradabilidad (Figura 4.10.3-6).

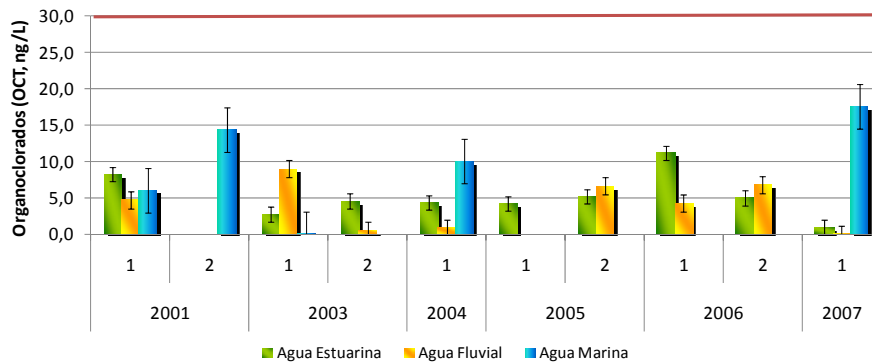


Figura 4.10.3-5. Comportamiento de las concentraciones de plaguicidas organoclorados en aguas marinas, estuarinas y fluviales de Antioquia.

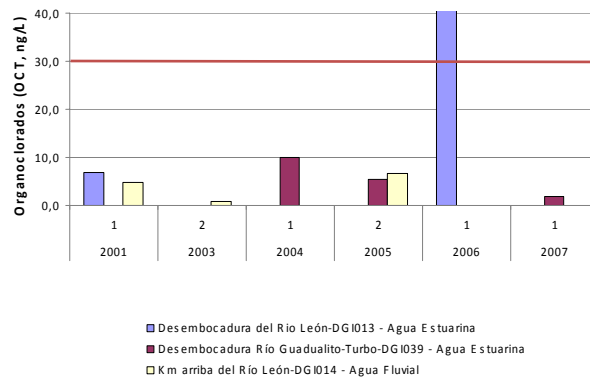


Figura 4.10.3-6. Comportamiento de las concentraciones de organoclorados en las estaciones Desembocadura Río León (estuarina), río León (fluvial) y Desembocadura del río Guadualito (Estuarina).

#### 4.10.4 Contaminación Microbiológica

Antioquia posee un conjunto de vertientes hídricas que son fuentes de contaminación de la zona costera del departamento y llevan consigo una elevada carga bacteriana procedente del depósito de aguas domésticas e industriales a lo largo de su cauce. Entre los tributarios que han registrado mayores aportes de Coliformes totales entre el 2001 y el 2007 se encuentran las estaciones en las desembocaduras de los Ríos León y Mulatos (4.600.000 NMP / 100 ml), Caíman (500.000 NMP / 100 ml), Currulao (430.000 NMP/100 ml), Volcan Arboletes (300.000 NMP/100 ml) y Turbo (160.000 NMP/100 ml). Valores que sobrepasan en un amplio margen los niveles admisibles para el desarrollo de actividades de contacto secundario.

Por diversas condiciones sociales, económicas y ambientales, el agua proveniente de los ríos es una fuente importante de abastecimiento para actividades agrícolas, recreativas y de uso higiénico sanitario en algunos municipios, lo cual aumenta el riesgo de exposición de las poblaciones a agentes infecciosos, teniendo en cuenta que se multiplican las vías de transmisión de microorganismos patógenos y que la presencia de éstos, está relacionada estrechamente con la presencia del grupo de bacterias Coliformes (González *et al.*, 2003; Pinilla, 2003).

En este departamento, la calidad de las playas presenta recurrentemente niveles por encima de los valores admisibles para actividades de baño, natación pesca y deportes náuticos. Los máximos valores de Coliformes temotolerantes se han reportado en las Playa Turbo (15.000 NMP), Arboletes (14.000 NMP), Uveros (5.000 NMP), Totumo (2.800 NMP) y Necocli (2.300 NMP).

Al igual que en la mayoría de los países de América Latina, Las playas de Antioquia se encuentran localizadas en zonas que tienen su cabecera ubicada cerca de la costa y poseen una infraestructura débil en la red de alcantarillado, razón por la cual el agua doméstica de las poblaciones es vertida en el mar, deteriorando la calidad de sus principales balnearios a nivel sanitario y ecológico, lo cual es frecuente en las aguas costeras con fines recreativos por las proximidades en que se encuentran a las áreas urbanas o asentamientos poblacionales (González, 2003).

#### 4.10.5 Metales pesados

##### Cadmio

Las concentraciones de cadmio no presentaron durante el 2007 mayores variaciones, reportándose valores para este metal desde 0,1 µg/L a 0,4 µg/L. Dichos valores fueron registrados en algunas de las estaciones de Frente y Desembocadura de los principales tributarios que desembocan en las costas de este departamento y en la Desembocadura del río Turbo, respectivamente. Cabe anotar además que aunque no se presentaron mayores variaciones entre años en las concentraciones de este metal, se logra destacar los incrementos ocurridos durante el periodo lluvioso de 2003 y seco del 2005 principalmente en las aguas marinas y estuarinas de esta región. La legislación ambiental de Brasil (*Resolución CONAMA N°20 de 18 de junio de 1986*) establece concentraciones de cadmio en aguas estuarinas de 5,0 µg/l el cual fue superado por el promedio reportado en aguas estuarinas durante los periodos lluviosos de 2003 y 2005 y en el seco de 2005. Así mismo, las concentraciones promedio en aguas marinas que se reportaron para el periodo seco de 2005, supero los máximos permitidos por esta legislación en este tipo de aguas en particular, que es de 5,0 µg/L. En aguas fluviales, solo los promedio del periodo seco de 2001 superaron el valor limite establecido (1,0 µg/).

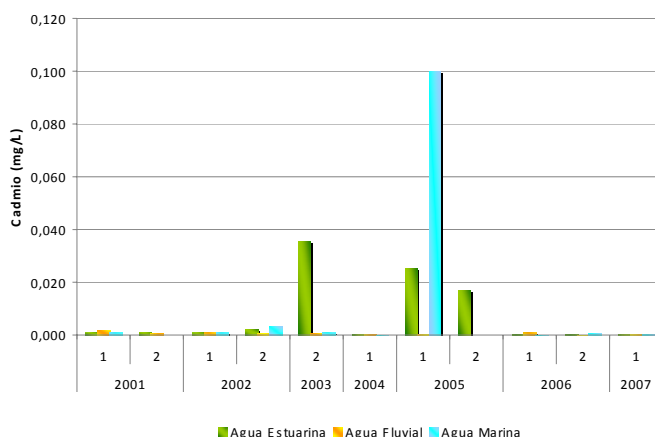


Figura 4.10.5-1. Concentraciones promedio de cadmio en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento Antioquia

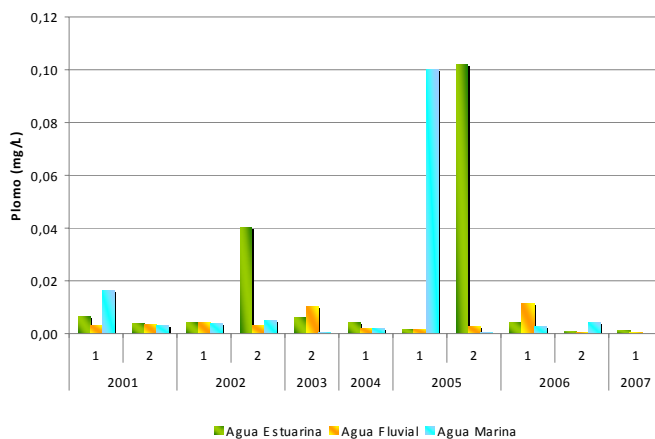


Figura 4.10.5-2. Concentraciones promedio de plomo en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento Antioquia

### Plomo

Las concentraciones de plomo para las aguas costeras del departamento de Antioquia han sido variables y se presentan en la Figura 4.10.5-2. Para el 2007, se observó la presencia de este metal en concentraciones que variaron desde 0,10 µg/L a 4,7 µg/L. Según la Figura 4.10.5-2, los registros históricos muestran que los promedios más altos de plomo se midieron durante el 2005, en las aguas marinas y estuarinas de la región, reportando valores promedio de hasta 100,0 µg/L y 102,1 µg/L respectivamente. El comportamiento general observado para este metal ha sido casi que homogéneo ya que dichos valores tienden a mantenerse poco variables y constantes en el tiempo exceptuando, los marcados aumentos registrados durante el periodo lluvioso de 2002 y durante los periodos lluvioso y seco de 2005. No obstante, para las diferentes aguas costeras de este departamento, las diferencias más notorias en cuanto a las concentraciones de este metal, han sido observadas entre las aguas marinas y estuarinas ya que los valores arrojados en las mismas en el 2005 fueron cinco (5) veces más altos, al compararlas con los valores promedio de otros años. Pese a los bajos valores que se presentan para plomo durante el periodo seco de 2007, los resultados en su mayoría para el resto de los años generan preocupación, debido a que estos superaron indistintamente para los diferentes tipos de aguas, los límites permisibles establecidos por la legislación CONAMA de Brasil. Dado que las concentraciones de

plomo en mayor o menor cantidad sobre las aguas costeras del departamento están dadas para las estaciones de aguas estuarinas y que se encuentran ubicadas geográficamente sobre el golfo; la presencia de cantidades apreciables de este metal, puede atribuirse a la actividad de carácter portuario (trafico de cabotaje y embarcaciones) que sobre estas se desarrolla.

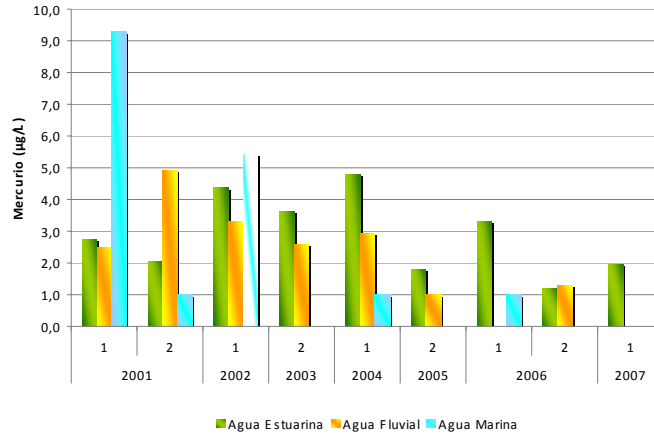


Figura 4.10.5-3. Concentraciones promedio de mercurio en aguas estuarinas, fluviales y marinas en la región costera del departamento Antioquia

### Mercurio

A diferencia de otras regiones costeras, el monitoreo de estos contaminantes acuáticos en el departamento de Antioquia involucró la medición de mercurio, dadas las actividades mineras desarrolladas en la región y en consecuencia la posible amenaza de contaminación ante la existencia de esta importante fuente de mercurio en las aguas costeras del departamento. Con base en los resultados que se obtuvieron hasta el periodo seco del 2007 se observó según la Figura 4.10.5-3 que las concentraciones de mercurio han sido variables entre épocas y en los diferentes tipos de aguas. En concordancia con esto, fue posible ver que en casi todos los años y/o periodos de muestreo, los promedios más altos se presentaron en aguas con características estuarinas excepto, en los periodos secos de 2001 y 2002, cuyos promedios alcanzados fueron superados por los registros de este metal en aguas marinas. Para el mercurio, se observó que el mayor promedio registrado fue en aguas marinas, durante el 2001. El valor promedio para este periodo fue de 9,29 mg/L por lo que se constituye en el valor promedio más alto durante los siete (7) años consecutivos de muestreo. Paralelamente, las concentraciones de mercurio han presentado tendencia a disminuir observándose que entre años, los promedios más altos corresponden a los periodos de sequías. De acuerdo al análisis de la información, resulta importante resaltar la importancia de realizar a cabo monitoreos mas continuos, dado que las concentraciones en todos los casos, estuvieron por encima de los criterios de calidad que establece la legislación de referencia, para la existencia y permanencia de mercurio en aguas estuarinas, fluviales y marinas: 0,1 µg/L, 0,2 µg/L y 0,1 µg/L respectivamente.

De los tres metales analizados, solo para el mercurio se observó una tendencia temporal, recalando que los mayores promedios se registraron para los periodos secos en tanto que los más bajos para las épocas lluviosas. Las bajas concentraciones durante los periodos lluviosos en aguas fluviales muy posiblemente se relacionen con procesos fisicoquímicos de adsorción y precipitación debido a los cambios en variables fisicoquímicas importantes; entre ellas el pH del agua. Además, el mercurio es un metal que bajo estas condiciones puede asociarse muy fácilmente a la materia orgánica y por tanto el análisis de sus contenidos en aguas, resulten bajas.

Por otra parte, es valido recordar que dentro de las principales fuentes de contaminación para las aguas costeras de este departamento, se encuentran los vertidos incontrolados de la actividad minera desarrollada sobre el río Atrato, constituyéndolo en un vehículo importante de metales pesados,

principalmente de mercurio y por tanto expliquen la presencia de este contaminante en las aguas costeras del departamento.

#### 4.10.6 Conclusiones

Los ríos León y Volcán, presentan condiciones en los parámetros fisicoquímicos que pueden ser causados por las actividades de la agricultura de la región, sin embargo otros sitios de descarga de aguas continentales (ríos Atrato, Mulatos y Turbo), indican que pueden existir otras causas, que deben ser examinadas más de cerca.

El interior del golfo de Urabá sigue siendo el sitio que presenta el mayor riesgo de contaminación por hidrocarburos. Sin embargo, los resultados del monitoreo muestran concentraciones inferiores a valor de referencia y una tendencia decreciente en las concentraciones desde el 2001.

El monitoreo de OC desde el 2001 ha demostrado una presencia recurrente de estos residuos en la zona, costera, lo que suponen una fuente de ellos desde el continente por arrastre de los ríos; que si bien, son bajas con respecto a los criterios establecidos para su evaluación; al igual que otras regiones costeras, su presencia y su disponibilidad para los organismos acuáticos, puede generar un posterior deterioro en la calidad ambiental de la zona.

La calidad sanitaria de los balnearios del departamento han sobrepasado frecuentemente los niveles de contaminantes microbiológicos establecidos en el decreto 1595 de 1984 para aguas destinadas a recreación.



# REGIONAL PACÍFICO



Bahía Solano





## COSTA PACIFICA

### 5. ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL PACIFICO COLOMBIANO

#### 5.1 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS

##### 5.1.1 Nutrientes inorgánicos.

###### Amonio.

Las concentraciones del ión amonio inorgánico en la zona costera Pacífica del país, durante el primer muestreo del 2008 (Figura 5.1.1-1; INVEMAR, 2008), ninguno de los valores promedios en aguas tanto estuarinas como marinas, no superaron los 50 µg/L que es considerado el valor máximo en aguas naturales, para el uso que la norma colombiana describe (preservación de fauna y flora; Decreto 1594 de 1984; Troncoso *et al.*, 2006)

Los caudales de los ríos del Pacífico, contribuyen para la buena aireación de los cuerpos de agua y que no se genere acumulación del ión amonio. Recordemos que las poblaciones costeras de esta región, son pequeñas y sólo existen dos centros urbanos grandes (Tejada *et al.*, 2003).

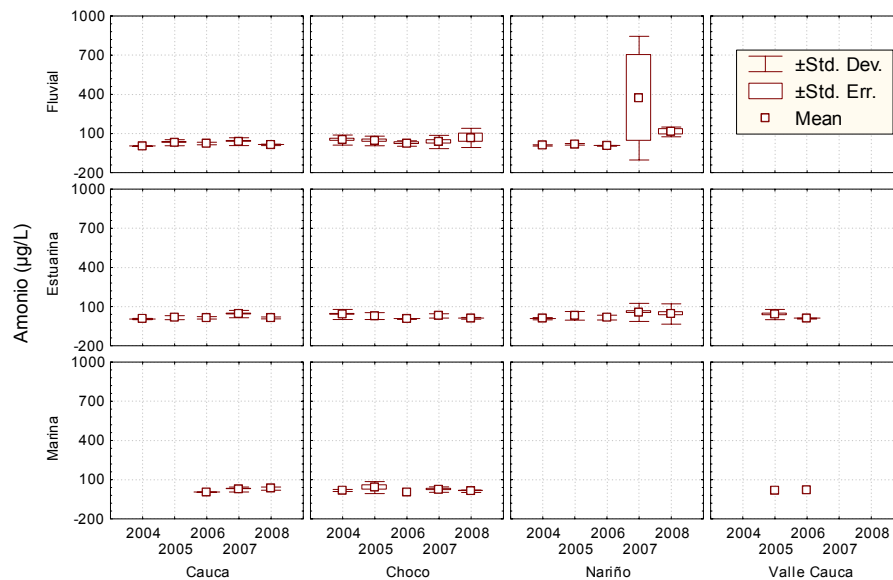


Figura 5.1.1-1. Comparación entre las concentraciones de amonio en las aguas de los departamentos del Pacífico colombiano.

Nitratos.

Las concentraciones del nitrato en la región Pacífica, durante las mediciones para el primer semestre del 2008, se registraron promedios entre 1,7 y 42,3 µg/L en las aguas costeras de los departamentos (con excepción de Valle del cauca que presentó un valor de 400 µg/L). El valor alto de nitratos, puede ser causado por el método que la corporación aplica para esta medición por lo que el límite de detección es bastante alto o por las descargas de aguas residuales que salen a la ensenada de Buenaventura (Tejada *et al.*, 2003). En cualquiera de los dos casos, es deseable que se realice un seguimiento para encontrar cuales son las causas de estos valores altos de nitratos. La Figura 5.1.1-2, presenta la comparación entre las concentraciones de nitratos en las aguas del Pacífico de Colombia; si se tiene el cuenta el resultado del Valle del Cauca. Al comparar con la legislación de otros sitios (EPD de Hong Kong, 2003), valores por encima de 60 µg/L, se consideran de riesgo para las aguas naturales.

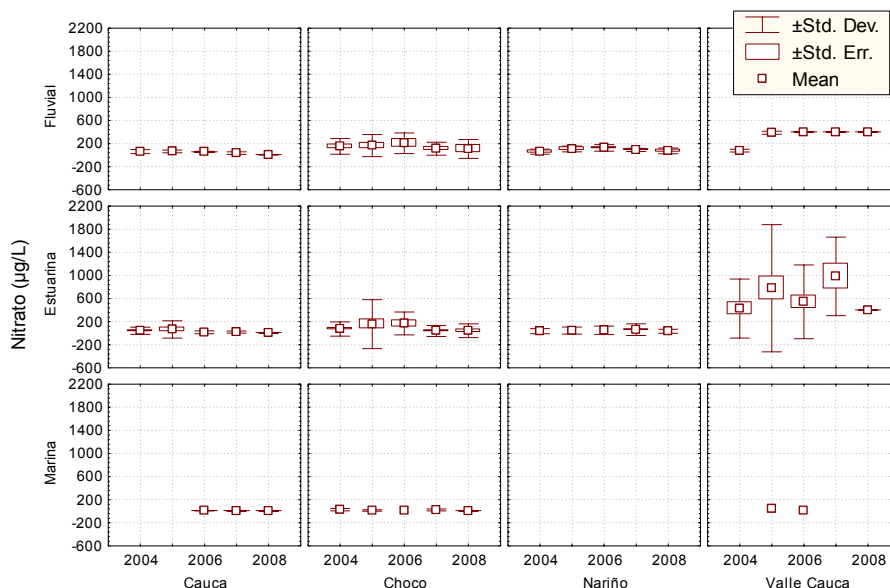


Figura 5.1.1-2. Comparación entre las concentraciones de nitrato en las aguas de los departamentos del Pacífico colombiano.

Ortofosfatos.

Las concentraciones de fósforo inorgánico presentaron concentraciones entre 4 y 5 µg/l de <sup>-3</sup>PO<sub>4</sub>, en aguas marinas durante el primer muestreo 2008, lo que son buenas condiciones del parámetro. Para las estuarinas los registros estuvieron entre 7 y 65, siendo el departamento del Valle del Cauca, el de máximo valor (Figura 5.1.1-3). Como ocurre con el ión nitrato, es necesario revisar las causas de estos valores medidos en la zona costera del departamento. En la legislación de Asia, los valores máximos para el ion fósforo en aguas marinas es de 15 y en las estuarinas de 45 µg/L (EPD de Hong Kong, 2003).

Oxígeno disuelto.

Para el primer muestreo del 2008, el oxígeno disuelto promedio en las aguas costeras de los departamentos del Pacífico colombiano, fueron superiores a los 4 mg/L, que es valor mínimo exigido por la norma colombiana (Decreto 1594 de 1984; Figura 5.1.1-4; INVEMAR, 2008). El flujo, los movimientos de agua costeros y la menor densidad de pobladores en la costa Pacífica, garantizan la buena aireación. Sin embargo, es deseable tener en cuenta que la costa Pacífica tiene planes de desarrollo que involucran crecimiento de poblaciones y demanda por el uso de los recursos naturales, se recomienda que la

protección al ambiente acuático costero sea incluido dentro de los planes de la región, ahora que se pueden hacer sin traumatismos.

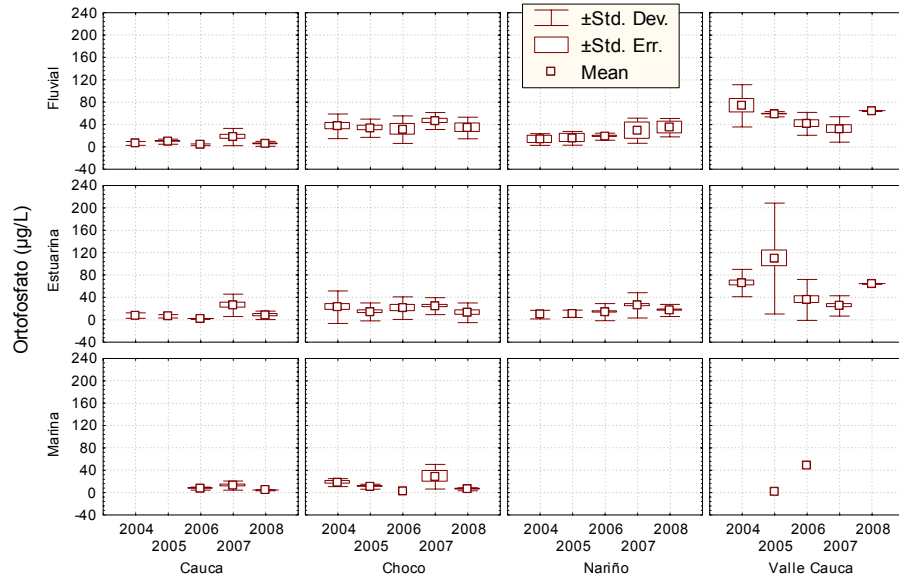


Figura 5.1.1-3. Comparación entre las concentraciones de ortofosfato en las aguas de los departamentos del Pacífico colombiano.

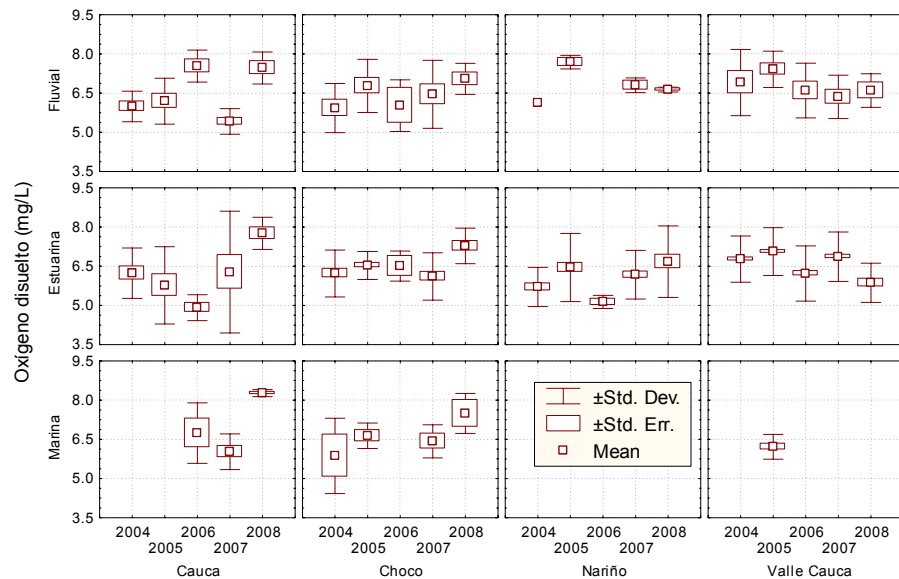


Figura 5.1.1-4. Comparación entre las concentraciones del oxígeno disuelto en las aguas de los departamentos del Pacífico colombiano.

Valor del pH.

En las aguas costeras del Pacífico colombiano, los valores del pH para el primer muestreo del 2008, estuvieron entre 7,6 y 8,2 para las aguas estuarinas y marinas (Figura 5.1.1-5; INVEMAR, 2008). Esto representa buenas condiciones del parámetro, ya que el decreto 1594 (1984), establece que para aguas estuarinas y marinas, con fines de preservación de flora y fauna el pH deberá estar entre 6,5 y 8,5.

Sólidos en suspensión.

Durante el primer muestreo del 2008 para aguas marinas y estuarinas, los sólidos en suspensión (SST) registraron promedios entre 23,8 y 68,6 mg/L de concentración (Figura 5.1.1-6; INVEMAR, 2008). El departamento de Nariño, registro el valor más alto en sus aguas estuarinas. No se tiene un valor estipulado en la norma colombiana para este parámetro, pero el trabajo de Troncoso y colaboradores (2006), mostró con la información reunida por el INVEMAR (2008), que el promedio de los SST en aguas marinas y estuarinas del Pacífico, es de 28 y 30 mg/L respectivamente; Sin embargo, los máximos medidos en cada departamento pueden llegar hasta 87 mg/L en aguas marinas y mayor a 200 mg/L en las estuarinas.

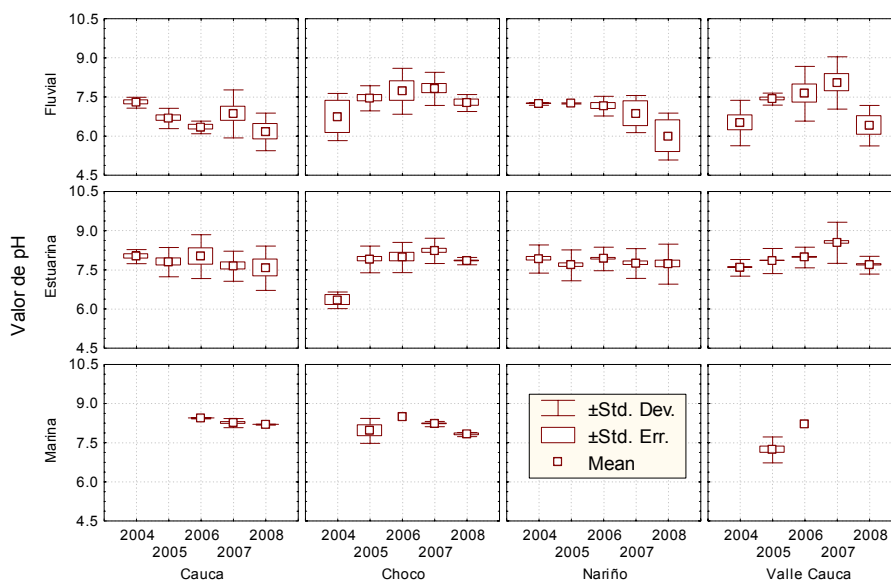


Figura 5.1.1-5. Comparación entre los valores del pH en las aguas de los departamentos del Pacífico colombiano.

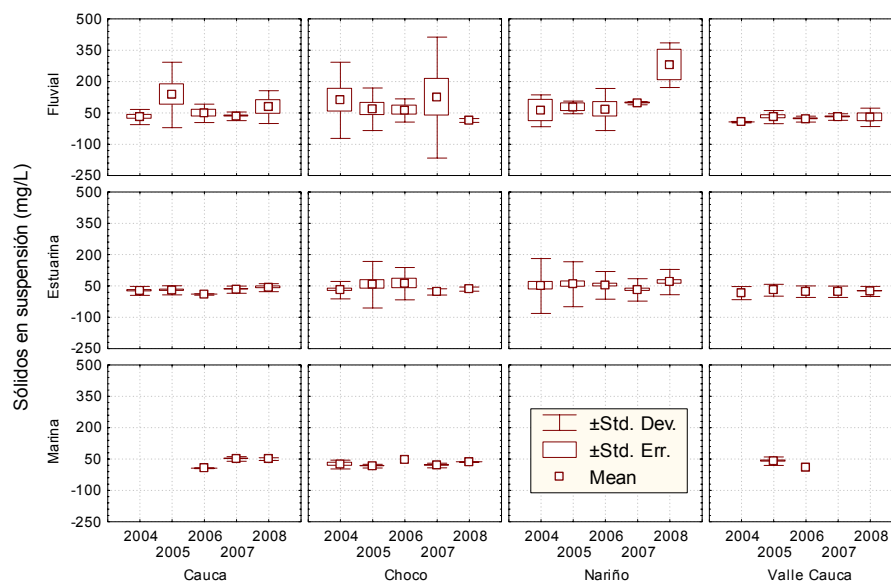


Figura 5.1.1-6. Comparación entre las concentraciones de sólidos es suspensión en las aguas de los departamentos del Pacífico colombiano.

## 5.2 PRESENCIA DE CONTAMINANTES

### 5.2.1 Hidrocarburos del Petróleo

Las concentraciones de hidrocarburos (HC) en aguas están directamente relacionadas con las fuentes de contaminación, las cuales tienen su origen en actividades portuarias y marítimas, en la explotación, transporte, refinación y usos del petróleo y derivados. Su presencia es el resultado del inadecuado manejo que se da a los productos del petróleo utilizados en las embarcaciones y la existencia de problemas locales por derrames crónicos o accidentales en los puertos de combustibles y los buques de cabotaje, además de las aguas servidas municipales.

A pesar del menor desarrollo de la costa Pacífica en relación con la del Caribe, sorprende en ciertos casos los registros en algunas estaciones que superan el valor de referencia para aguas no contaminadas (10 µg/L; UNESCO 1984; Atwood *et al.*, 1988), como es el caso de los registros en las desembocaduras de los Ríos Guapi en Cauca (31.8 µg/L) y Tapaje (33,7 µg/L) en Nariño obtenidos al inicio del proyecto, debidos a las actividades antrópicas. En esto ha influido mucho la colonización, el desplazamiento de colonos y el auge de cultivos ilícitos; lo que ha llevado a que proliferen los expendios de combustibles a las orillas de los ríos y en la zona costera, para uso de lanchas y procesamiento de alcaloides. Dadas las características de las actividades que generan estos residuos, su presencia no es constante en todos los sitios y las concentraciones altas que se encuentran en ciertos momentos obedecen a condiciones puntuales, sin embargo ocasionan un impacto históricamente crónico, presentando una tendencias desde el 2003 de disminuir en departamentos como Cauca y Choco, a diferencia de Nariño y Valle del Cauca donde las concentraciones promedio a lo largo de los años no representan una tendencia clara (Figura 5.2.1-1), atribuible posiblemente a la mayor actividad marítima y portuaria de estos departamentos, por tener para el caso de Valle del Cauca el más importante puerto sobre el pacífico (Buenaventura) y para Nariño la existencia del puerto petrolero (Tumaco).

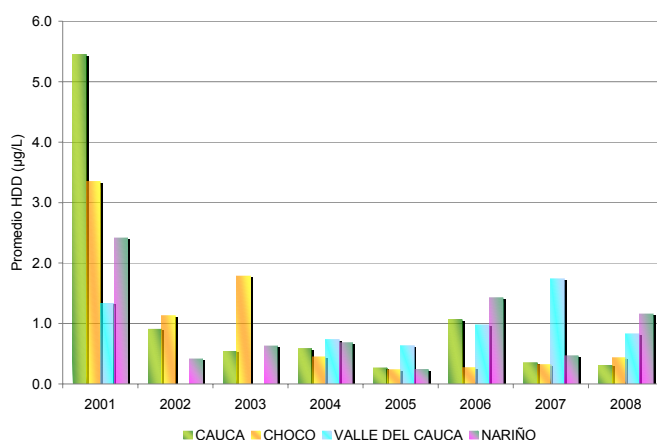


Figura 5.2.1-Variación temporal de HDD en los diferentes Departamentos de la región Pacífica.

Este comportamiento de HC a través del tiempo en la región pacífica permite identificar valores máximos y sitios de ocurrencia como se describe a continuación: las concentraciones más altas correspondientes al primer semestre del 2001 fueron de 33,7 µg/L en el Río Tapaje (Nariño) y 31,8 µg/L en la cabecera del Río Guapi (Cauca), ya en el siguiente semestre del 2001, la concentración hallada bajo hasta un máximo de 21,4 µg/L (Río Mataje) en Nariño, posteriormente en el 2002 un valor máximo de 4,83 µg/L (Río Nuqui, Chocó), en el 2003 de 13,95 µg/L (Frente Bahía Solano, Chocó), en el 2004 de 5,87 µg/L en la estación Frente a Ríos (Nariño); y en el primer semestre del 2005 de 1,48 µg/L en el Río Iscuande (Nariño). En el 2006 las concentraciones más altas se reportaron en la zona costera de Nariño en el sector norte del departamento (Playa pasacaballos con 9,11 µg/L) y en el 2007 los registros más altos se encuentran en la zona costera de Buenaventura con 9,8 y 8,2 µg/L en el río Raposo y su frente (Valle del Cauca). Para el 2008, las concentraciones más altas se registraron en los departamentos Valle del Cauca y Nariño con valores de 7,52 µg/L (Bahía de Buenaventura) y 6,88 µg/L (Río Mira) respectivamente. La Figura 5.2.1-2 ubica espacialmente los sitios mencionados anteriormente, donde se han encontrado los valores máximos de concentración de HDD e incluso superiores al límite permisible para aguas (10 µg/L).

En el Pacífico, las zonas costeras más impactadas por HC corresponden a los municipios de Buenaventura (Valle del Cauca), Tumaco (Nariño) y Guapi (Cauca) por ser los más poblados; poblaciones pequeñas como Bahía solano (chocó), Ladrilleros (Valle del Cauca), y Timbiquí en el sur de Cauca presentan un impacto medio, mientras que la parte norte de Cauca y sur del Valle del Cauca permanecen relativamente limpias en este aspecto (Figura 5.2.1-2).

El estudio de otras matrices ambientales colocó en evidencia el alto grado de contaminación por hidrocarburos petrogénicos en sectores como la bahía interna de Tumaco (Betancourt et al., 2006), el estudio desarrollado por el INVEMAR y CORPONARIÑO mostró el aumento de la contaminación por HC y el impacto sobre los recursos hidrobiológicos (bivalvos, 2,09 -75, 9 µg/g) de la zona, que son utilizados para el consumo local. Los resultados además señalan como principal origen de los residuos de hidrocarburos en el sector El Pindo (Tumaco), las fuentes no pirogénicas de hidrocarburos, tales como la gasolina, el diesel y los aceites lubricantes que pueden entrar al estuario por un inadecuado manejo. Otros estudios son los realizados en Buenaventura, zona del Pacífico donde se manejan los mayores volúmenes de derivados del petróleo. Se puede considerar la zona del Muelle Petrolero como crítica por el nivel de contaminación petrogénica y por su presencia crónica (Marrugo, 1993). Los estudios desarrollados por el 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 en sedimentos y organismos (bivalvos) de 2,76 y 11,20 µg/g respectivamente (Casanova y Calero, 1997). Además, en la desembocadura del río Anchicayá se presentaron concentraciones promedio de HAT en sedimentos, de

79,6 µg/g consideradas “altas” según normativas internacionales. Las posibles fuentes de contaminación en esta área son: en primer lugar, los aportes del río Anchicayá que en su recorrido recibe los vertimientos de municipios como Darien, que poseen alta actividad turística y agrícola; en segundo lugar, los vertimientos provenientes de las actividades marítimas y portuarias de Buenaventura (Marrugo, 1993).



Figura 5.2.1-2 Ubicación de los sitios donde se han registrado concentraciones máximas y las que sobrepasan el valor de referencia para HDD (10 µg/L). REDCAM 2001-2008.

### 5.2.2 Residuos de Plaguicidas

En Colombia el DDT, BHC y lindano fueron prohibidos en 1978, el endrin en 1985 y el aldrin, heptacloro, dieldrin y clordano se prohibieron en 1988. La Resolución 010255 de 1993, del Ministerio de Salud prohibió la importación, producción, comercialización y aplicación de plaguicidas organoclorados. Pero esta misma resolución autorizó el uso provisional de lindano como parasiticida y DDT para combatir la malaria, hasta disponer de sustitutos. Pese a esto, estudios realizados por Páez y Granada (1993), demostraron la utilización de endosulfan, aldrin y mirex en los cultivos de palma africana, además de DDT en la erradicación del mosquito trasmisor de la malaria, en varias poblaciones de los ríos Caunapí y Mira (Nariño).

Entre las principales fuentes de plaguicidas al medio se encuentra la agricultura, aunque esta es incipiente en la llanura pacífica, Nariño es el único departamento donde existen cultivos industrializados de palma africana desde los 30's. Sumado a esto, en la llanura pacífica hacen presencia los cultivos ilícitos. Además las corrientes superficiales, la inmunización de la madera y las campañas de fumigación contra la malaria representan otra fuente importante de compuestos organoclorados (OC); Casanova y Calero (1997) reportaron para el pacífico valores promedios de residuos de organoclorados en sedimentos y organismos de 12,42 y 94,53 ng/g respectivamente.



Desde el 2001 los departamentos de Chocó y Nariño presentan valores promedio de organoclorados, en los cuales se aprecia hasta la actualidad aumentos inesperados en las concentraciones registradas (Figura 5.2.2-1) debido posiblemente al aporte realizado por afluentes que transportan cargas considerables de OC al mar, como es el caso del Río Valle, Nuquí, Quebrada Chocolatal y Estero Tribuga en el Chocó y Río Tapaje, Brazo del Río Patía y Sala Honda Brazo Patía en Nariño. Para el resto de departamentos se observa una ostensible reducción en la introducción de compuestos clorados al medio marino (Figura 5.2.2-1). Dada la concentración variable y presencia en la actualidad de estos compuestos; permite suponer que los suelos de la región pacífica están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aún se encuentran en el medio debido a su persistencia.

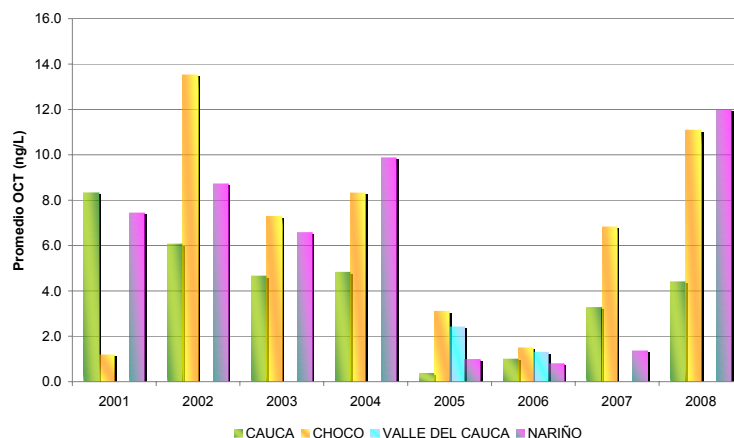


Figura 5.2.2-1 Variación temporal de OCT en los diferentes Departamentos de la región Pacífica.

En la Figura 5.2.2-2 se presenta la distribución espacial de los sitios donde se han registrado los valores de OCT máximos y los que sobrepasan el valor de referencia (30 ng/L). Las concentraciones más altas, determinadas durante el inicio del proyecto corresponden a las muestras de la desembocadura del Río Guajui en el sur de Cauca y del Río Tapaje al norte de Nariño, con valores de 94,0 y 75,2 ng/L respectivamente y para el departamento de Chocó las concentraciones máximas se detectaron en las estaciones ubicadas sobre los ríos Valle y Quebrada Chocolatal, con valores de 35,9 y 26,4 ng/L respectivamente; en el primer semestre del 2002 la máxima concentración (35,8 ng/L) se registró en Río Valle (Chocó); en el semestre siguiente fue de 70,3 ng/L localizado en un Brazo del Río Patía (Nariño); en el 2003 de 20,5 ng/L en Estero Tribuga (Chocó); en el 2004 se reportó en la ensenada de Tumaco (78,7 ng/L Nariño) y en el 2005 fue de 27,0 ng/L en el Río Nuquí (Chocó). Para el 2006 el valor máximo 2,0 ng/L se presentó en los departamentos de Chocó y Cauca en los Ríos Valle y Micay respectivamente; para en el siguiente año la Quebrada Chocolatal en el Chocó reporta el valor máximo de 18,7 ng/L y en el 2008 las concentraciones máximas fueron de 19,91 ng/L Sala Honda Brazo Patía en Nariño y 16,67 ng/L Río Nuquí en Chocó. Para el resto de departamentos los valores de plaguicidas OC no superan los 5 ng/L, concentraciones muy inferiores al valor de referencia de 30 ng/L (Marín ,2002) y no representan riesgo de contaminación. Confirmando que su presencia y su tendencia descendente para los últimos tres años en las concentraciones, es el resultado de que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aún se encuentran en el medio debido a su baja degradabilidad.





Figura 5.2.2-2. Ubicación de los sitios donde se han registrado concentraciones máximas y las que sobrepasan el valor de referencia para OCT (30 ng/L). REDCAM 2001-2008.

La tendencia en las concentraciones en comparación con la del Caribe es algo diferente, aunque no existen registros de OC en aguas anteriores al 2001. Se observa que: mientras en el Caribe hay una disminución constante; por el contrario, hasta el 2005 en el Pacífico siguen apareciendo estas sustancias en concentraciones que en algunos casos superan los 30 ng/L, siendo más frecuentes los residuos de isómeros del DDT (DDD y DDE), aldrin y endosulfan. En la Figura 5.2.2-3 se evidencia claramente esta situación, mostrando que los departamentos de Chocó y Nariño son los que más aportan contaminantes de este tipo, incluso presentando los valores máximos en todo el Pacífico de DDT de 26,3 ng/L en la estación Río Nuquí Chocó y 63,7 ng/L Bocana Ensenada Tumaco Nariño, igualmente para el aldrin (ALD) estas máximas concentraciones históricas se encontraron en la Quebrada Chocolatal Chocó (23,7 ng/L) y en Sala Honda Brazo Patía Nariño (29,6 ng/L).

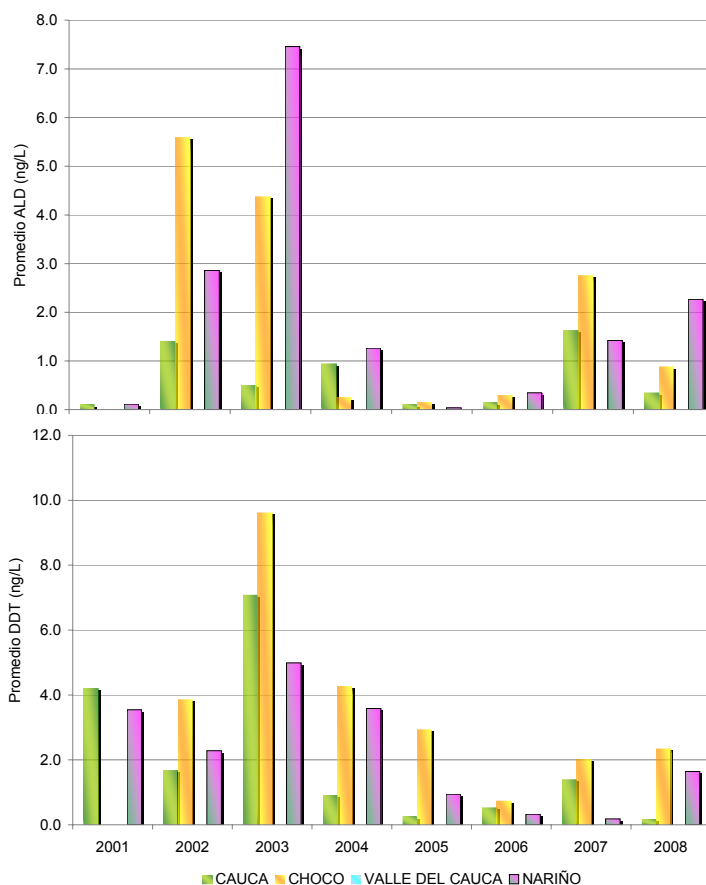


Figura 5.2.2-3 Variación temporal de ALD y DDT en los diferentes Departamentos de la región Pacífica.

### 5.2.3 Microorganismos de Origen Fecal

Los problemas de contaminación microbiológica en los ambientes marinos de la región Pacífica están localizados generalmente en las áreas adyacentes a las zonas urbanas debido al las descargas de aguas residuales y desechos domésticos (Comunidad Andina, 2001), ejerciendo un impacto negativo en estos ecosistemas, muchos de ellos se encuentran en jurisdicción del Sistema Nacional de Parques Naturales. Entre esos parques están Saquianga, Gorgona y Utría, otras áreas son de interés ecológico como las bahías de Buenaventura, Málaga, Solano y Tumaco, donde existe gran diversidad de ecosistemas que se ven afectados por este tipo de contaminación; entre esos ecosistemas están las playas arenosas, manglares, natal y guandal; que contribuyen a una de las mayores riquezas del ecosistema Manglar – Estuarino de esta región.

La región Pacífica cuenta con un sistema de tributarios que actúan como medio de transporte de microorganismos procedentes de los vertimientos de, municipios y poblados a lo largo de su cuenca. En ésta región, las estaciones que mayores niveles de Coliformes presentaron en el periodo comprendido entre el segundo semestre de 2007 y el primer semestre de 2008 fueron: Río Jella y Nuquí (Chocó), BNV – 213 y BNV - 217 (Valle del Cauca), Río Guapi y Río Timbiquí (Cauca), y el Río Mira (Nariño), debido al incremento de las poblaciones ribereñas que ha conllevado a una creciente demanda del recurso hídrico,

así como la carencia de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas que van a ser depositadas en la zona costera, las cuales afectan la actividad pesquera de tipo artesanal dirigida a moluscos (*Anadara tuberculosa*, *A. similis*, almejas, caracoles y ostras), crustáceos (cangrejos, jaibas, camarones blanco, titi y tigre) y pesca blanca (jurel, sábalo, lisa, corvina, pelada y lenguado).

En el primer semestre de 2008 el 36 % de los balnearios del Pacífico sobrepasaron los niveles de Coliformes termotolerantes con rangos entre 660 y 2.400 NMP /100 ml, estos sitios están ubicados en: Bahía Solano ESSO y Huina (Chocó) por la influencia del el río Jella, el municipio de Bahía Solano y el Puerto marítimo, Bocagrande y el Morro (Nariño) por influencia del municipio de Tumaco y en el departamento del Valle del Cauca las playas ubicadas en el Sector de la Bocana en la bahía de Buenaventura.

#### 5.2.4 Metales pesados

El principal inconveniente que presentan los metales pesados en el medio ambiente es que a diferencia de muchos contaminantes orgánicos no se degradan por la actividad microbiana, por el contrario pueden ser enriquecidos por los organismos que a veces forman complejos órganometálicos; otros al estar en concentraciones que sobrepasan los niveles naturales provocan serios problemas ecológicos como resultado de procesos de bioacumulación y de biomagnificación a través de la cadena trófica (Ansari *et al.*, 2004). Desde el punto de vista fisicoquímico, los metales pesados en solución están como iones, iones metálicos acomplejados por aniones inorgánicos, iones metálicos acomplejados por ligandos orgánicos o inorgánicos, especies metálicas enlazadas a materiales de alto peso molecular, especies en forma de coloides dispersos y adsorbidos. Estos iones metálicos juegan un papel fundamental en los sistemas biológicos, deben ser abundantes en la naturaleza y disponibles en especies solubles (Ansari *et al.*, 2004).

Cuando los metales llegan a zonas costeras, sufren varios procesos antes de depositarse, ya sean adsorbidos en los sedimentos o transportados hacia el mar. Estos procesos incluyen floculación, captación por parte de organismos y posterior paso a la forma soluble, el comportamiento en los sistemas estuarinos es bien diferente que en mar abierto, siendo más complejo debido a las características hidrodinámicas, los amplios gradientes de composición química, concentraciones variables de los sólidos suspendidos, todos afectados ampliamente por las actividades humanas. Los procesos de sedimentación son lentos en mar abierto, mientras que en los sistemas estuarinos son extremadamente rápidos. Cuando un río entra al estuario su velocidad de flujo disminuye y los sedimentos suspendidos se depositan (Chester, 1993).

Debido al menor desarrollo industrial de la región del Pacífico Colombiano con referencia al Caribe, el impacto por contaminantes como los metales pesados, no se deben en su mayoría a la actividad industrial sino a actividades de explotación minera y de disposición de aguas residuales. En esta región las capitales de los departamentos son interiores y solo existen dos áreas portuarias desarrolladas: La Bahía de Buenaventura en el Valle del Cauca y la Ensenada de Tumaco en Nariño, constituyéndose en polos importantes para el desarrollo de la región pero sensibles de contaminación.

En el Pacífico colombiano, se presentan dos zonas costeras de importancia, los municipios de Buenaventura y Tumaco cuyos resultados obtenidos hasta el monitoreo muestran que en el caso de los metales pesados (Cd, Pb y Cr), estas zonas no presentan un mayor impacto por los mismos, registrándose concentraciones en el intervalo establecido como no contaminado y en algunos casos contaminación baja, según la escala indicativa propuesta por Marín (2002). El departamento de Nariño, en sus estaciones ha reportado concentraciones de plomo en el rango de *Contaminación Baja* (1,0 a 50 µg/L). Otros departamentos costeros como Cauca y Chocó donde existe un marcado desarrollo de actividades como la industria maderera, fuente importante para la economía de la región, además de la existencia de una de las riquezas auríferas más grandes del mundo y que son explotadas indiscriminadamente y de forma ambigua, que se constituiría en fuentes importante de contaminación; pese a ello, los niveles de riesgo que presentan los ecosistemas costeros de estos dos departamentos

son bajos, reportándose así mismo concentraciones de metales indicativas de no Contaminado. Es de resaltar adicionalmente que las concentraciones de los elementos analizados en los departamentos de la región han mostrado una tendencia a disminuir a lo largo del monitoreo.

### 5.2.5 Conclusiones

El impacto por hidrocarburos históricamente ha sido crónico y las concentraciones altas que se encuentran en ciertos momentos en la región pacífica obedecen a condiciones puntuales, su presencia es el resultado del inadecuado manejo que se le da a los subproductos del petróleo; reflejando mayor afectación por contaminación con HC en Nariño y Valle del Cauca a diferencia de los departamentos de Chocó y Cauca. Sin embargo, en la actualidad las concentraciones para todos los departamentos del pacífico Colombiano son muy inferiores al valor de referencia para aguas contaminadas ( $< 10 \mu\text{g/L}$ ).

Por otra parte, para el caso de plaguicidas las concentraciones halladas evidencian un riesgo medio en los departamentos de Chocó y Nariño debido a la presencia variable de estos residuos en comparación con Cauca y Valle del Cauca, no obstante en la actualidad las concentraciones halladas en la región pacífica están muy por debajo del valor de  $30 \text{ ng/L}$  establecido como referencia y su presencia es el resultado de escorrentías de agroquímicos usados por las actividades humanas hace tiempo y que aún se encuentran en el medio debido a su persistencia como el DDT y aldrin (ALD).

Los ríos Jella y Nuquí (Chocó), Guapi y Timbiquí (Cauca), y Mira (Nariño) y las estaciones BNV – 213 y BNV - 217 (Valle del Cauca), a través del tiempo aportan las mayores concentraciones de CTT y CTE, debido a la descarga directa de aguas servidas y desechos orgánicos que realizan las poblaciones ribereñas.

Para el primer semestre el primer del 2008 las playas Bahía Solano ESSO y Huina (Chocó) Bocagrande y el Morro (Nariño) y Frente a hotel Bocana y Frente a Muelle Bocana (Valle del Cauca) no son aptas para las actividades de contacto primario y secundario, según los límites establecidos por la legislación colombiana.

# CHOCÓ



Bahía Solano



Ensenada de Utría



## 5.3 CHOCO

### 5.3.1 Estaciones de Muestreo

El departamento del Chocó, posee una larga extensión de litoral costero, pero gran parte del mismo hace parte de las selvas húmedas que aun se conservan en la región. El diseño de las estaciones que se realizan en la actualidad, es el que se puede realizar tomando como base de operaciones la población de Bahía Solano (Figura 5.3.1-1), desde la cual se alcanzan pocos sitios en la parte central de la línea costera; sin embargo, estas estaciones se han mantenido sin cambios.



Figura 5.3.1-1 Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de Chocó.

### 5.3.2 Variables fisicoquímicas

#### Amonio

El ión amonio presentó para el primer muestreo del 2008 valores de 11,4  $\mu\text{g/L}$  para las aguas marinas, 10,4  $\mu\text{g/L}$  en las aguas estuarinas y 66,2  $\mu\text{g/L}$  en las continentales (Figura 5.3.2-1). La estación con concentraciones más fue: el río Jella 176,5  $\mu\text{g/L}$ . Valores altos de este parámetro sólo se han observado para el primer muestreo del 2007 en el mismo sitio (152,9  $\mu\text{g/L}$ ); otras estaciones que históricamente han



registrado altas concentraciones de amonio son: Quebrada Chocolatal y Frente al río Valle (489,4 y 473,3 µg/L respectivamente).

En las zonas costeras del chocó solo existen descargas de aguas servidas, que son en su gran parte las fuentes del ión amonio, aunque de manera natural también se puede presentar por la degradación de la materia orgánica de las selvas costeras del departamento (IGAC, 2002).

Los promedios históricos del amonio en las aguas costeras del Pacífico Chocono, siempre han estado por debajo de los 70 µg/L (valor de referencia de la región Pacífica de Asia; EPD, 2003), sólo el durante el segundo muestreo de 2003, las aguas fluviales presentaron un promedio superior a 100 µg/L (183 µg/L; Figura 5.3.2-1), que no se reflejó sobre las estuarinas y marinas.

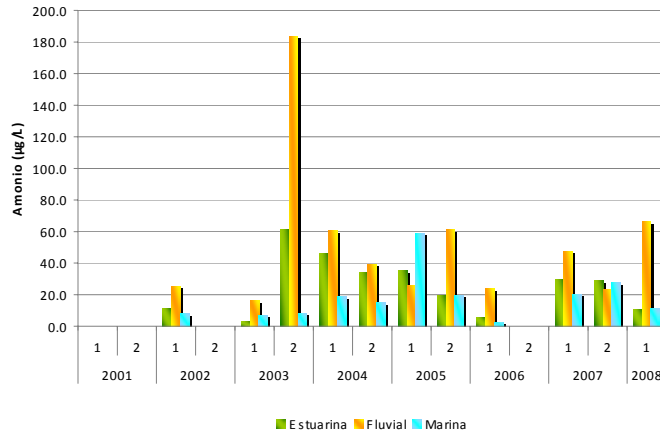


Figura 5.3.2-1 Comparación histórica de las concentraciones de amonio en las aguas costeras del departamento del Chocó (Pacífico).

Nitratos.

El ión nitrato presentó concentraciones durante el primer semestre del 2008 entre 42,6 µg/L en las aguas estuarinas, 4,0 µg/L en las marinas y de 108,8 µg/L en las continentales (Figura 5.3.2-2). Las estaciones con mayor concentración en el 2008 fueron el río San Juan (menor de 400 µg/L en su desembocadura y río arriba) y la quebrada Chocolatal (63,4 µg/L). Los ríos son fuentes naturales de este ión por los procesos de degradación de la materia orgánica, pero los valores altos del río San Juan, se consideran alejados del rango natural para este tipo de agua en el Pacífico. Los registros indican una frecuencia de datos comunes entre 0 y 110 µg/L, contra los que se comparan. Se recomienda un análisis de las condiciones del río, para evitar posibles eventos de eutrofización en la zona costera del San Juan.

Los aportes de nitratos desde el continente, se hacen evidentes durante los períodos muestreados sobre todo para las aguas estuarinas. Los promedios hasta el año 2006, en los ríos del departamento han sido en su mayoría superiores al valor de referencia de la región Pacífica de Asia (60 µg/L; EPD, 2003). Las aguas estuarinas, han presentado un patrón de variación en las concertaciones de este ión, similares a las de los ríos, sin embargo en la zona marina no se observaron concentraciones promedios superiores a 40 µg/L.

Ortofosfatos.

El fósforo inorgánico durante el primer semestre del 2008 presentó concentraciones promedio de 9,9 µg/L para las aguas marinas, 12,5 µg/L en las estuarinas y de 33,8 µg/L en las de las dulces (Figura 5.3.2-3). Las mayores concertaciones se dieron en los ríos San Juan y Jella (menor de 64 y 36,8 µg/L respectivamente). Estos ríos han mostrado valores similares en los muestreos pasados, más constantes en el río San Juan que para el Jella (INVEMAR, 2008).



En la secuencia histórica de los promedios de ortofosfatos en las aguas costeras del Chocó, se evidenció que los aportes continentales se presentan en su mayoría durante el segundo muestreo de cada año (Figura 5.3.2-3), aunque las aguas marinas se han mantenido en promedios cercanos o menores a 20 µg/L (el valor de referencia de la legislación de Asia define 15 µg/L, para este tipo de aguas), pero en el muestreo del segundo semestre de 2007, se presentó un promedio de 45.5 µg/L.

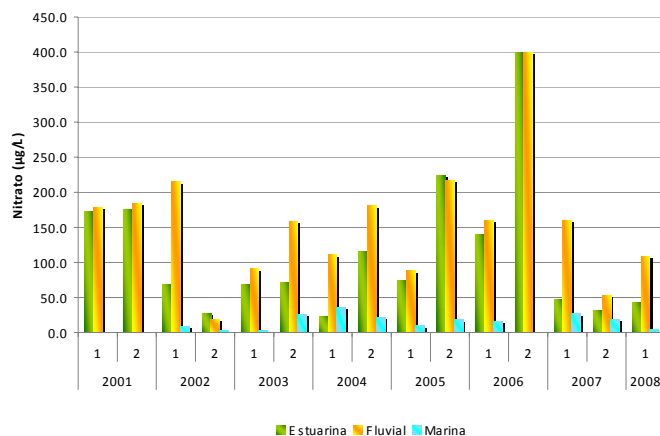


Figura 5.3.2-2 Comparación histórica de las concentraciones de nitratos en las aguas costeras del departamento del Chocó (Pacífico).

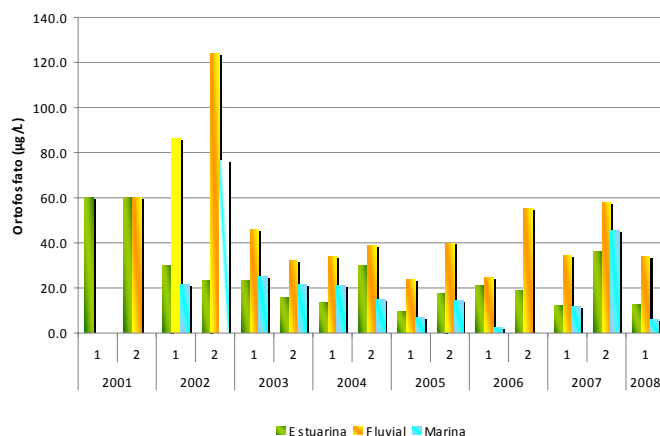


Figura 5.3.2-3 Comparación histórica de las concentraciones de ortofosfatos en las aguas costeras del departamento del Chocó (Pacífico).

### Silicio.

Las concentraciones del silicio inorgánico para el primer muestreo del 2008 fueron en 865,6 µg/L en aguas marinas, 1268,5 µg/L en las estuarinas y 7256 µg/L en las fluviales (Figura 5.3.2-4). Las fuentes de agua continentales son las que aportan este ión a la zona costera como un proceso de producto del arrastre de los suelos y sedimentos que arrastran esta agua, donde la quebrada Chocolatal y el río Jella son los que más aportan este elemento (12171 y 6170 µg/L respectivamente). Este ión y las concentraciones de los sólidos en suspensión, pueden ser indicadores de procesos erosivos en las cuencas, sobre todo si existen actividades mineras en la región (como es el caso para Chocó), como lo muestra la Figura 5.3.2-4, en la que los promedios de las aguas fluviales de los muestreos pasados, duplican a la de las aguas marinas y son ocho veces mayores a los de las estuarinas.

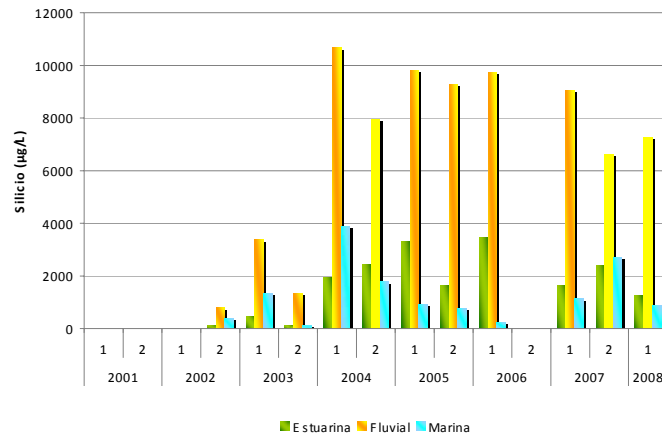


Figura 5.3.2-4 Comparación histórica de las concentraciones del silicio en las aguas costeras del departamento del Chocó (Pacífico).

Oxígeno Disuelto.

Para el primer muestreo del 2008, las concentraciones del oxígeno superficial tanto en las aguas marino-estuarinas como fluviales estuvieron por encima de los 6 mg/L (Figura 5.3.2-5). Todas las estaciones presentaron concentraciones por encima de los 4 mg/L (Decreto 1594 de 1984), con lo que se tienen buenas condiciones de este gas en las aguas costeras del departamento. Las registros históricos indican fluctuaciones en el contenido del oxígeno y sus tendencias son estables en los cuerpos de agua costeros, pero el río Valle debe ser analizado en las fuentes que mas le afectan como ya se señaló en un informe anterior (Troncoso *et al.*, 2007).

Los promedios de oxígeno históricos en cada tipo de agua, siempre se han mantenido por encima de l valor que referencia la norma colombiana (decreto 1594 de 1984), representado así una dinámica de las aguas que favorece la aireación de las aguas costeras del departamento.

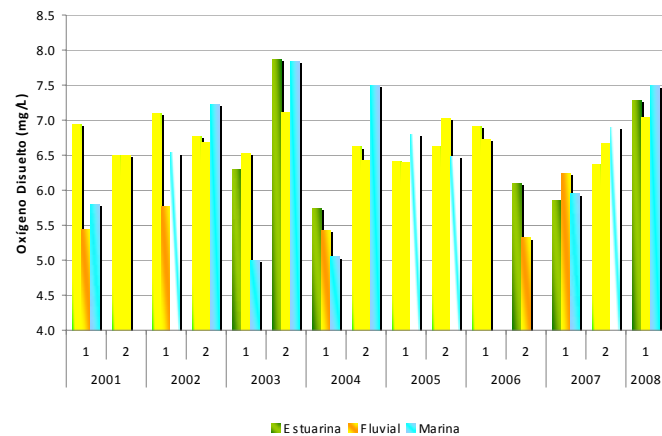


Figura 5.3.2-5 Comparación histórica de las concentraciones del oxígeno disuelto, en las aguas costeras del departamento del Chocó (Pacífico).

Valor del pH.

Los valores del pH de las aguas costeras del departamento de Cauca durante el primer muestreo del 2008, fueron de 7,8 para las marinas y estuarinas, para las fluviales fue de 7,2 (Figura 5.3.2-6; INVEMAR, 2008). Sólo una estación presentó valores de pH por debajo de 7: el río San Juan (6,8), aunque este

valor de pH se encuentra dentro de los valores que recomienda el decreto 1594 (MinAgricultura, 1984), para el uso de preservación de flora y fauna en sus condiciones naturales.

Las aguas marinas del departamento, presentan mayor estabilidad de los valores del pH (entre 7,6 y 8,4) y las fluviales, por todo lo que recogen y atraviesan son las de mayor variación (6,3 a 8,0). Son rangos esperados, por la dinámica y los aportes que se realizan desde el continente.

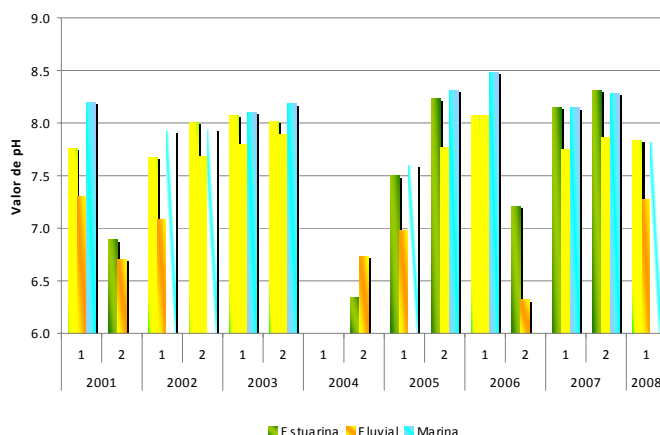


Figura 5.3.2-6 Comparación histórica de los valores de pH, en las aguas costeras del departamento del Chocó (Pacífico).

### Salinidad

La salinidad de las aguas marino-costeras, presentó valores normales durante el primer muestreo del año 2008 con 28,2 para las estuarinas, 28,9 para las marinas y 1,6 para las fluviales (Figura 5.3.2-7). Estos datos representan la situación de las mareas y lluvias, que son muy fuertes en el Chocó colombiano (Garay *et al.*, 2006; INVEMAR, 2008).

La influencia de las mareas y de los flujos de aguas continentales, los que afectan la salinidad en las aguas marinas del departamento, según se observó en los registros históricos (entre 17,3 y 32).

### Sólidos en Suspensión.

Las concentraciones de los sólidos en suspensión, durante el primer muestreo del 2008 han estado en 34,9 mg/L en aguas estuarinas, 35,4 mg/L en las aguas marinas y 14,0 mg/L en las fluviales (Figura 5.3.2-8; INVEMAR, 2008). Las estaciones de Bahía Solano (ESSO) y playa El Almejal son las de mayor concentración de sólidos durante en el primer muestreo del 2008 (55,1 y 44,5 mg/L respectivamente).

Los sólidos en suspensión, reflejan los procesos erosivos de la cuenca en que se realizan las mediciones, en este es interesante que los sólidos sean bajos pero las concentraciones de silicio sean tan altas, lo que puede interpretarse como procesos de erosión en la cuenca alta de los ríos y un buen sistema vegetal en las cunecas media y baja que permite retener el material suspendido en sus aguas.

Como una observación general, los aportes de sólidos en suspensión tienen un mayor aporte desde el continente, durante los segundos muestreos que se realizan de cada año (Figura 5.3.2-8), pero su influencia sobre las aguas marinas y estuarinas son menores, en donde se mantienen cercanas o por debajo de los 70 mg/L, que es un valor de referencia aun en revisión para las aguas marinas (Troncoso *et al.*, 2006).

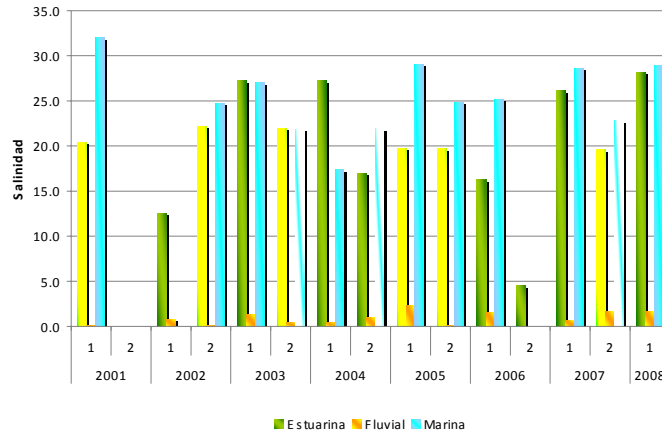


Figura 5.3.2-7 Comparación histórica de la salinidad en las aguas costeras del departamento del Chocó (Pacífico).

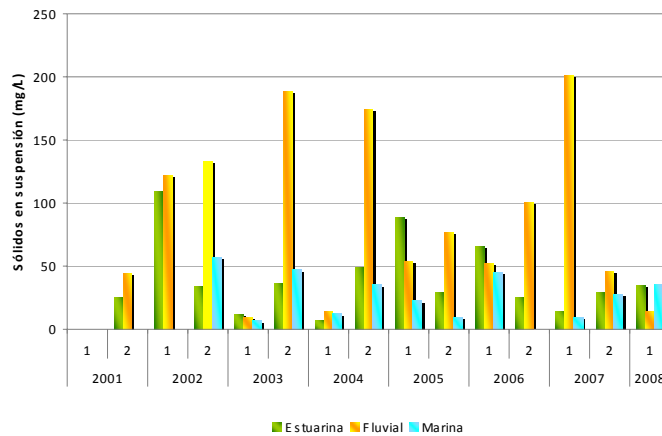


Figura 5.3.2-8 Comparación histórica de las concentraciones de los sólidos en suspensión en las aguas costeras del departamento del Chocó (Pacífico).

### 5.3.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

#### Hidrocarburos

A continuación se presenta una breve descripción de los resultados obtenidos desde el inicio del proyecto:

2001: Las mayores concentraciones se presentaron en sectores cercanos a Bahía Solano, donde tiene lugar la mayor actividad de transporte marítimo. Esta zona alcanza valores de 13,88  $\mu\text{g/L}$  que superan el valor máximo permisible para aguas marinas y costeras no contaminadas de 10  $\mu\text{g/L}$  (UNESCO, 1984; Atwood et al., 1988). Hacia el sur de Bahía Solano, los niveles de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) son relativamente menores a la norma referenciada y varían en un rango de 5 a 10  $\mu\text{g/L}$ .

2002: Las concentraciones medidas no superaron un máximo de 4,83  $\mu\text{g/L}$  (Río Nuqui) para los dos semestres, lo que hace considerar esta región como una zona de riesgo medio por contaminación con hidrocarburos (HC). No obstante, los sitios donde aún se reportan los valores más altos corresponden a ríos que cruzan poblaciones importantes, dado el hecho de que la principal forma de comunicación en esta región es por vía acuática y las actividades relacionadas con esta actividad, como las reparaciones

de embarcaciones y la venta de combustible se hacen sobre los tributarios, con un escaso control. Por ejemplo, en la estación de Bahía Solano (cerca a la bomba de combustible) y en el Río Nuquí se hallaron los valores máximos de 4,8 y 2,1 µg/L para este año.

2003: Se determinó un valor máximo de 3,99 µg/L en la playa Huina (primer semestre), estación que se puede ver afectada por las aguas residuales provenientes del municipio de Bahía Solano y el tránsito de embarcaciones hacia el exterior de la bahía. En el segundo semestre se determinaron valores más altos (máximo de 13,95 µg/L) frente a Bahía Solano y un valor de 4,0 µg/L en la Quebrada Chicolatal; debido al efecto de los vertimientos realizados por la población de bahía Solano, a la quebrada que atraviesa esta comunidad.

2004: En el primer semestre las concentraciones son muy inferiores pero sigue encontrándose el máximo en la estación Bahía Solano cerca a la bomba de combustible (0,78 µg/L). En el segundo monitoreo del año los valores no sobrepasaron los 1,18 µg/L (Quebrada Chicolatal).

2005: Los valores registrados durante el monitoreo del primer semestre no superaron el valor de 1,0 µg/L hallado en el Estero Tribugá y la tendencia observada desde el 2003 ha sido de disminuir. En el segundo semestre las concentraciones continúan disminuyendo ligeramente siendo el valor más alto es de 0,68 µg/L en la Quebrada Chicolatal.

2006: Las concentraciones mantienen la tendencia a disminuir registrada desde el 2004. Para este año el valor máximo fue de 0,24 µg/L hallado nuevamente en la Quebrada Chicolatal. Durante el segundo semestre se reportó un valor tope de 1,07 µg/L en la Playa Capurganá.

2007: Durante este año las concentraciones no superaron los valores máximos encontrados de 0,94 µg/L registrado en el Río Jella y 0,51 µg/L para la Quebrada Chicolatal estando todos estos valores muy por debajo del límite permisible para aguas marinas y costeras no contaminadas de 10 µg/L (UNESCO, 1984; Atwood *et al.*, 1988)

2008: para el primer semestre las concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) muestran valores bajos, encontrando el máximo valor en la estación Estero Tribugá (0,87 µg/L). En el Río Jella la concentración disminuyó del valor máximo encontrado en el año anterior a 0,66 µg/L, igual sucedió con la Quebrada Chicolatal llegando a un valor de 0,11 µg/L. (Figura 5.3.3-1).

Los resultados de los monitoreos hasta el primer semestre del 2008 han permitido identificar que las estaciones con contenidos más altos o mayor afectación por HC corresponden a las estaciones: Frente a Bahía Solano, por recibir la influencia del municipio, Bahía Solano (ESSO), por estar próxima a una estación de combustibles y a un atracadero de buques y a las estaciones de los ríos, por los vertidos directos de las poblaciones en sus orillas y por ser vías de comunicación usadas por motonaves y lanchas. La información obtenida hasta el 2003 en las estaciones, Quebrada Chicolatal, Bahía Solano (ESSO) y Río Valle, muestran que existen diferencias con el comportamiento de los valores medidos en la Ensenada de Utría, donde se registran en promedio las menores concentraciones de hidrocarburos (0,21 µg/L) debido a su condición de Parque Natural protegido, mientras que la concentración promedio más alta se encuentra en la Quebrada Chicolatal (0,47 µg/L) más del doble de concentración en comparación con el sitio de referencia (Utría).

### Plaguicidas

La información histórica de estudios adelantados en este aspecto es escasa, el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP) realizó entre 1992 y 1995 en Bahía Solano un monitoreo de plaguicidas en el cual se detectaron compuestos organoclorados en sedimentos y organismos, en concentraciones bajas (Casanova, 1996). No obstante, los resultados del proyecto REDCAM constituyen la primera información de estas sustancias en aguas para el departamento del Chocó. El monitoreo de

REDCAM para organoclorados se inició en el 2001 en el departamento obteniéndose los siguientes resultados:

2001: Para este año solo se monitorearon dos estaciones Río Acandí con una concentración de organoclorados para agua fluvial de 2,35 ng/L y para playa capurganá con un valor traza de 0,03 ng/L.

2002: Las concentraciones obtenidas de OC se hallan dentro de las más altas para las costas Colombianas; durante el primer monitoreo del 2002 se reportaron valores de 35,8 y 23,2 ng/L (Río Valle y Estero Tribugá), sin embargo, no se dispone de información histórica, para poder realizar un mejor análisis. En el segundo semestre también se reportaron valores relativamente altos en la Quebrada Chocolatal y el Río Jella con valores de 26,4 y 18,1 ng/L respectivamente.

2003: En el primer semestre las concentraciones disminuyen (max. 1,7 ng/L en Río Jella), pero sigue detectándose la presencia de estos compuestos. En el segundo semestre, la situación cambia y las concentraciones registradas aumentan dentro de un rango de 4,1-20,5 ng/L.

2004: Los registros del primer semestre son inferiores a 6,6 ng/L (Quebrada Chocolatal); sin embargo, en todas las estaciones monitoreadas se encontró presencia de OC en las aguas. Los residuos que se detectan en mayor proporción corresponden a los metabolitos del DDT: DDD y DDE. En el segundo semestre las concentraciones aumentaron nuevamente hallando concentraciones de 16,2 y 17,3 ng/L en Estero Jurubidá y el Río Valle respectivamente.

2005: En el primer semestre las concentraciones en la mayoría de las estaciones disminuyen con relación al semestre anterior, excepto en el Río Nuquí donde se registró una concentración de 27,0 ng/L. Para el semestre siguiente las concentraciones descienden significativamente presentándose un valor máximo de 1,9 ng/L nuevamente en el Río Nuquí.

2006: Las concentraciones aumentan ligeramente pero no sobrepasan los 2,0 ng/L (Río Valle) lo cual no representa un riesgo de contaminación para el medio.

2007: Las condiciones registradas en el año anterior se mantienen para este primer semestre, aquí los valores son inferiores a 2,29 ng/L (Río Valle) y no representan riesgo de contaminación en el medio. Además mantienen la tendencia a disminuir registrada desde el 2004, pero ya en el segundo semestre se aprecia un aumento nueve veces mayor en la cantidad de organoclorados en el medio acuático llegando al valor máximo de 18,7 ng/L en la estación Quebrada Chocolatal, seguido de 12 ng/L en la estación estero Tribugá y 11,9 ng/L Frente Bahía Solano identificándose nuevamente estas estaciones como fuentes potenciales de plaguicidas en la zona.

2008: Para este primer semestre del año los valores son altos, sobretodo las concentraciones en las estaciones Río Nuquí, estero Tribugá y Jurubida con valores de 16,67, 12,41 y 12,06 ng/L, respectivamente. Es de hacer notar que la Quebrada Chocolatal presenta una concentración de plaguicidas organoclorados de 8,74 ng/L diez veces más baja que en el segundo semestre de 2007. (Figura 5.3.3-2).

Los monitoreos realizados demuestran la presencia de OC en el medio. En el 2002 se registraron concentraciones altas siendo la estación Río Valle la que supera el valor de 30 ng/L establecido como referencia para aguas no contaminadas (Marín, 2002); y en los años siguientes se encontraron concentraciones mayores a 15 ng/L que se consideran dentro de un nivel de riesgo alto. El hecho de que la población de la zona costera del Chocó es poca y además no ha tenido una vocación agrícola, supone la introducción de OC al medio por otras actividades diferentes a la agricultura, en la actualidad los resultados son muy inferiores a los registrados en los primeros años, siendo más altos los niveles de OC al inicio del proyecto.

Los resultados obtenidos muestran a los ríos como las mayores fuentes de contaminación por OC, identificándose el río Valle como el afluente que más carga de OC transporta al mar, además hasta la actualidad estos ríos pueden estar drenando compuestos que fueron aplicados anteriormente y que aún permanecen en el medio debido a la persistencia de estas sustancias, razón por la cual en ellos se siguen detectando principalmente metabolitos del DDT. En los segundos semestres para los años 2003 y 2004 se encontraron las concentraciones más altas de estos compuestos especialmente en los Esteros Jurubidá (16,1 ng/L) y Tribugá (11,5 ng/L) para el año 2003 y en las estaciones Río Valle (9,2 ng/L), Río Jella y Río Nuquí con igual concentración (7,2 ng/L) para el 2004. En el primer semestre de 2008 los ríos Nuquí, Valle y Jella continúan siendo las principales fuentes de contaminación de plaguicidas al mar, drenando concentraciones de DDT de 3,3, 3,0 y 1,6 ng/L respectivamente. (Figura 5.3.3-3).

La industria maderera desarrollada a lo largo de la llanura pacífica, emplea plaguicidas en concentraciones elevadas como agente de inmunización de la madera, además, de residuos de hidrocarburos (aceites usados, alquitranes), para protegerla de los insectos y la humedad. Por lo cual, no se descarta que se hayan utilizado grandes cantidades de aldrin (ALD), endosulfan y DDT en la década pasada. También están las campañas de fumigación para la prevención de la malaria. De acuerdo a la Resolución 010255 de 1993, el Ministerio de Salud 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. Esto supone la utilización de dichas sustancias hasta hace pocos años. El uso de agroquímicos ilegales por parte de colonos, también puede ser otra fuente de estos compuestos, además de las actividades como la tala de bosques y la actividad maderera derivadas del proceso de colonización también pueden aportar compuestos OC al medio.

Los resultados hasta el primer monitoreo del 2008 para las aguas costeras del Chocó nos muestra que el aporte más alto de aldrin (ALD) se localizo en la Quebrada Chocolatal para el segundo semestre de 2002 con un valor de 23,7 ng/L siendo los periodos de mayor carga de aldrin los años 2002, 2003 y 2007; ya para los demás años disminuye, sin embargo se observa un aumento en el primer semestre de 2008 en el Río Nuquí (1,2 ng/L) y en el estero Tribugá (1,5 ng/L; Figura 5.3.3-4).

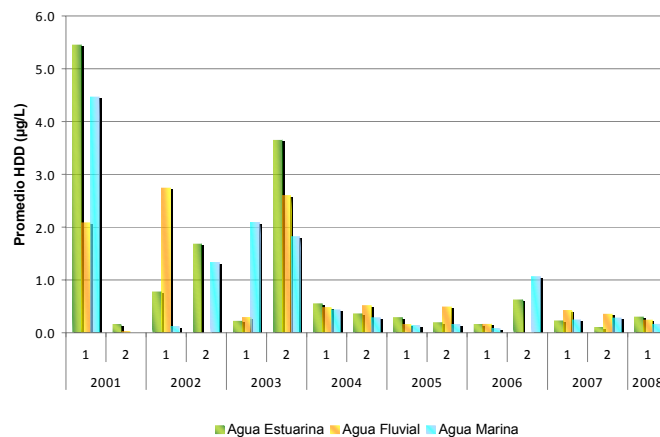


Figura 5.3.3-1 Variación temporal de HDD a nivel superficial en los diferentes tipos de agua del Departamento del Chocó.

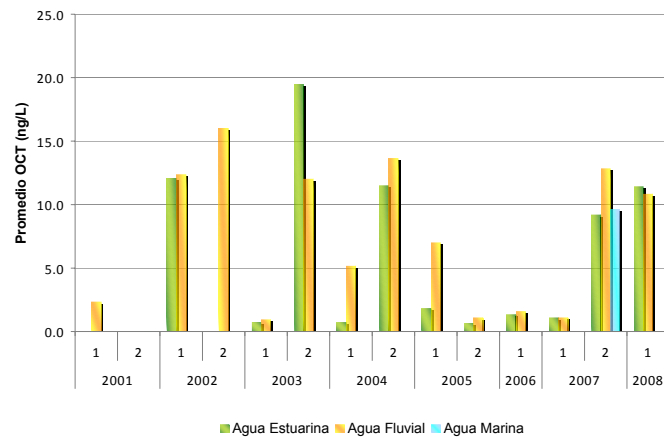


Figura 5.3.3-2 Variación temporal de OCT a nivel superficial en los diferentes tipos de agua del Departamento del Chocó.

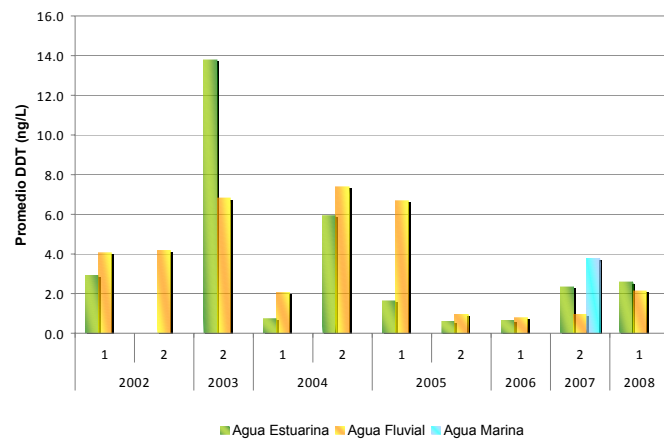


Figura 5.3.3-3 Variación temporal del DDT a nivel superficial en los diferentes tipos de agua del Departamento del Chocó.

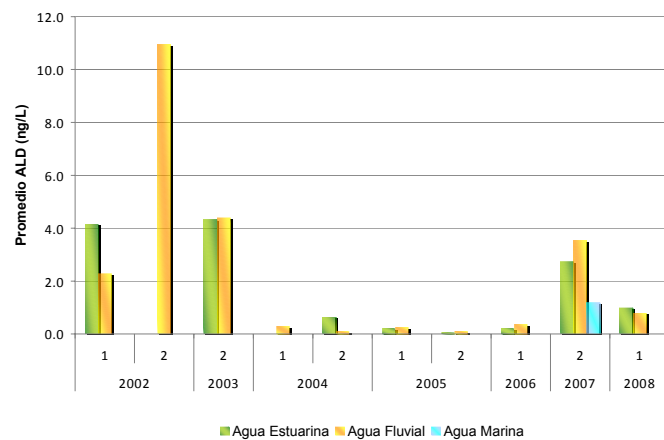


Figura 5.3.3-4 Variación temporal de ALD a nivel superficial en los diferentes tipos de agua del Departamento del Chocó.



### 5.3.4 Contaminación Microbiológica

El análisis microbiológico de la zona costera de este departamento se cuenta con datos desde la época seca de 2002 hasta la época seca de 2008. La Figura 5.3.4-1, muestra la tendencia de los indicadores de contaminación fecal, donde se observa un descenso desde el segundo semestre de 2003 hasta la época seca de 2008 con rangos promedio entre 2010 – 15690 NMP CTE/100ml, atribuyéndose esta disminución a la creación de pozos sépticos en los principales municipios costeros de este departamento.

Durante los siete años de monitoreo como se muestra en la Figura 5.3.4-2, los valores máximos del grupo Coliformes totales (CTT) son de 540.000 NMP/100 ml y Coliformes termotolerantes (CTE) de 170.000 NMP/100 ml, se han registrado en el río Jella, como efecto de las diferentes descargas que aportan los habitantes del municipio de Bahía Solano. Durante el primer semestre del 2008, las estaciones del departamento que presentan los mayores aportes de Coliformes totales, en orden descendente, son: Río Jella (130.000 NMP / 100 ml), Quebrada Chocolatal (24.000 NMP / 100 ml), y Río Nuquí (7.900 NMP / 100 ml), estos valores sobrepasan el límite establecido en la normatividad colombiana, 5000 NMP CTT/100 ml, para aguas destinadas a actividades de contacto secundario según MinAgricultura (1984). Históricamente, éstos tributarios han presentado concentraciones elevadas de Coliformes totales como consecuencia de los vertimientos de aguas servidas y desechos orgánicos de las poblaciones ribereñas y urbanas localizadas a lo largo de su cauce. De esta forma, en el periodo 2002-2008 la estación del Río Jella presenta fluctuaciones en las concentraciones de CTT, observando los mayores niveles durante el primer semestre de cada año y un valor máximo de 540.000 NMP / 100 ml en el año 2007; mientras la estación del Río Valle, durante este mismo periodo, presenta un máximo de CTT en el primer semestre del año 2002 de 170.000 NMP / 100 ml y por último el río Nuquí en el segundo semestre del 2002 presenta un máximo de 240.000 NMP / 100 ml (Figura 5.3.4-2), estos vertimientos de aguas domésticas asociados a material orgánico pueden afectar a los ecosistemas del parque natural de Utria como a los arrecifes coralinos que albergan una alta diversidad biológica marina, entre las principales especies que se encuentran en el Pacífico están tiburones, ballenas, rayas, caracoles, delfines camarones, ostras y una gran variedad de peces.

El diagnóstico de la calidad de las playas se realiza teniendo como base los lineamientos de la legislación colombiana (200 NMP CTE/100 ml) y de la Organización Mundial de la Salud - OMS (40 UFC Enterococos /100 ml) para aguas de contacto primario. Así, durante el segundo semestre del año 2007 las playas Almejal, ESSO, Huina y Jurubidá con un valor de 3500, 2400, 330 y 230 NMP/100 ml respectivamente y para el 2008 las playas ESSO, Jurubidá y Nuquí con 490 la primera y 230 NMP/100 ml las últimas, presentan concentraciones de CTE por encima de los valores límites establecidos en el decreto 1594 de 1984 para aguas de contacto primario, esto se debe a la cercanía que tienen estas playas de las desembocaduras de los ríos Nuquí y Jella los cuales aportan concentraciones elevadas de estos microorganismos (Figura 5.3.4-3). De acuerdo a los criterios establecidos por la OMS todas las playas exceptuando playa ESSO para el segundo semestre de 2007 del departamento son aptas para actividades de natación y practica de deportes náuticos.

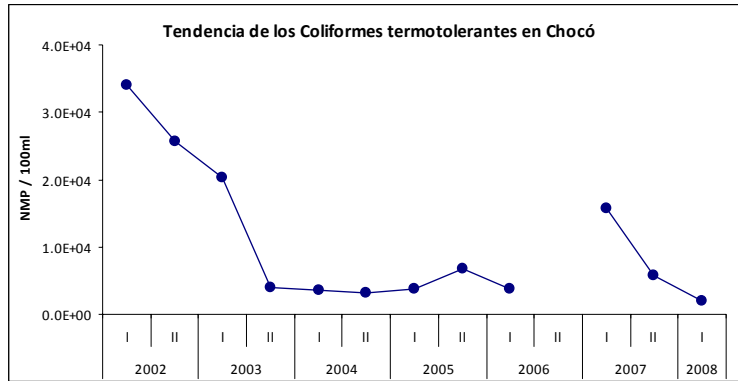


Figura 5.3.4-1. Tendencia de los CTE en el primer y segundo semestre para los años 2002 – 2008 en el departamento del Chocó (Datos Promedio).

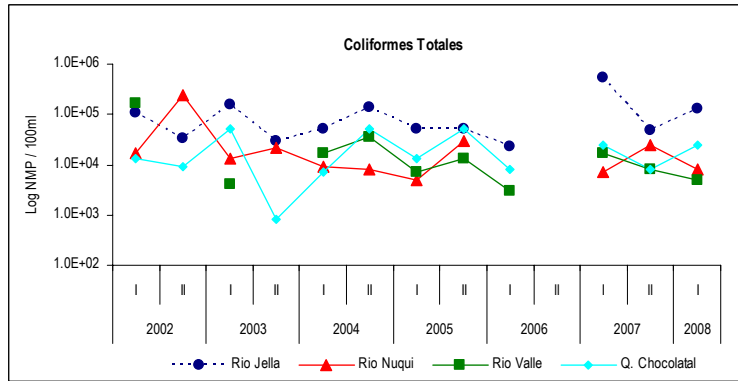


Figura 5.3.4-2. Tendencia de los Coliformes totales en el primer (I) y segundo (II) semestre durante los años 2002-2007 en los principales vertimientos del departamento del Chocó.

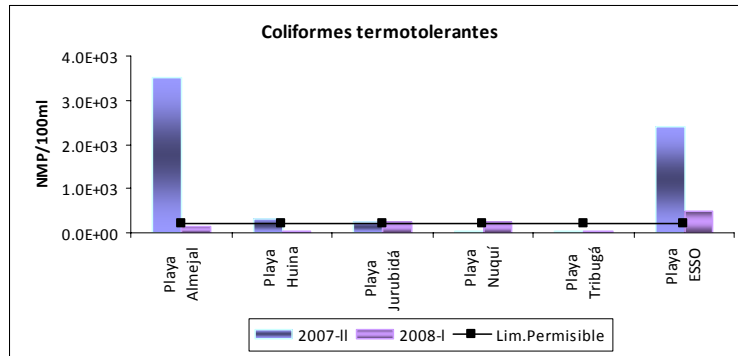


Figura 5.3.4-3. Niveles de Coliformes termotolerantes en las playas del departamento del Chocó Segundo semestre de 2007 y primero del 2008.

**Tabla 5.3.4-1. Calidad sanitaria de las playas del Chocó en el segundo semestre del 2007 y primer semestre del 2008 de acuerdo a los criterios de la legislación colombiana (CTE>200 NMP /100 ml) y la Organización Mundial de la Salud (EFE> 40 UFC/ml) para aguas de contacto primario.**

<i>Playas</i>	<i>II -2007</i>	<i>I- 2008</i>
Playa Almejal		
Playa Huina		
Playa Jurubidá (Frente)		
Playa Nuquí		
Playa Tribugá		

Verde: Apta; Naranja; No apta

### 5.3.5 Metales pesados

Los estudio sobre presencia e impacto de este tipo de contaminantes en el departamento del Chocó son limitados. No obstante, los resultados del proyecto REDCAM constituyen el primer acercamiento del comportamiento de este tipo de elementos en aguas para este departamento. El monitoreo de REDCAM se inició en el 2001 incluyendo metales pesados (cadmio Cd, cromo Cr y plomo Pb), constituyéndose a su vez en la información mas reciente y completa respecto a este tipo de contaminantes en las aguas costeras del departamento del Cadmio (Cd): En general las concentraciones de Cadmio en aguas del departamento del Choco se encuentran en niveles relativamente bajos en el rango de 0,010 a 6,00 µg/L, Chocó. En la Tabla 5.3.5-1 se muestra el resumen estadístico de la concentración de Cd, Pb y Cr del departamento de Cadmio (Cd): En general las concentraciones de Cadmio en aguas del departamento del Choco se encuentran en niveles relativamente bajos en el rango de 0,010 a 6,00 µg/L, Chocó durante el periodo de muestreo comprendido entre el año del 2001 al 2007, obtenidos por el monitoreo de la REDCAM.

**Tabla 5.3.5-1 Resumen estadístico de la concentración de cadmio, plomo y cromo en el departamento del Chocó. Fuente: Base de datos REDCAM 2001-2008.**

<b>VARIABLE</b>	<b>Cd µg/L</b>	<b>Cr µg/L</b>	<b>Pb µg/L</b>
<b>PROM</b>	1,19	0,61	11,66
<b>NUM</b>	68	61	79
<b>MAX</b>	6,00	6,59	54,68
<b>MIN</b>	0,010	0,030	0,350
<b>STDDV</b>	1,58	1,03	16,32

A continuación se presenta un análisis del comportamiento de cada uno de los elementos analizados durante el monitoreo de la REDCAM:

#### Cadmio

En general las concentraciones de Cadmio en aguas del departamento del Chocó se encuentran en niveles relativamente bajos en el rango de 0,010 a 6,00 µg/L, se evidencia una disminución en su concentración y frecuencia de determinación sobre los niveles detectables de la técnica analítica aplicada, durante el monitoreo desde el segundo semestre del 2001 donde se registraron las mayores concentraciones (6 µg/L en el sector Chocó Sur - Cabo Corrientes hasta Boca de San Juan), se ha

registrado una tendencia clara de disminución en las concentraciones de este elemento hacia el 2006 donde se registraron menores concentraciones (Figura 5.3.5-1). Durante los dos muestreos del año 2007, se evidencia un leve aumento en la concentración de este elemento especialmente en el sector de Chocó Norte - límite con Panamá hasta Cabo Corrientes donde se registraron las mayores concentraciones (1,60 µg/L) en las estaciones Quebrada Chocotalal (Arriba) y Ensenada de Utría, estos valores actuales no evidencian riesgos de contaminación por Cadmio según la escala conceptual propuesta por Marin, 2002.

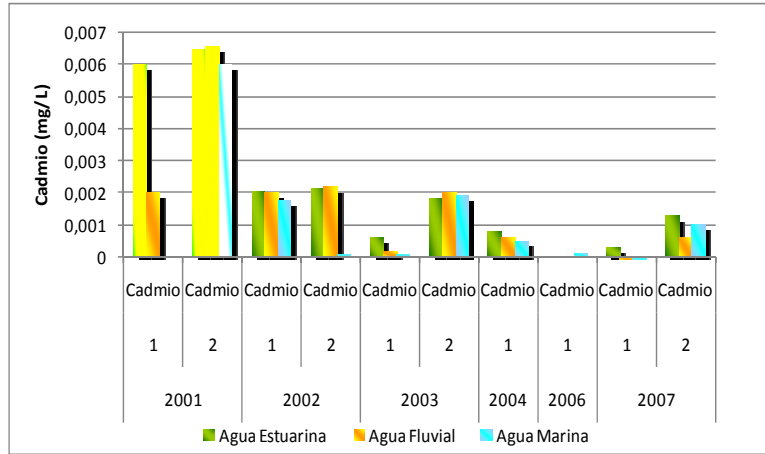


Figura 5.3.5-1 Variación temporal de las concentraciones de Cadmio en mg/L en aguas del departamento del Chocó

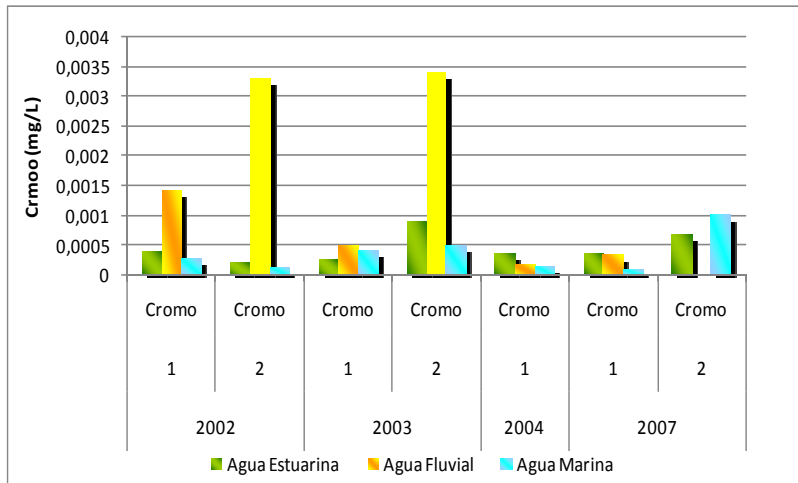


Figura 5.3.5-2 Variación temporal de las concentraciones de Cromo en mg/L en aguas del departamento del Chocó (Cd): En general las concentraciones de Cromo en aguas del departamento del Chocó se encuentran en niveles relativamente bajos en el rango de 0,010 a 6,00 µg/L, Chocó

Cromo

La concentración promedio de cromo en el departamento fue de 0,61 µg/L, encontrándose en el rango de *no contaminado* (<5 µg/L) en la escala conceptual propuesta por Marin (2002), la mayor concentración se ubico en el sector de Chocó norte estando este valor en el rango de *contaminación baja* (2,5 a 5 µg/L) , en la estación ubicada en el río Nuquí (4,3 µg/L) en el año 2003, por otra parte la tendencia general de la concentración de este elemento es disminuir levemente hacia el 2007 (Figura 5.3.5-2). Las mayores

concentraiones de este elemento se han registrado en los rios Nuqui y Jella, en el sector Chocó Norte - límite con Panamá hasta Cabo Corrientes en el monitoreo durante los años 2002 y 2003.

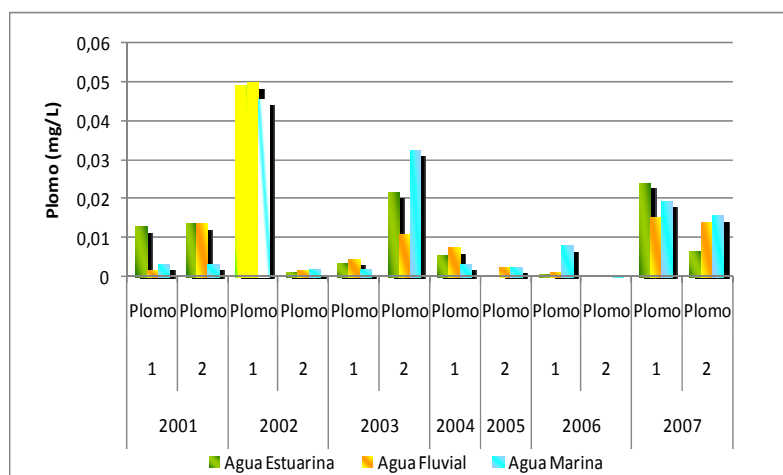


Figura 5.3.5-3 Variación temporal de las concentraciones de Plomo en mg/L en aguas del departamento Chocó

### Plomo

En general los valores registrados de concentración de Pb en aguas del departamento del Chocó se ubicaron en el rango de *contaminación baja* (10 a 50 µg/L) en la escala conceptual de Marin, 2002, aunque las mayores concentraciones de plomo se han registrado en el sector Chocó norte - límite con Panamá hasta Cabo Corrientes (0,35 a 54,68 µg/L), estas se encuentra en el rango de *contaminación baja*, la tendencia general de la concentración de este elemento es disminuir hacia el 2005, mientras durante el primer muestreo del 2007 las concentraciones de Pb se elevaron levemente (Figura 5.3.5-3) especialmente por la influencia del sector Chocó norte (4,7 a 29,1 µg/L).

A pesar que los niveles de concentración de metales pesados registrados en las aguas costeras de este departamento son bajos con respecto a los criterios establecidos para su evaluación, encontrándose en el rango de valores establecidos como naturales para el medio marino, se prevé que su permanencia en el medio como en el caso de las costas de este departamento, esta favorecida en gran medida por las actividades mineras desarrolladas en la cuenca de los principales ríos de la región, en las cuales se emplean variados métodos de explotación que posibilitan fenómenos de remoción que favorecen el aumento en la concentración de los metales, como en el caso de la extracción de oro.

### 5.3.6 Evaluación de la calidad del agua utilizando indicadores

Para los balnearios del departamento, el índice mostró que todas las playas pueden ser usadas por la población, ya que la calidad fue “excelente” (Figura 5.3.6-1a).

En el primer muestreo del año 2008, el índice de calidad de las aguas marinas y estuarinas del departamento de Chocó, mostró que sus aguas eran de “excelente” calidad, para el mantenimiento de la especies marinas (Figura 5.3.6-1b).

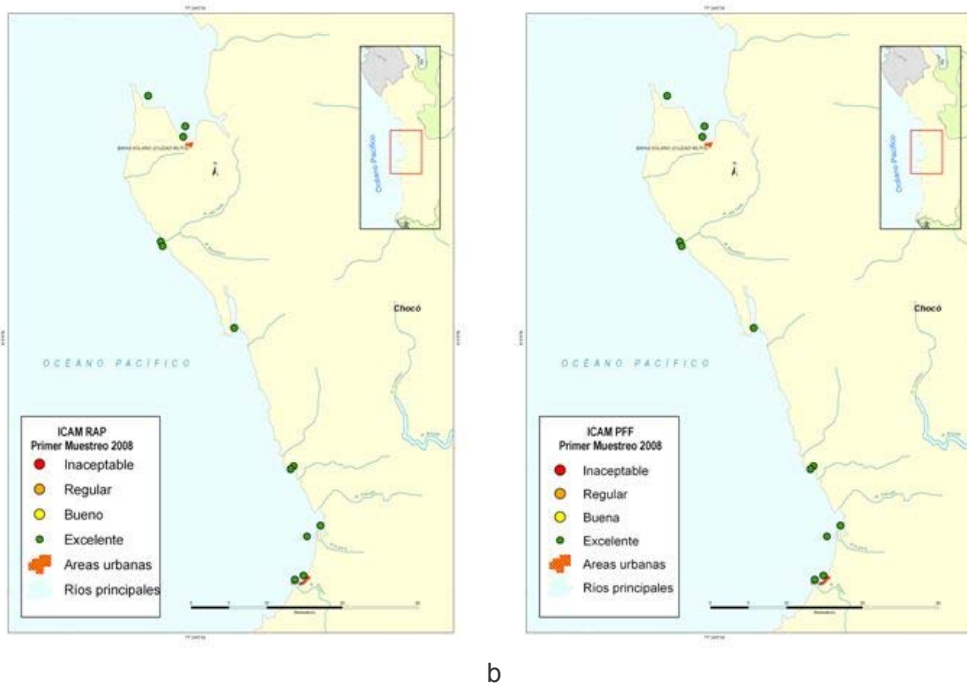


Figura 5.3.6-1. Representación gráfica del indicador de calidad de aguas marinas y estuarinas en la época seca de 2008. a) Actividades recreativas, náuticas y playas - RAP y b) Preservación de flora y fauna – PFF.

### 5.3.7 Conclusiones

Los ríos son las fuentes principales de iones inorgánicos a la zona costera, la quebrada Chocolatal, el río Jella y el río San Juan reflejan esta situación, que se deberán examinar con mayor profundidad en cuanto a los vertimientos que sobre ellos se realiza. Los demás parámetros presentan condiciones dentro de los rangos que normalmente se tienen para estas aguas.

Para la zona costera del departamento, ubicada en el mar Caribe se ha dejado de hacer el seguimiento de la calidad de sus aguas, por lo que se propone reanudar las actividades de esta costa, por intermedio de la corporación CORPOURABA, que apoyaba esta labor.

En este departamento los ríos son los que presentan mayor afectación por contaminación con hidrocarburos, es el caso del Río Jella, por estar directamente influido por la población de Bahía Solano y tener gran actividad de lanchas y embarcaciones pesqueras; adicionalmente algunos sectores puntuales localizados en las poblaciones costeras (Bahía Solano y Nuquí), presentan un riesgo de contaminación por HC debido a la venta de combustibles en las orillas de los cuerpos de agua y al movimiento embarcaciones. Actualmente, los niveles promedio de HDD son bajos ( $< 1,0 \mu\text{g/L}$ ), y la tendencia desde el 2003 es a disminuir. La ensenada de Utría hasta el momento sigue siendo un sitio considerado de referencia donde se encuentra el nivel más bajo de HC ( $0,19 \mu\text{g/L}$ ) reportado en el primer monitoreo del año 2008.

En la actualidad las concentraciones de OC están muy por debajo del valor de  $30 \text{ ng/L}$  establecido como referencia, sin embargo, en los ríos se siguen detectando trazas de estos compuestos principalmente residuos de DDT con concentraciones máximas de  $3,3 \text{ ng/L}$  y sus metabolitos que son los más persistentes, lo que denota la utilización de agroquímicos y el uso de plaguicidas en control de vectores en sus cuencas hace varios años. Para el caso del aldrin (ALD) sucede lo mismo, presentándose valores que no superan los  $1,5 \text{ ng/L}$ .

Los ríos Jella, Nuquí y Valle, presentan a través del tiempo las mayores concentraciones de CTT, debido a la descarga directa de aguas servidas y desechos orgánicos que realizan las poblaciones ribereñas.

Las playas Esso, Nuquí y Jurubidá para el primer semestre del 2008 no eran aptas para la práctica de actividades de contacto primario según la legislación colombiana. Todas las playas del departamento exceptuando ESSO según los criterios de la OMS son aptas para las actividades de contacto primario.

En general los valores registrados de las concentraciones de Cd, Pb y Cr durante el monitoreo de REDCAM, evidencian concentraciones bajas de estos elementos, aunque la tendencia general ha sido a disminuir sus concentraciones desde el año 2001 en las aguas costeras del departamento Chocó, se evidencia un leve aumento en el año 2007, influenciado especialmente por las estaciones ubicadas en el sector Norte del departamento (límite con Panamá hasta Cabo Corrientes).





# VALLE DEL CAUCA



Panorámica de Buenaventura



Puerto de Buenaventura



## 5.4 VALLE DEL CAUCA

Se sitúa al suroccidente del país, formando parte de las regiones andina y pacífica; ubicado entre los 05°02" y 03°04' de latitud norte; los 72°42' y 74°27" de longitud oeste. Posee una superficie de 22.140 km<sup>2</sup> lo que representa el 1.9 % del territorio nacional. Al Norte limita con los departamentos de Chocó, Caldas y Quindío; por el Este con los departamentos del Quindío y Tolima, por el Sur con el departamento del Cauca y por al Oeste con el océano Pacífico.

El Valle del Cauca tiene un clima variado, debido principalmente a factores como la latitud, altitud, orientación de los relieves montañosos, los vientos, etc. La llanura del Pacífico es muy húmeda; registra precipitaciones hasta de 5.000 mm anuales, con un régimen pluviométrico monomodal (un solo pico anual de precipitaciones), en el cual la época de mayores lluvias se presenta en el segundo semestre del año; las lluvias aumentan en el litoral hacia la cordillera y las temperaturas superan los 24°C en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1.000 m.

### 5.4.1 Estaciones de Muestreo

En el Valle del Cauca, la Corporación diseñó una serie de puntos para el seguimiento de la calidad de las aguas costeras. A esa red se le adicionaron algunas estaciones que completan los objetivos de la REDCAM. El diseño final se ha monitoreado sin cambios desde el año 2003 (Figura 5.4.1-1), pero hace falta incluir la zona sur del departamento, en la que por situaciones de orden público no se puede visitar.

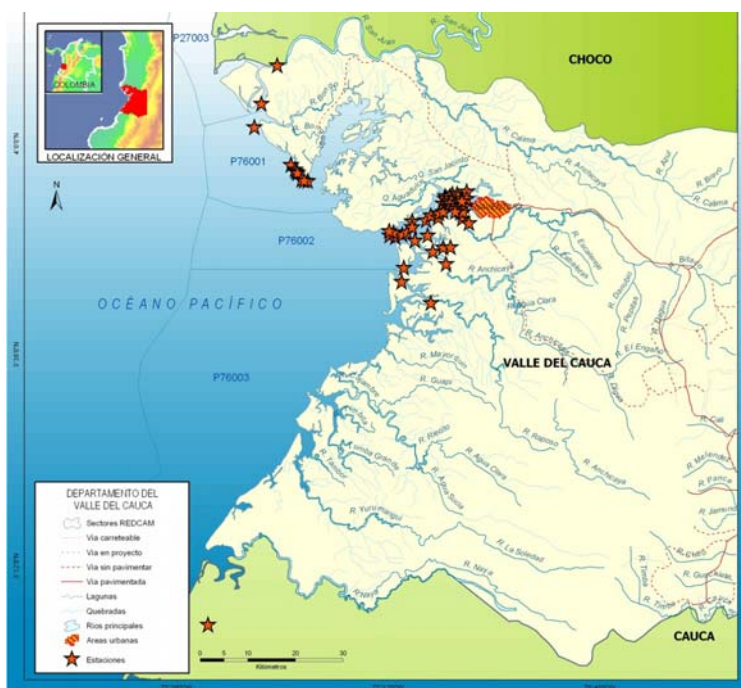


Figura 5.4.1-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento del Valle del Cauca.

### 5.4.2 Variables fisicoquímicas

Nutrientes inorgánicos.

#### Amonio.

No se realizan análisis de este ión en la Corporación Autónoma regional del Valle del Cauca, pero es importante iniciar los esfuerzos para incluirlos en las actividades del laboratorio ambiental. De los muestreos anteriores existen pocos registros pero que en su conjunto aun no son representativos de las aguas costeras del departamento (Figura 5.4.2-1; INVEMAR, 2008), pero es probable que las aguas residuales que salen tanto a la ensenada de Buenaventura como de Bahía Málaga, estén generando una carga de iones amonio al medio marino del departamento.

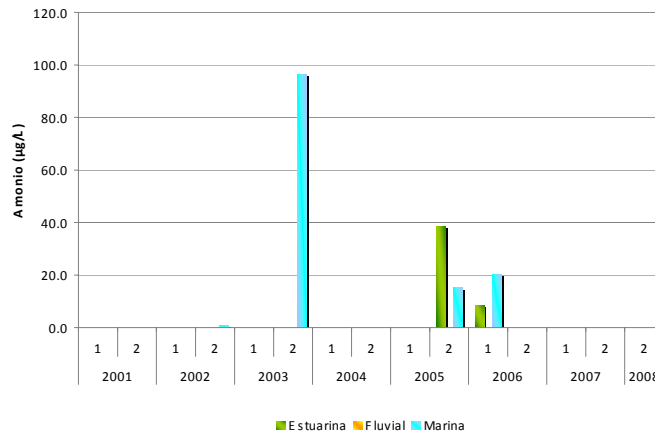


Figura 5.4.2-1. Comparación histórica de los pocos registros de amonio en las aguas costeras del departamento del Valle del Cauca.

#### Nitratos.

El ión nitrato presentó concentraciones iguales en las estaciones en que realizaron mediciones para el primer semestre del 2008 (menores a 400 µg/L, que es el valor mínimo de cuantificación del método), los valores históricos incluyen datos con valores menores y mayores a este límite (Figura 5.4.2-2). Por esa razón, en el contexto regional y nacional el promedio de las concentraciones de nitratos por tipos de aguas (estuarinas y fluvial), las aguas del Valle del Cauca presentaron los promedios más altos para la concentración de nitratos que ningún otro departamento. Es importante realizar un seguimiento de los métodos y de los resultados, de manera que se pueda conocer la razón por la que los valores de este ión son altas (con relación a otros puntos de la costa Pacífica) en las aguas costeras del valle del Cauca. Los registros de nitratos para las aguas marinas, son pocos y muestran un rango de concentraciones entre 5,2 y 41,2 µg/L, que se pueden considerar dentro del valor de criterio que se usa en la Región Asiática (60 µg/L; EPD, 2003).

#### Ortofosfatos.

Igual que para las concentraciones del nitrato, las de los ortofosfatos presentan una concentración idéntica en todos los sitios en donde se hizo medición: menor a 64 µg/l de  $^{-3}\text{PO}_4$  que es el límite de cuantificación del método empleado. En los registros históricos de este parámetro en las aguas costeras del departamento, se encuentran en concentraciones menores y mayores al límite de cuantificación del método (Figura 5.4.2-3), lo que supone cambios en los métodos usados en el pasado para la determinación de este ión. Es una necesidad la revisión de estos valores y de los métodos de laboratorio para el próximo año.

Los promedios históricos de ortofosfatos, mostraron que sus concentraciones en las aguas fluviales y estuarinas, se mantienen en el rango de los 50 µg/L y la influencia de los ríos sobre el estuario es muy cercana al 100 %, si miramos los registros (Figura 5.4.2-3). El seguimiento sobre las aguas marinas debe retomarse para tener un estimado de lo que esta llegando a esta aguas.

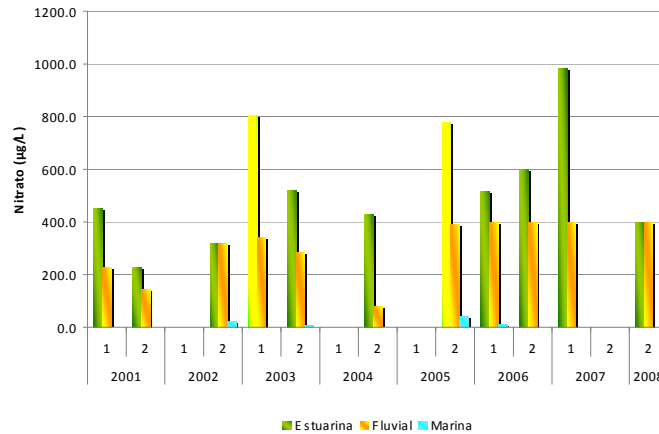


Figura 5.4.2-2. Comparación histórica de las concentraciones del nitrato en las aguas costeras del departamento del Valle del Cauca.

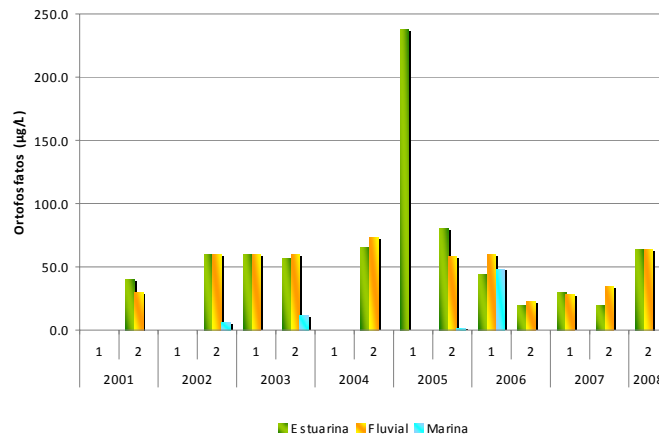


Figura 5.4.2-3. Comparación histórica de las concentraciones del ortofosfato en las aguas costeras del departamento del Valle del Cauca.

### Oxígeno disuelto.

Para el primer muestreo del 2008, las fueron superiores a los 5 mg/L (Figura 5.4.2-4). La mayoría de las estaciones presentaron concentraciones por encima de los 4 mg/L (Decreto 1594 de 1984), con lo que se tienen buenas condiciones de este gas en las aguas costeras del departamento. Sólo la estación Diagonal Hotel Palm View, registró un valor de 3,6 mg/L de oxígeno disuelto. Las registros históricos en esta estación que siempre se han registrado concentraciones por encima de 6 mg/L en el contenido del oxígeno; algunas estaciones del área de la bahía han presentado concentraciones inferiores a 4 mg/L de oxígeno entre los años 2002 y 2006 (estaciones 213, 217, 227, 229 y 232; INVEMAR, 2008).

Históricamente los registros promedios del oxígeno disuelto, en todos los tipos de agua han estado por encima de los 5 mg/L, que presupone una dinámica fuerte de las aguas costeras del departamento, que asegura su aireación.

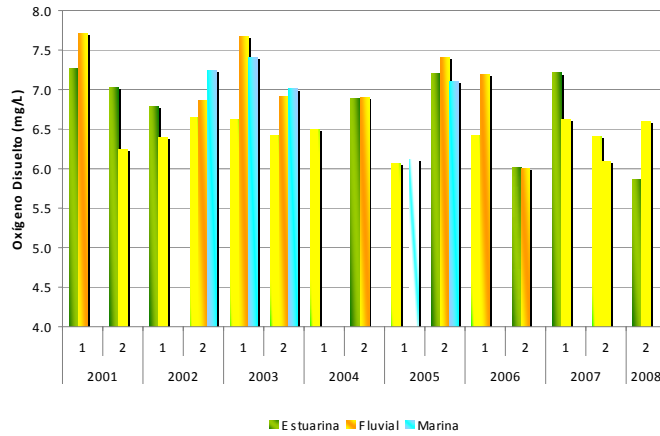


Figura 5.4.2-4. Comparación histórica de las concentraciones del oxígeno disuelto en las aguas costeras del departamento del Valle del Cauca.

Valor del pH.

Los valores del pH de las aguas costeras del departamento del Valle del Cauca durante el primer muestreo del 2008, fueron de 7,6 para las estuarinas y para las fluviales fue de 6,4 (Figura 5.4.2-5; INVEMAR, 2008). Sólo una estación presentó valores de pH por debajo de 6: el río Potodó. Esta estación ha presentado valores de pH similares en años anteriores (2001, 2004 y 2006), suponiendo un factor cíclico que hace que este parámetro disminuya. Según el decreto 1594 (MinAgricultura, 1984), el rango óptimo del pH para las aguas dulces, con fines de preservación de flora y fauna está entre 6,5 y 9,0 lo que hace pensar en los aportes que posiblemente está recibiendo este río, que le hacen bajar el pH natural en sus aguas.

Los cálculos de promedios del pH en las diferentes aguas, mostraron tendencias esperadas en cada una de ellas. En las marinas mayor estabilidad, en las fluviales mayor variación y una situación intermedia en las aguas estuarinas (Figura 5.4.2-5). Estas variaciones son producto de la dinámica costera en casi todas las regiones tropicales.

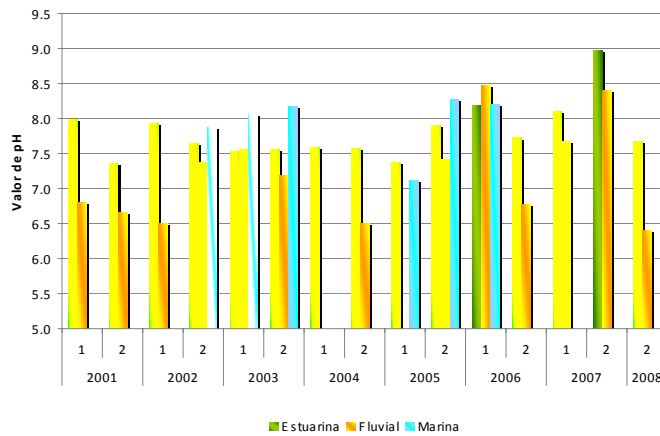


Figura 5.4.2-5. Comparación histórica del valor de pH en las aguas costeras del departamento del Valle del Cauca.

Salinidad.

La salinidad de las aguas costeras, presentó valores dentro del rango esperado durante el primer muestreo del año 2008; 15,7 para las estuarinas, sin registro para las marinas y fluviales (Figura 5.4.2-6).

Estos datos representan la situación de las mareas y aportes continentales, que influyen de manera significativa en la zona costera del Pacífico colombiano (Garay *et al.*, 2006; INVEMAR, 2008).

Los promedios históricos de los valores de salinidad en las aguas costeras del departamento, mostraron la influencia continental, sobre los sistemas estuarinos y marinos, donde los promedios fluctúan entre 1 y 19 para las estuarinas; de 21,6 a 38,3 en las marinas. Es una lástima que a las aguas marinas no se les este realizando un seguimiento, porque se pierde la secuencia de los cambios estacionales que ocurren en el sistema costero por influencia de los aportes continentales.

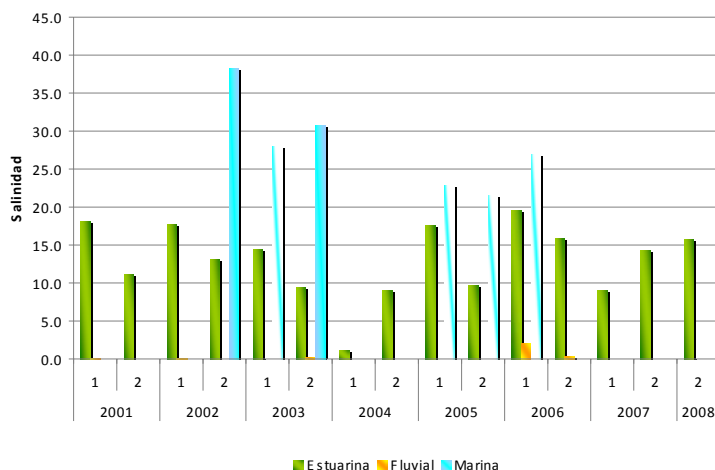


Figura 5.4.2-6. Comparación histórica de la salinidad en las aguas costeras del departamento del Valle del Cauca.

#### Sólidos en suspensión.

Los sólidos en suspensión han presentado concentraciones durante el primer muestreo del 2008 entre 23,8 mg/L en aguas estuarinas y 28,6 mg/L en las fluviales (Figura 5.4.2-7; INVEMAR, 2008). Las estaciones de boca del río Raposo y el río Dagua son las de mayor concentración de sólidos durante en el primer muestreo del 2008 (125,5 y 94,2 mg/L respectivamente). En ambas estaciones, los registros históricos indicaron que el promedio de los SST es un poco mayor a 20 mg/L, siendo la primera vez que las concentraciones sobrepasan los 40 mg/L (el doble del promedio histórico), esto debe entenderse como una señal a tener en cuenta para hacer un seguimiento detallado.

En retrospectiva, los promedios de los sólidos en suspensión tienen una concentración entre 5 y 25 mg/L (a excepción del primer muestreo del 2003 en aguas marinas; Figura 5.4.2-7), que hace pensar en los aportes de nutrientes y agua dulce, que los ríos realizan a esta zona costera. Los promedios mostraron buenas condiciones de las aguas costeras, al comparar con el valor de referencia de 70 mg/L, propuesto por Troncoso y colaboradores para el país (70 mg/L en estuarinas y 30 mg/L en las marinas; 2006).

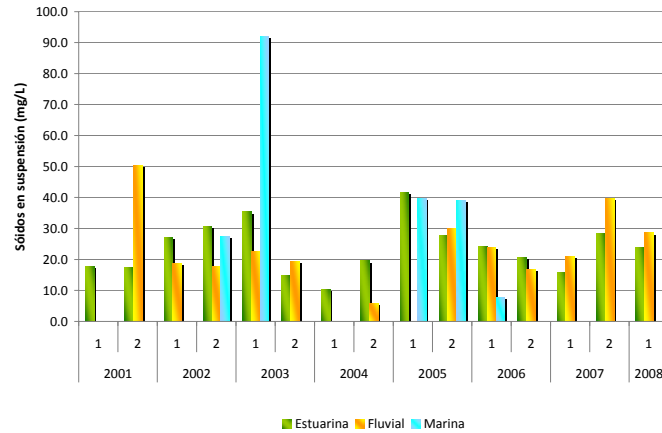


Figura 5.4.2-7. Comparación histórica de las concentraciones de los sólidos en suspensión, en las aguas costeras del departamento del Valle del Cauca.

### 5.4.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

#### Hidrocarburos

La principal fuente de contaminación por hidrocarburos en la zona costera del Valle es el movimiento portuario y el Muelle petrolero, donde atracan mensualmente buques-tanques para abastecer gran parte del consumo de refinados del occidente colombiano. Además, los residuos oleosos (aguas de sentinas y slops) de las motonaves son desechados indebidamente a las zonas costeras, por carecer en los puertos de infraestructura para recepción, manejo y disposición final de estos desechos. A esto se le suma lo generado por las embarcaciones de cabotaje y algunos buques de tránsito internacional antiguos que no disponen de equipos MARPOL a bordo (Garay, 1993).

Buenaventura es la zona del Pacífico donde se manejan los mayores volúmenes de derivados del petróleo. En los estudios realizados se han encontrado concentraciones de hidrocarburos aromáticos totales (HAT) en sedimentos, comparables con las del golfo de Omán en Arabia y las costas norteamericanas altamente contaminados por estos compuestos aromáticos. Se puede considerar la zona del Muelle Petrolero como crítica por el nivel de contaminación petrogénica y por su presencia crónica (Marrugo, 1993). Los estudios desarrollados por el 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 en 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” según normativas internacionales. Las posibles fuentes de contaminación en esta área son: en primer lugar, los aportes del río Anchicayá que en su recorrido recibe los vertimientos de municipios como Darien, que poseen alta actividad turística y agrícola; 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 en la Bahía para el monitoreo de estas sustancias contaminantes y de algunos parámetros fisicoquímicos. Una sinopsis de los resultados hallados se presenta a continuación:

2000-2003: Históricamente se observa que los mayores niveles de HDD se presentan en la boca y en aguas arriba del río Dagua, con valores entre 5 y 10 µg/L. Las concentraciones en áreas marinas son bajas, menores a 1,0 µg/L, lo que indica que no hay impacto ambiental debido a las descargas de los afluentes en la zona (ríos Dagua, San Juan, Raposo, Poteto y Anchicayá), gracias al fenómeno de dilución que se favorece con las mareas. En sectores muy puntuales, cerca de los muelles y las zonas



urbanas (sectores palafíticos), las concentraciones de HDD se hacen altas con valores que van de 0,23 a 8,35 µg/L.

2004: Los registros del primer semestre muestran la entrada de hidrocarburos (HC) principalmente de los ríos que desembocan en la zona costera, es así que los valores máximos fueron hallados en los ríos o desembocaduras del Potedo, Frente Anchicayá y Frente al Raposo con valores de 3,56, 2,98 y 2,42 µg/L. En el segundo semestre las concentraciones disminuyen a un máximo de 1,8 µg/L, encontrándose los valores más altos en la bahía de Buenaventura.

2005: La información disponible para el primer semestre corresponde a la colectada en Bahía Málaga para el proyecto BIOMALAGA las concentraciones halladas durante este monitoreo fueron inferiores a 1 µg/L, pero al igual que en otras áreas estudiadas, su presencia en este sector es el resultado del inadecuado manejo que se da a los subproductos del petróleo, principalmente, lubricantes y combustibles utilizados en las embarcaciones. En el segundo semestre los valores son más altos con respecto al año anterior, variando en un rango entre 0,25–13,29 µg/L, nuevamente se localizaron los más altos en el interior de la bahía de Buenaventura.

2006: Los resultados del análisis de HC se encuentran en un rango de 0,05 a 0,53 µg/L inferior al valor de 10 µg/L establecido como norma 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. En el segundo monitoreo del año se registran concentraciones puntuales en el interior de la bahía que superan el valor de referencia (16,85 µg/L), mientras que en las estaciones restantes las concentraciones no lo superan.

2007: Las concentraciones más altas durante el primer monitoreo se obtienen en las estaciones del Río Raposo El Pasadero (dulce) 9,79 µg/L y frente a la desembocadura del mismo río (8,24µg/L) muy cercanas al valor de referencia, mientras que el resto de la bahía permanece relativamente limpia con respecto a estas sustancias (< 1,19 µg/L).

2008: Los resultados de hidrocarburos (HC) durante el primer semestre oscilan entre 0,04 y 7,52 µg/L siendo la concentración máxima reportada la estación 200-Bahía de Buenaventura. En la mayoría de los datos los afluentes presentan los valores más altos de HC es el caso de la Boca R. Potedo con una concentración de 2,66 µg/L.(Figura 5.4.3-1)

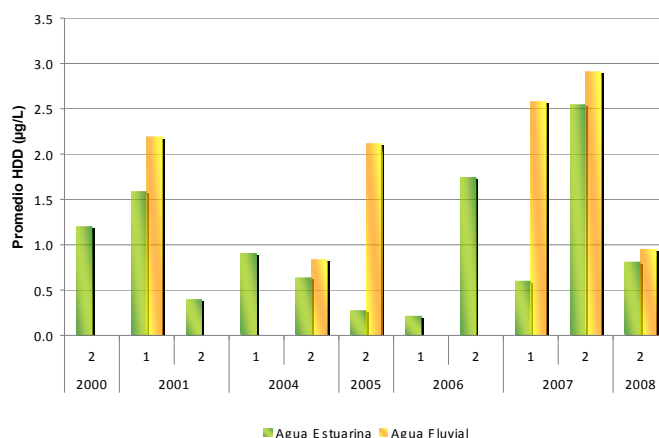


Figura 5.4.3-1 Variación temporal del HDD a nivel superficial en los diferentes tipos de agua del Departamento Valle del Cauca.

De forma general, los registros del proyecto muestran la entrada de hidrocarburos proveniente principalmente de los ríos que desembocan en la zona costera, es así que los valores máximos han sido hallados en los ríos o desembocaduras del Dagua, Potedo, Frente Anchicayá y Frente al Raposo. La

información obtenida hasta el primer semestre de 2008 muestra que en las estaciones de los afluentes no se observan valores con grandes diferencias entre los monitoreos, lo cual refleja una introducción permanente de HC sin importar la época de monitoreo; sin embargo, en el interior de la bahía de Buenaventura si se presenta estas diferencias, debido quizás a que las concentraciones de HC en la bahía pueden estar mas relacionadas con la intensidad de las actividades portuarias y de transporte marítimo que varían con la época.

A pesar de lo anterior, algunas evaluaciones hechas en sedimentos de la bahía muestran un mayor impacto de las descargas de HC que no son visualizados en el análisis de aguas, debido al carácter hidrofóbico de estos compuestos y su asociación rápida a material sedimentario (INVEVAR, 2007), señalando la importancia de extender en un futuro el análisis a otras matrices ambientales.

En el sector sur del departamento los ecosistemas parecen estar menos impactados, pues la mayoría de la población esta concentrada en el casco urbano de Buenaventura, lo que hace que los problemas ambientales sean puntuales. En el sur del departamento la contaminación por hidrocarburos puede provenir de las motonaves y buques de cabotaje en transito hacia o fuera del puerto de Buenaventura y con dirección a los departamentos de Cauca o Nariño.

### Plaguicidas

No se tienen registros históricos de concentración para residuos de plaguicidas organoclorados (OC) en agua anteriores al proyecto REDCAM. 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 Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCCP).

Los estudios realizados por el CCCCp mostraron altas concentraciones de compuestos OC en sedimentos y organismos (moluscos) de la bahía de Buenaventura, los valores son de igual magnitud y comparables con los reportados en otras zonas costeras del país cercanas a regiones de alto desarrollo agrícola, por ejemplo, como la ciénaga grande de Santa Marta (CGSM) en el Magdalena y la ciénaga de Tesca en Bolívar. Lo anterior, puede indicar que en aguas las concentraciones también fueron altas o recurrentes en el tiempo.

Como las actividades agrícolas son incipientes en la zona, limitada a pequeños cultivos de pancoger, se cree que la entrada de OC al medio corresponde a otras actividades además de la agricultura: a) El proceso de colonización b) las actividades relacionadas con la silvicultura (aserríos y talas de bosque); o c) 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.

### Descripción temporal

2005-2006: Entre mayo/2005 y mayo/2006 durante el desarrollo del proyecto BIOMALAGA se monitoreo una grilla de 10 estaciones en la Bahía. Los contenidos de plaguicidas organoclorados variaron entre <LD y 0,7 ng/L. Aunque se detectaron trazas, las concentraciones halladas son inferiores al valor adoptado como referencia de 30 ng/L para aguas contaminadas (Marín, 2002); por lo cual se considera que no representan un riesgo para las comunidades acuáticas.

La presencia de residuos organoclorados en Bahía Málaga es algo que sorprende, ya que no se desarrollan actividades agrícolas intensivas en sus alrededores, lo cual supone otras vías de entrada como se discutió anteriormente. El mayor porcentaje de aparición de DDT y sus isómeros (75% de las muestras con residuos de OC contienen residuos de DDT), contra un 43% de muestras con aldrin, puede ratificar su uso contra vectores. En la actualidad aunque no se estén usando, los suelos pueden estar drenando sustancias que fueron hace tiempo aplicadas para el control de vectores y que se encuentran en el terreno por su persistencia o grado de fijación al mismo, tal como lo han demostrado Rajendran *et al.* (2005) en investigaciones realizadas en Bahía de Bengala (India).

En la bahía de Buenaventura la presencia de estos compuestos puede corresponder al escurrimiento de sustancias agroquímicas a través de los ríos Dagua y Anchicayá que recorren zonas agrícolas de los municipios de Dagua y Darién respectivamente, localizados en las estribaciones de la Cordillera Occidental.

#### 5.4.4 Conclusiones

Los nutrientes inorgánicos en aguas costeras del Valle del Cauca, son medidos algunos y los que se miden, presentan algunos problemas para su interpretación al parecer por los métodos empleados para la determinación química. Estos aspectos deberán ser evaluados para mejorar los límites de cuantificación de los métodos y la representación de la información en la zona costera. Las estaciones ubicadas en los ríos Potedó, Raposo y Dagua parecen estar influidas por vertimientos que afectan el pH, el oxígeno y las concentraciones de sólidos en suspensión, por lo que se hace necesario un levantamiento de las principales fuentes de vertimientos en estos sitios y el seguimiento de los mismos, para evitar problemas a futuro.

El impacto por hidrocarburos históricamente ha sido crónico y en algunas ocasiones alto, su presencia es el resultado del inadecuado manejo de combustibles utilizados en las embarcaciones, provocando en la bahía de Buenaventura concentraciones que superan el valor de referencia de 10  $\mu\text{g/L}$ ; situación favorecida por la actividad marítima del más importante puerto sobre el Pacífico y las descargas de algunos ríos como el Anchicayá, el Dagua y el Potedo que cruzan algunas poblaciones. En la actualidad las concentraciones son bajas, pero en ocasiones superan los 5  $\mu\text{g/L}$  en la bahía y en los afluentes que desembocan en ella, lo que hace que los efectos crónicos sea una constante en el futuro.

Para el caso de los plaguicidas organoclorados las concentraciones halladas se encuentran muy por debajo del límite permisible de 30  $\text{ng/L}$  establecido como referencia, considerando que no hay riesgo para los ecosistemas marinos y costeros del departamento del Valle del Cauca.



# CAUCA



Gorgona



Municipio de Guapi



## 5.8 CAUCA

El Departamento de Cauca está situado en el suroeste del país entre las regiones andina y pacífica, entre los 00°58' y 03°19' de latitud norte; los 75°47' y 77°57' de longitud oeste. Posee una extensión de 29.308 km<sup>2</sup> lo que representa el 2,56 % del territorio nacional. Limita por el Norte con el departamento del Valle del Cauca, al Este con Tolima, Huila y Caquetá, al Sur con Nariño y Putumayo; por el Oeste con el océano Pacífico.

En el Cauca los meses lluviosos por lo general son: marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre; el período seco se da en los meses de enero, febrero, junio y julio. Se encuentran los pisos térmicos cálido, templado y frío y los pisos bioclimáticos subandino, altoandino y páramo. Hacen parte del departamento los parques nacionales naturales de Munchique y Gorgona.

### 5.8.1 Estaciones de Muestreo

La zona costera del departamento, tiene poco desarrollo poblacional siendo Guapi el municipio costero de mayor tamaño. Las estaciones de muestreo que se programaron en principio, han aumentado según el requerimiento de la corporación, extendiéndose a otros sitios costeros y más oceánicos (como Gorgona; Figura 5.8.1-1). El último arreglo a la red de estaciones de muestreo, se ha mantenido sin cambios en los dos últimos años.

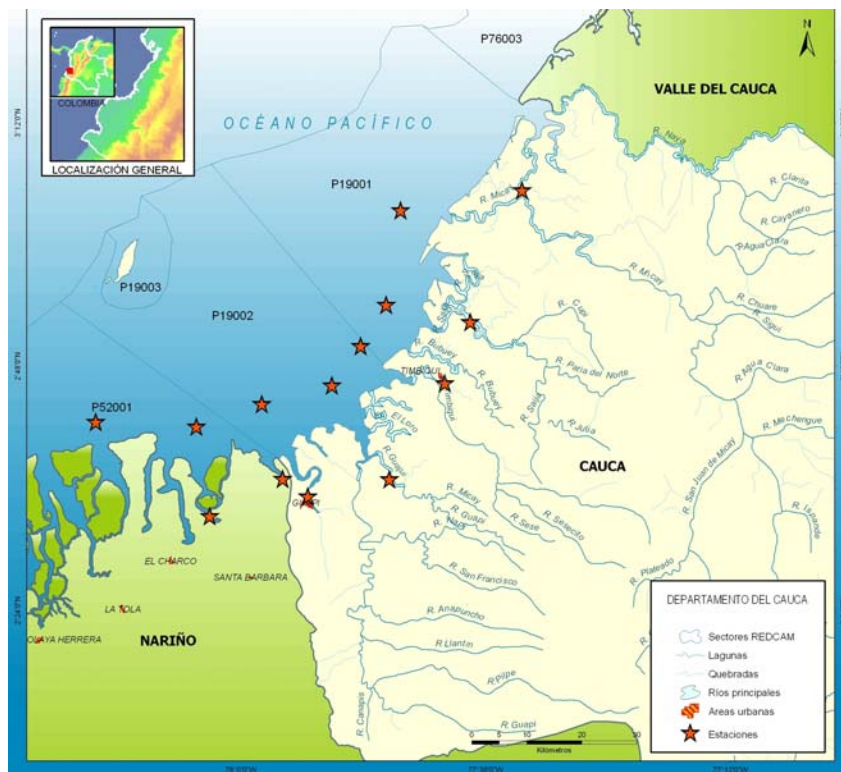


Figura 5.8.1-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de Cauca.

### 5.8.2 Variables fisicoquímicas

#### Nutrientes inorgánicos.

##### Amonio

Las concentraciones del ión para el primer semestre del 2008 para el ión amonio fueron de 31,8 µg/L para las aguas marinas, 13,5 µg/L en las aguas estuarinas y las continentales (Figura 5.8.2-1). Las estaciones con las mayores concentraciones fueron: Gorgonilla (44 µg/L) y Playa Blanca (Gorgona; 39,9 µg/L). Éstas estaciones poseen poca información histórica, pero para el primer muestreo del 2006 se tienen registros similares a los del 2008 (39,7 y 44,8 µg/L respectivamente).

La destinación y uso de las aguas marino-costeras del departamento del Cauca, son para la preservación de flora y fauna (según el decreto 1594/1984), se recomienda estar vigilantes de las descargas de aguas que se realizan en la zona costera, así como las posibles fuentes de este ión en los sitios señalados antes, por los efectos tóxicos que las concentraciones altas del amonio puede generar sobre la fauna costera (Begon *et al.*, 2006).

Los registros de los años anteriores, mostraron que el primer muestreo de 2007 un aumento de la concertación de amonio en las aguas estuarinas (66,8 µg/L), que influyó en las marinas (42,8 µg/L). Para el segundo muestreo del 2007, las concentraciones disminuyeron a registros cercanos los del 2008 en las estuarinas (de 18,7 a 13,5 µg/L, de cada muestreo respectivamente). Los promedios nos sobrepasan los valores de referencia, tomados de la legislación del pacífico de Asia (70 µg/L), para la destinación del recurso en preservación de flora y fauna (EPD, 2003).

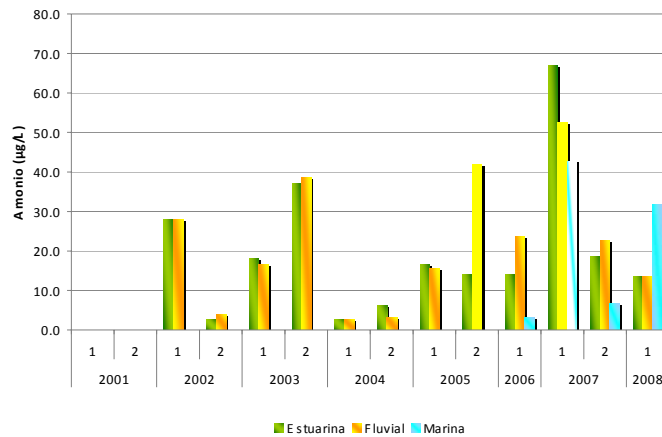


Figura 5.8.2-1. Comparación histórica de las concentraciones de amonio en las aguas costeras del departamento del Cauca.

##### Nitratos.

Las concentraciones del ión nitrato durante el primer semestre del 2008 estuvieron entre 3,9 µg/L en las aguas estuarinas, 1,7 µg/L en las marinas y de 6,2 µg/L en las continentales (Figura 5.8.2-2). Las estaciones con mayor concertación fueron los ríos Bubuey y Guajui (11,3 y 17,5 µg/L respectivamente). Los ríos son fuentes naturales de este ión por los procesos de degradación de la materia orgánica, pero en esta oportunidad se consideran valores dentro del rango esperado para este tipo de agua, ya que históricamente se tienen registros entre 35 y 60 µg/L de nitratos.



Los registros anteriores, mostraron que los aportes continentales de nitratos vienen disminuyendo a partir del primer muestreo del 2005 (desde 70,3 a 6,2  $\mu\text{g/L}$ ; Figura 5.8.2-2). En las aguas estuarinas los promedios de los últimos años, oscilaron entre 15 y 16  $\mu\text{g/L}$ . EL valor de referencia para esta agua en la legislación de la Región asiática (EPD, 2003), es de 60  $\mu\text{g/L}$ , por lo que se considera que en las aguas costeras del departamento del Cauca, existen buenas condiciones para la preservación de la flora y fauna.

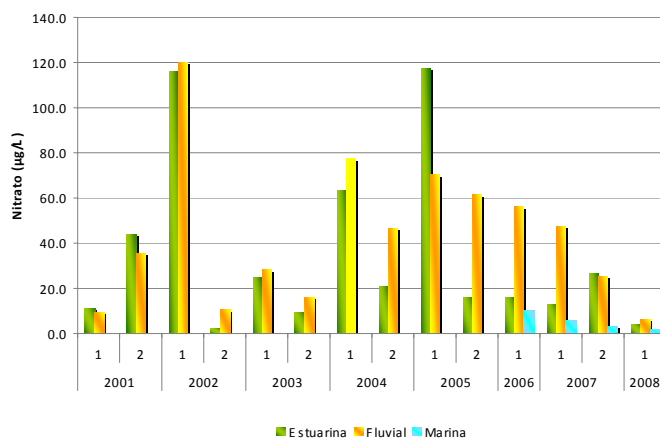


Figura 5.8.2-2. Comparación histórica de las concentraciones de nitrato en las aguas costeras del departamento del Cauca.

#### Ortofosfatos.

El fósforo inorgánico durante el primer semestre del 2008 presentó concentraciones promedio entre 7,9  $\mu\text{g/L}$  para las aguas estuarinas, 4,3  $\mu\text{g/L}$  en las marinas y de 5,4  $\mu\text{g/L}$  en las de los ríos (Figura 5.8.2-3). Los sitios con mayor concertación fueron: frente a la bocana del río Micay (15,9  $\mu\text{g/L}$ ) y el río Saija (11,4  $\mu\text{g/L}$ ). En el pasado, estos sitios presentaron valores de concentración promedio de 7,1  $\mu\text{g/L}$  en frente a Micay y de 7,6  $\mu\text{g/L}$  en el río Saija (INVEMAR, 2008). Estos niveles de fósforo no se consideran de riesgo para estas aguas, si se tiene en cuenta que por la relación estequiométrica de Redfield para el fitoplancton marino (16 de nitrógeno por 1 de fósforo; Sterner y Elser, 2002; Arrigo, 2005), en donde si el elemento limitante es el nitrógeno, el exceso de fósforo debe estar precipitando a los fondos marinos.

Los promedios de los muestreos anteriores, evidencia que la concertación de ortofosfatos en las aguas costeras, han sido estable (entre 5 y 15  $\mu\text{g/L}$ ), pero en el segundo muestreo de 2007 las concentraciones en todos los tipos de aguas, aumentaron entre 20 y 38  $\mu\text{g/L}$  (Figura 5.8.2-3). Los ingresos súbitos de nutrientes a los cuerpos de aguas naturales, rompen con el equilibrio y pueden ser causa de problemas de floración de algas (Begon et al., 2006).

#### Silicio.

Los valores de concentraciones del silicio inorgánico, para el primer muestreo del 2008 fueron en 561  $\mu\text{g/L}$  en aguas estuarinas, 481  $\mu\text{g/L}$  en las marinas y 852  $\mu\text{g/L}$  en las fluviales (Figura 5.8.2-4). Las fuentes de agua continentales son las que aportan este ión a la zona costera como un proceso de producto del arrastre de los suelos y sedimentos que arrastran estas aguas, siendo los ríos Micay y Saija los que más aportan este elemento (1829 y 1410  $\mu\text{g/L}$  respectivamente).

Este ión es importante para el desarrollo de las diatomeas (algas unicelulares; Begon *et al.*, 2006), no se considera que sea un problema para otros organismos marino-costeros. Las concentraciones del silicio inorgánico medidas en el 2008 son similares a los de años anteriores (INVEMAR, 2008).

Los registros promedios históricos del silicio, presentaron su valor más alto durante el segundo muestreo del 2004 (771 µg/L), en las aguas fluviales; desde entonces la tendencia general es a disminuir (Figura 5.8.2-4).

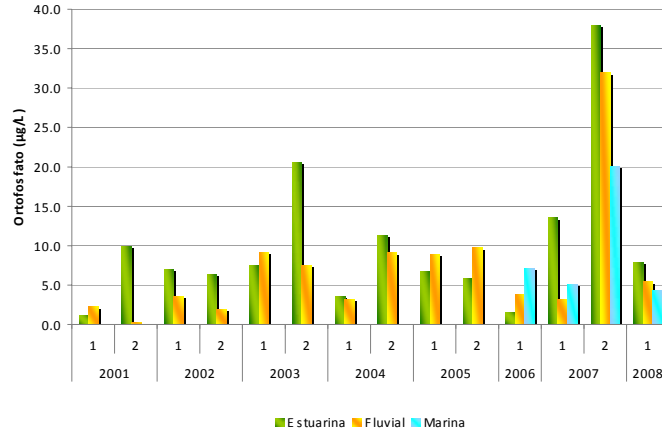


Figura 5.8.2-3. Comparación histórica de las concentraciones de ortofosfatos en las aguas costeras del departamento del Cauca.

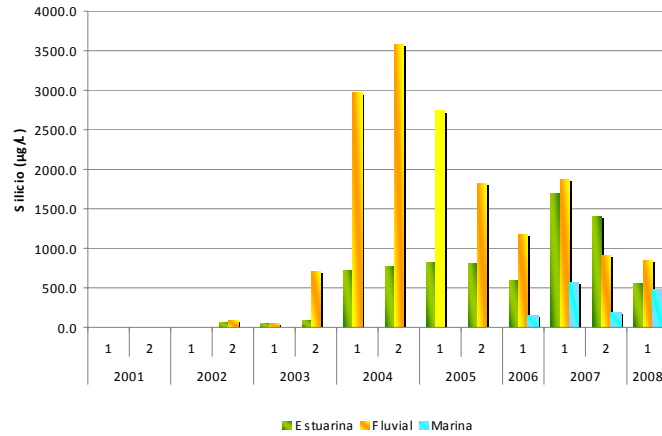


Figura 5.8.2-4. Comparación histórica de las concentraciones de silicio inorgánico, en las aguas costeras del departamento del Cauca.

Oxígeno Disuelto.

Para el primer muestreo del 2008, las concentraciones del oxígeno superficial tanto en las aguas marino-estuarinas como fluviales estuvieron por encima de los 6 mg/L (Figura 5.8.2-5). Todas las estaciones presentaron concentraciones por encima de los 4 mg/L (Decreto 1594 de 1984), con lo que se tienen buenas condiciones de este gas en las aguas costeras del departamento. En registros anteriores aunque nunca se han medido valores por debajo de los 3 mg/L, las tendencias de los cuerpos e agua costeros presentaron tendencias a la disminución de los valores medidos (Troncoso *et al.*, 2007).

Los registros históricos de oxígeno disuelto para las aguas costeras, indicaron que los estuarios presentan mayor variación de los datos (entre 4,3 y 7, 7), mientras que las aguas continentales y marinas

tienen más estabilidad, pero sus valores han sido hasta ahora, mayores a los 4 mg/L (valor de referencia nacional).

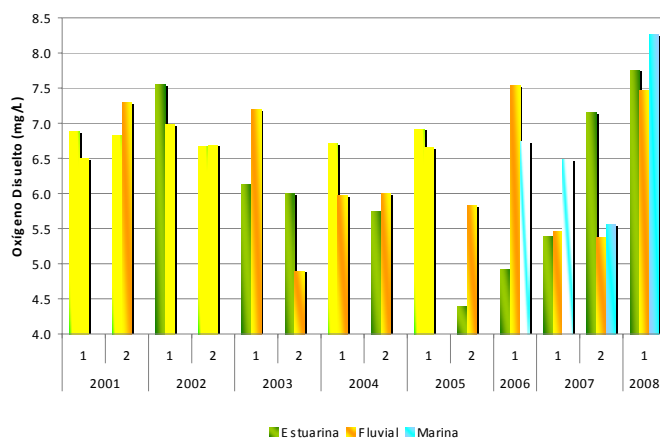


Figura 5.8.2-5. Comparación histórica de las concentraciones del oxígeno disuelto, en las aguas costeras del departamento del Cauca.

#### Valor del pH.

Los valores del pH de las aguas costeras del departamento de Cauca durante el primer muestreo del 2008, fueron de 7,5 para las estuarinas, 8,2 para las marinas y de 6,1 para las fluviales (Figura 5.8.2-6). Las estaciones que presentaron bajos valores de pH fueron los ríos Bubuey, Guajui, Guapi y Saija (valores entre 5,6 y 5,8). En el río Bubuey se tiene un registro similar para el primer semestre del 2007, para los ríos Guajui, Guapi Saija existe un antecedente similar para el segundo muestreo de 2002. Aunque estos valores por debajo de 6 para el pH, pueden ser causados por eventos naturales, también pueden ser producto de los vertimientos de aguas residuales con presencia de ácidos, pueden afectar el balance natural de las aguas naturales.

Los valores promedios históricos del pH, demuestran que las aguas continentales presentan la mayor fluctuación (entre 5,7 y 7,2); las aguas estuarinas presentan un rango de variación intermedio (7,5 a 8,0) y las aguas marinas tienen el menor rango de variación (entre 8,2 y 8,4). Estas variaciones, son típicas de cada uno de los tipos de aguas, de acuerdo a los valores que recomienda la norma colombiana (MinAgricultura, 1984).

#### Salinidad

La salinidad de las aguas marino-costeras, presentó valores normales durante el primer muestreo del año 2008 con 20,3 para las estuarinas, 26,9 para las marinas y 0 para las fluviales (Figura 5.8.2-7). Estos datos representan una situación similar a los muestreos realizados en el pasado, aunque en algunos de los muestreos, se evidencia la influencia de la marea del Pacífico (Garay *et al.*, 2006; INVEMAR, 2008).

Para el Pacífico colombiano, la salinidad es un parámetro que permite conocer el estado de los flujos mareales, que influyen sobre las bocanas de los ríos a los que se les hace seguimiento, por los registros que presentan. Los valores promedios de cada agua en los últimos muestreos, muestran salinidad de 15 en aguas fluviales (Figura 5.8.2-7), como consecuencia del cambio de la marea (entrante), que influye la medida de esta variable.

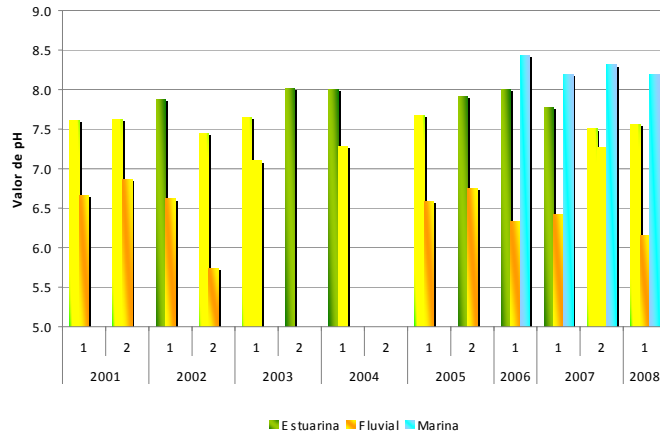


Figura 5.8.2-6. Comparación histórica de los valores del pH, en las aguas costeras del departamento del Cauca.

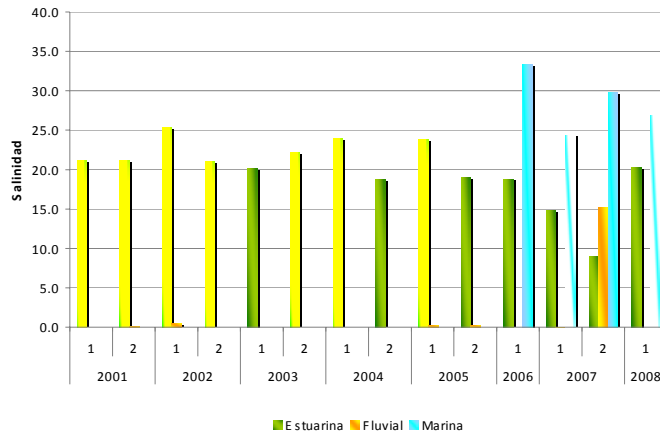


Figura 5.8.2-7. Comparación histórica de la salinidad, en las aguas costeras del departamento del Cauca.

Sólidos en Suspensión.

Las concentraciones de los sólidos en suspensión, durante el primer muestreo del 2008 han estado en 42 mg/L en aguas estuarinas, 49,5 mg/L en las aguas marinas y 77,5 mg/L en las fluviales (Figura 5.8.2-8; INVEMAR, 2008). Los promedios históricos de sólidos en suspensión han sido de 34 mg/L en aguas estuarinas, 35,4 para las marinas y 55,6 mg/L para los ríos. Los ríos Saija y Micay son los que mayor aporte de sólidos realizaron a la zona costera del cauca en el primer muestreo del 2008 (171,8 y 152,6 mg/L respectivamente).

Los sólidos en suspensión, reflejan los procesos erosivos de la cuenca en que se realizan las mediciones, por tal razón se recomienda estar atentos a los cambios del uso del suelo alrededor de las cuencas del departamento, para mantener los tasas de transporte de sedimentos en niveles naturales (Hudson, 1997).

En los promedios históricos se pudo observar que, sus concentraciones son mas estables entre las aguas estuarinas y marinas, que para las fluviales (Figura 5.8.2-8). A pesar de la influencia continental, por sólidos que aporta, las aguas estuarinas y marina mantienen sus concentraciones en valores similares en cada muestreo.

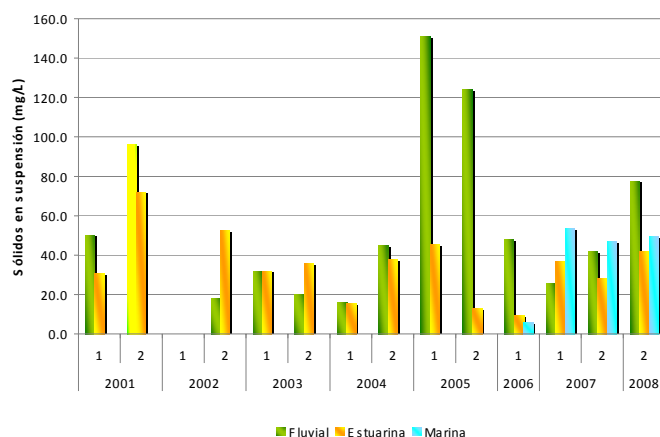


Figura 5.8.2-8. Comparación histórica de las concentraciones de los sólidos en suspensión, en las aguas costeras del departamento del Cauca.

### 5.8.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

#### Hidrocarburos

Algunos estudios sobre contaminación por hidrocarburos (HC) en sedimentos y organismos (bivalvos) realizados por el CCCP, en el municipio de Guapi, hallaron concentraciones del mismo orden que las registradas en Buenaventura y Tumaco manifestando un impacto por este tipo de compuestos (Casanova y Calero, 1997). Una síntesis de los resultados del Proyecto REDCAM en la zona costera del departamento se presenta a continuación:

2001: Los resultados muestran que en el monitoreo del primer semestre se presentan valores de hasta 31,8  $\mu\text{g/L}$  de HDD (Río Guapi), sobrepasando el nivel establecido como norma de 10  $\mu\text{g/L}$  (UNESCO, 1984; Atwood *et al.*, 1988). 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  $\mu\text{g/L}$ .

2002: En el monitoreo del primer semestre se encontró un valor máximo de 2,21  $\mu\text{g/L}$  (Río Guajui) y en el segundo todas las estaciones presentaron registros inferiores a 1,05  $\mu\text{g/L}$  (Río Timbiqui).

2003: Las concentraciones aumentaron ligeramente en el primer semestre en un rango de 0,17–1,65  $\mu\text{g/L}$  presentándose el valor máximo Fte Río Saija, ya para el Río Guajui la concentración reportada es 1,46  $\mu\text{g/L}$ . En el segundo vuelven a ser inferiores, estando dentro de un rango de 0,20–0,81  $\mu\text{g/L}$  este último reportado en el Río Timbiqui.

2004: El máximo valor en el primer monitoreo se encontró Frente al río Guajui (3,96  $\mu\text{g/L}$ ), sin embargo, en las demás estaciones las concentraciones son inferiores a 1,0  $\mu\text{g/L}$ . En el segundo monitoreo las concentraciones son en promedio menores, registrándose un máximo de 1,89  $\mu\text{g/L}$  Frente al Río Micay. En septiembre de 2004 se monitorearon cuatro estaciones alrededor de la isla Gorgona los valores registrados fueron inferiores a 1,0  $\mu\text{g/L}$ , lo cual supone poco impacto por la liberación de estas sustancias desde el continente y coinciden con los registros históricos documentados por el CCCP.

2005: Las concentraciones obtenidas en el primer semestre fueron inferiores a 0,5  $\mu\text{g/L}$ , manteniéndose la tendencia a disminuir desde el 2001. En el segundo semestre las concentraciones en promedio fueron ligeramente más altas 0,34  $\mu\text{g/L}$  y la concentración máxima fue de 1,34  $\mu\text{g/L}$  en el Río Guapi.

2006: Las concentraciones aumentaron para este semestre con relación al anterior, en la zona costera los valores más altos siguen hallándose en el sector sur (río Saija: 1,37 µg/L). En la isla Gorgona las concentraciones halladas estuvieron entre 2,26–3,44 µg/L, superiores con relación a la zona costera del departamento lo cual indica que ejercen más impacto las actividades en torno a la isla, tales como la pesca y el movimiento marítimo, que el efecto de las actividades continentales. En el siguiente semestre las concentraciones fueron igualmente bajas no superando los 1,65 µg/L hallado en la estación del río Guapi

2007: Las concentraciones registradas no sobrepasan el 1,0 µg/L a excepción de la registrada en el río Saija (3,03 µg/L). Ya para el segundo periodo del año las concentraciones de HC oscilaron en un rango de 0,12– 0,67 µg/L este último hallado en la estación Río Guapi, manteniéndose la tendencia observada desde el 2001.

2008: Los valores encontrados para este año presentan un comportamiento similar a lo visto desde los inicios del proyecto REDCAM en las zonas costeras del departamento del Cauca, donde las concentraciones no superaron los 0,25 µg/L a excepción de la estación Frente Rio Guapi con un valor de 1,84 µg/L. En la isla Gorgona se presentan valores altos 0,18 y 0,25 µg/L con respecto a la zona costera, corroborando lo mencionado anteriormente (Figura 5.8.3-1).

Al igual que los plaguicidas la principal fuente de estos compuestos al medio marino la constituyen las escorrentías de ríos que atraviesan poblaciones. En el área de Guapi, se evidencia el impacto por residuos de HC como consecuencia de la actividad humana, las escorrentías del mismo río y la movilización marítima de cabotaje como tensores locales.

Actividades como el transporte marítimo de cabotaje, las lanchas para el transporte de personas y alimentos, y los buques pesqueros que no están bajo el control del Convenio MARPOL, se convierten en fuentes importantes de residuos oleosos eliminados en la zona costera y marina del departamento, especialmente aguas de sentinas y residuos de aceites lubricantes. En los últimos años con la aparición de cultivos ilícitos se ha estimulado el tráfico de combustible y el uso de sustancias químicas como ácidos y bases, para ser utilizado en el procesamiento de alcaloides y finalmente estos residuos son eliminados al ambiente. Adicional a esto, para la producción del clorhidrato de cocaína a partir de la producción de una hectárea de cultivo de coca, son necesarios unos 57 gal de insumos líquidos cuyos residuos terminan en los cuerpos de agua (CRC, 2002).

Por las mismas características de las actividades que generan estos residuos, su presencia no es constante y las concentraciones altas que se encuentran en ciertos momentos obedecen a condiciones puntuales. Los resultados obtenidos también muestran que las mayores concentraciones se han presentado en el sector sur del departamento. No obstante, desde el segundo monitoreo de 2001 los registros muestran concentraciones muy inferiores al valor de referencia de 10 µg/L, sin embargo, los afluentes como los ríos Guapi, Guajui y Saija son los que más vertimientos de hidrocarburos reciben, mientras que en las estaciones del sector norte el riesgo de contaminación es bajo.

### Plaguicidas

Los estudios adelantados sobre contaminación por plaguicidas organoclorados datan de 1992 y 1995, realizados por el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP), en el municipio de Guapi, determinaron valores promedios de 19,24 y 87,28 ng/g en sedimentos y organismos (bivalvos) respectivamente (Casanova, 1996). Los valores hallados son relativamente altos, comparables con los reportados en zonas de mayor desarrollo agrícola en sus alrededores, por ejemplo, la Ciénaga Grande de Santa Marta (Magdalena) y la ciénaga de Tesca (Bolívar). Esto puede indicar que en aguas las concentraciones también serían altas o que fueron recurrentes en el tiempo.

La información obtenida por el proyecto REDCAM revela que los mayores niveles de contaminantes químicos, hidrocarburos y plaguicidas, se encuentran localizados en la zona costera de Guapi,

especialmente para la época seca. Se han registrado valores de 94 ng/L de OC, sobrepasando los niveles de alerta para plaguicidas (30 ng/L; Marín, 2002). Estas concentraciones son altas si las asociamos al escaso desarrollo agrícola y a la poca población costera del departamento (DANE, 2002).

2001: Sorprenden las concentraciones altas de OC registradas, en sitios como la desembocadura del río Guajui (94,0 ng/L), y la influencia de algunos ríos del norte de Nariño que desembocan en esta región (como el Tapaje con 75,2 ng/L). Que contrastan con el poco desarrollo de la región, revelando el hecho de que aunque son pocas, las actividades que se realizan causan un gran impacto.

2002: Los resultados del primer semestre muestran un valor máximo de OC de 15,6 ng/L en el Río Micay, en el segundo semestre esta estación presentó uno de los registro más altos del departamento con 6,0 ng/L. De igual manera se reportan concentraciones altas en los afluentes como Río Timbiqui (8,8 ng/L ) y Río Guapi (8,1 ng/L) para el primer monitoreo disminuyendo este comportamiento para estas estaciones en el segundo semestre a 4,2 y 0,6 ng/L respectivamente.

2003: Se encontró una disminución ostensible de las concentraciones, durante el primer semestre, sólo un valor máximo de 4,1 ng/L en el Río Guapi. En el segundo semestre los valores de OC fueron más altos y se reportó un máximo de 13,0 ng/L en el Río Guapi. También los Ríos Timbiqui y Micay reportaron concentraciones altas de 9,0 y 7,4 ng/L.

2004: Los registros para el primer semestre mantienen el mismo orden de magnitud encontrado en el monitoreo anterior, los valores máximos continúan presentándose en los ríos del sector sur, los ríos Guajui y Timbiqui con valores de 18,5 y 14,9 ng/L respectivamente. Las concentraciones en el segundo semestre son inferiores (< 2,0 ng/L), pero se detectó la presencia de trazas en la mayoría de las muestras analizadas.

2005: En el primer semestre disminuyen las concentraciones con un valor máximo de 1,9 ng/L en el Río Timbiquí; y aún no se observa una tendencia clara en el escurrimiento de plaguicidas al medio marino. En el segundo semestre no se detectaron compuestos OC con la técnica analítica usada.

2006: Nuevamente para el primer semestre se detectan trazas de OC en las aguas costeras del departamento indicando un ligero aumento (promedio: 1,01 ng/L) sin significar riesgos de contaminación para el medio, el valor más alto se registro en el río Micay 2,0 ng/L.

2007: Las concentraciones de OC siguen el comportamiento descendente mostrada desde el 2004, el valor más alto registrado fue de 2,46 ng/L (frente al río Timbiqui), el cual es muy inferior al valor de referencia adoptado. Los compuestos más detectados siguen siendo los metabolitos del DDT debido a su mayor persistencia. En el segundo semestre los Ríos Bubuey (9,7 ng/L) y Timbiqui (9,6 ng/L) son las zonas con las concentraciones más altas, observándose un aumento considerable (promedio: 6,0 ng/L) con respecto al 2006.

2008: En el segundo semestre las concentraciones de OC variaron en un rango de 2,74 ng/L (Río Bubuey) a 5,89 ng/L (Río Timbiqui) manteniéndose en general, valores altos en relación a los obtenidos en el año anterior (promedio: 4,41 ng/L). Los afluentes de la región continúan aportando cantidades significativas de contaminantes organoclorados al medio marino, destacándose para este año los Ríos Timbiqui (5,89 ng/L) Saija (5,69 ng/L), Guapi (5,05 ng/L) y Guajui (4,13 ng/L). Por Ultimo, es importante mencionar las concentraciones altas de OC registradas en la isla de Gorgona con valores de 4,87 y 5,41 ng/L caso que no había sucedido desde el 2006 cuando se empezaron a monitorear (Figura 5.8.3-2).

El desarrollo agrícola en la Llanura Pacífico Caucana es incipiente, por lo que es sorprendente algunas de las concentraciones (> 30 ng/L) medidas al inicio del proyecto, esto supone que entraron al medio por otras actividades diferentes a la agricultura; como las campañas contra la malaria o la inmunización de la madera. La colonización de la llanura pacifica puede ser otra fuente de estos compuestos, debido a las actividades como la tala de bosques y la actividad maderera derivadas de la colonización. Otra fuente

potencial de plaguicidas al medio la constituyen los cultivos ilícitos; en los últimos años, el desplazamiento de cultivadores provenientes de los departamentos de Meta y Putumayo, se ha convertido en un nuevo tensor para los ecosistemas de la llanura Pacífica. Los cultivadores en su afán de obtener la mayor producción posible de hoja acuden a la introducción de bioestimulantes, abonos y plaguicidas para el control de plagas y malezas (MMA/PNUMA/UCR/CAR, 2000).

Los ríos Guajui, Guapi y Timbiquí son los que más escurren plaguicidas hacia el océano, mientras que en las estaciones del sector norte los riesgos de contaminación son menores. En el sector sur se presentan las concentraciones más elevadas de OC con una concentración promedio de 5,8 ng/L, aproximadamente el doble del sector norte. Las grandes variaciones y la presencia de trazas de OC suponen que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aún se encuentran en el medio debido a su persistencia, principalmente compuestos como aldrin (ALD) encontrándose el valor máximo histórico, en el primer semestre de 2004 de 4,2 ng/L (Río Micay) y DDT con la concentración más alta registrada a la fecha, en el primer semestre de 2001 de 48,5 ng/L (Río Guajui; Figura 5.8.3-3). Es importante resaltar, con base en todos los datos obtenidos hasta el segundo semestre de 2008, la época (2002 – 2004) fue donde se hallaron los niveles más altos de contaminantes organoclorados en comparación con los determinados hasta la actualidad (2004 -2008).

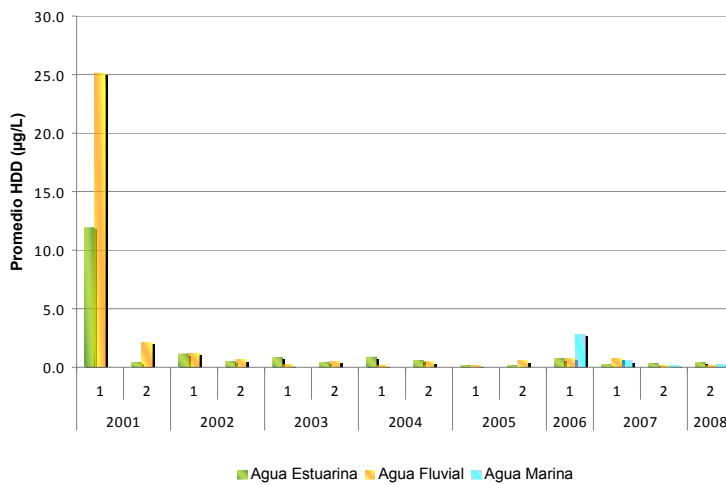


Figura 5.8.3-1 Variación temporal de HDD a nivel superficial en los diferentes tipos de agua del Departamento del Cauca.



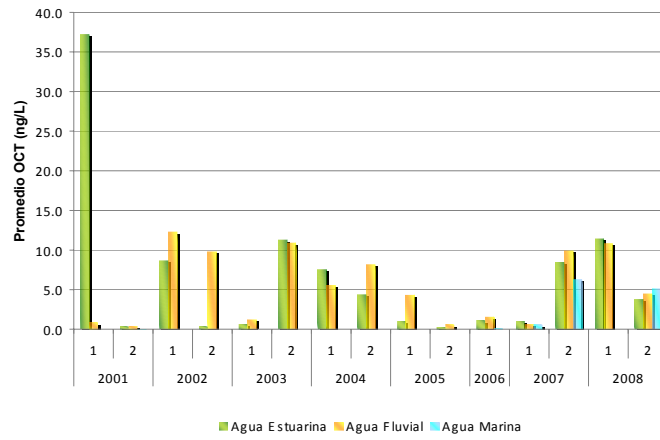


Figura 5.8.3-2 Variación temporal de los OCT a nivel superficial en los diferentes tipos de agua del Departamento del Cauca.

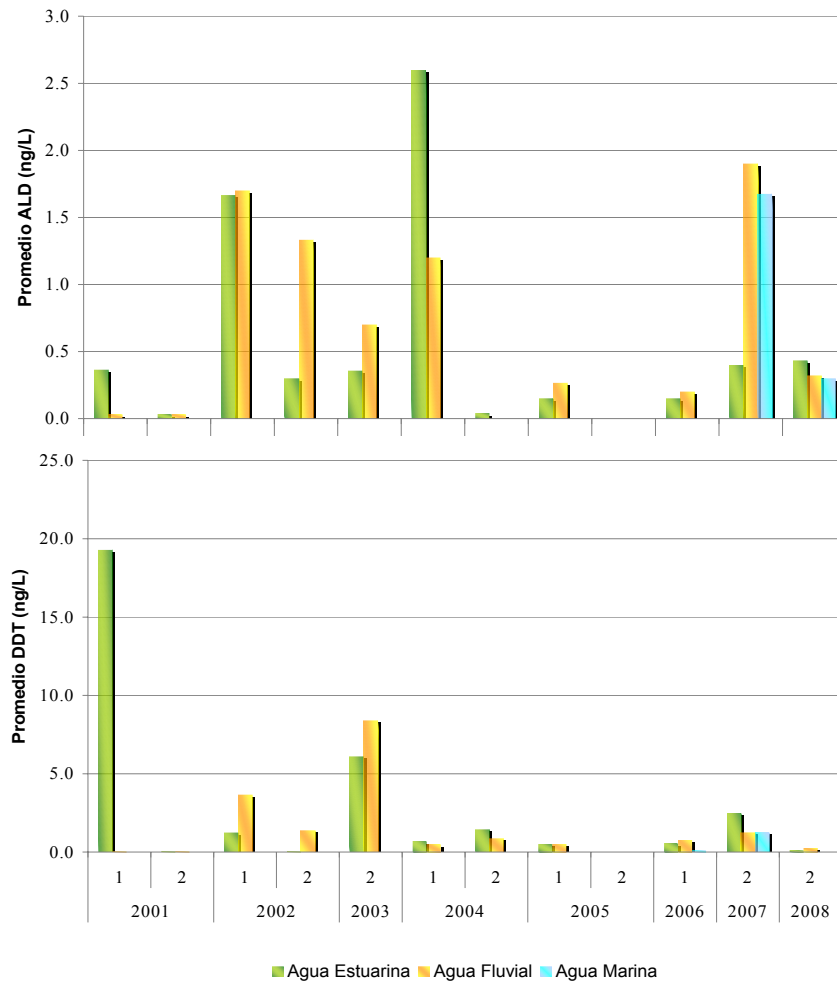


Figura 5.8.3-3 Variación temporal de ALD y DDT a nivel superficial en los diferentes tipos de agua del Departamento del Cauca.

#### 5.8.4 Contaminación Microbiológica

El análisis microbiológico se viene realizando como se muestra en la Figura 5.8.4-1 el segundo semestre el 2001 hasta el primer semestre de 2008; en este periodo la tendencia de los indicadores de contaminación fecal muestra un descenso desde el inicio del 2003, luego de un promedio elevado de 20.744 NMP/100 ml DE Coliformes termotolerantes durante la época seca y húmeda de 2002; posiblemente estos incrementos estuvieron asociados con la acentuación de las condiciones climáticas de la región en este año, que conllevó a un arrastre de las concentraciones puntuales de CTE relacionadas con los vertimientos de los municipios costeros de Timbiquí, López de Micay y Guapi, que aportan alrededor del 64% de los residuos domésticos a la cuenca del Pacífico.

Durante los ocho años de monitoreo se han registrado valores máximos de Coliformes totales de 280.000 NMP/100 ml y de Coliformes termotolerantes de 160.000 NMP/100 ml como efecto de las diferentes descargas que aportan los ríos Guapi, Micay, Bubuey, Guajui, Timbiquí y Saija que desembocan en el litoral y las poblaciones de Limones, San Antonio de Guajui, Santa María, Puerto Saija, la Trinidad, Camarones, Noanamito, Chuare y Punta el Coco entre otros.

Durante el segundo semestre del 2007 como se observa en la Figura 5.8.4-2 las estaciones del departamento que presentan los mayores aportes de Coliformes totales son con 7.900 NMP/100ml los ríos Guapi y Timbiquí ; mientras para el primer semestre de 2008 el río Saija 7.900 NMP/100ml;; estos valores sobrepasan el límite establecido en la normatividad colombiana, 5000 NMP CTT/100 ml, para aguas destinadas a actividades de contacto secundario según MINSALUD (1984); debido a que los principales municipios costeros del departamento se encuentran cercanos a su cuenca, lo cual conlleva al arrastre en su cauce de diferentes vertidos domésticos y agroindustriales que ayudan a la proliferación de estos microorganismos. Históricamente, los ríos Guapi, Saija, Timbiquí y Micay, han presentado concentraciones elevadas de Coliformes totales como consecuencia de los vertimientos de aguas servidas y desechos orgánicos de las poblaciones ribereñas de Guapi, Timbiquí, López de Micay Limones, San Antonio de Guajui, El Carmelo, Balsitas, la Trinidad, Santa Ana, Guayabal, Puerto Saija, Camarones, Chacón, Punta el Coco y el Atajo. De esta forma, en el periodo 2001 - 2008 río Guapi presenta fluctuaciones en las concentraciones de CTT, observando los mayores niveles durante el primer semestre de cada año y un valor máximo de 92.000 NMP / 100 ml en el año 2007 esto se debe a la descarga de aguas servidas, lixiviados de los basureros y residuos orgánicas de las pesqueras, sumado al hecho de que el 81% de la población carece de un sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales (INVEMAR, 2001); mientras las estaciones del Río Micay, río Saija y río Timbiquí, durante el primer semestre de 2002, presentaron un máximo de CTT con valores de 280.000, 240.000 y 50.000 NMP / 100 ml respectivamente.

El diagnóstico de la calidad de las playas se realiza teniendo como base los lineamientos de la legislación colombiana (200 NMP CTE/100 ml) y de la Organización Mundial de la Salud - OMS (40 UFC Enterococos /100 ml) para aguas de contacto primario. Así, durante el segundo semestre del año 2007 solo playa Blanca Gorgona no es apta para contacto primario (Tabla 5.8.4-1), en el primer del 2008 las playas ubicadas en la isla Gorgona no sobrepasan los límites de CTE por lo cual se encuentran aptas para actividades de contacto primario como son la natación y los deportes náuticos según la legislación colombiana (Figura 5.8.4-3). Las playas de la Isla Gorgona para el segundo semestre de 2007 y primero de 2008 se encuentran aptas para las actividades de recreación y turismo de acuerdo a los criterios establecidos por la OMS para enterococos.

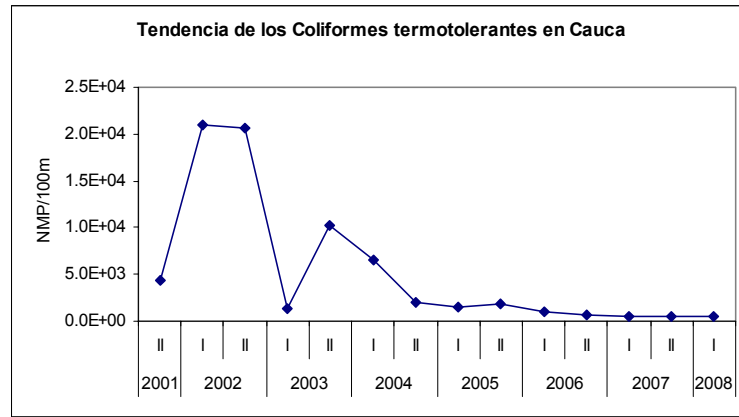


Figura 5.8.4-1 Tendencia de los CTE en el primer y segundo semestre para los años 2000 – 2008 en el departamento del del Cauca (Datos Promedio).

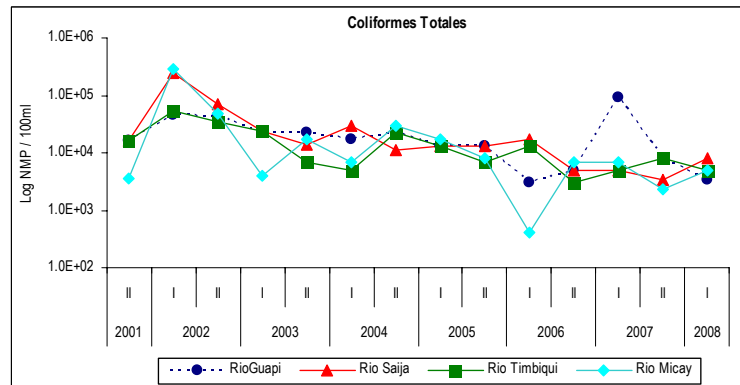


Figura 5.8.4-2 Tendencia de los Coliformes totales en el primer (I) y segundo (II) semestre durante los años 2000-2008 en los principales vertimientos del departamento del Cauca.

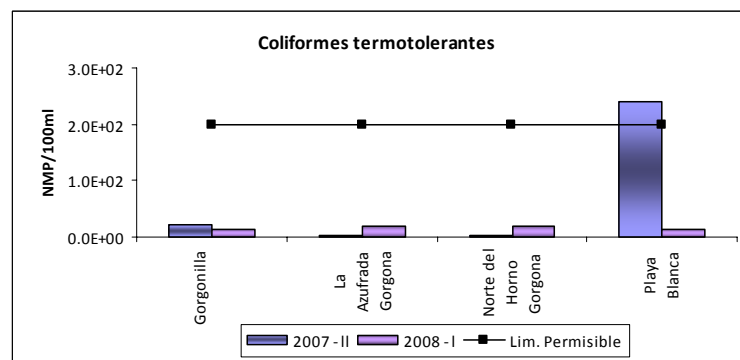


Figura 5.8.4-3 Niveles de Coliformes termotolerantes en las playas del departamento del Cauca Segundo semestre de 2007 y primero del 2008.

**Tabla 5.8.4-1. Calidad sanitaria de las playas del Cauca en el segundo semestre del 2007 y primer semestre del 2008 de acuerdo a los criterios de la legislación colombiana (CTE>200 NMP /100 ml) y la Organización Mundial de la Salud (EFE> 40 UFC/ml) para aguas de contacto primario.**

<i>Playas</i>	<i>II -2007</i>	<i>I- 2008</i>
Playa Blanca (Gorgona)		

Verde: Apta; Naranja; No apta

### 5.8.5 Metales pesados

La problemática de contaminación por metales pesados ha sido poco estudiada en la región costera del departamento del Cauca, aunque 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 de las municipios aledaños a las cuencas de los ríos principales y la disposición de los residuos sólidos. Debido a que no existen registros históricos de metales pesados en las aguas costeras de este departamento, y dada la necesidad de conocer el estado de la contaminación por estos elementos en que se encuentra la zona costera del Cauca. Con los resultados obtenidos se realizó la valoración de la contaminación por metales (cadmio, plomo y cromo) que presenta la región costera de este departamento, tomando como referencia los criterios expuestos en la escala indicativa de contaminación (Tabla 5.8.5-1).

**Tabla 5.8.5-1 Resumen estadístico de la concentración de cadmio, plomo y cromo, en el departamento del Cauca. Fuente: Base de datos REDCAM 2001-2008.**

<b>VARIABLE</b>	<b>Cd µg/L</b>	<b>Cr µg/L</b>	<b>Pb µg/L</b>
<b>PROM</b>	1,22	0,89	24,38
<b>NUM</b>	60	59	28
<b>MAX</b>	2,00	2,42	49,95
<b>MIN</b>	0,020	0,030	2,80
<b>STDDV</b>	0,64	0,84	14,65

Con el fin de evaluar el estado de contaminación por cadmio, plomo y cromo en las aguas costeras del departamento del Cauca, a continuación se analizan los resultados obtenidos durante el monitoreo de la REDCAM, para cada uno de los elementos analizados:

#### Cadmio

El valor promedio de la concentración de este en departamento del Cauca se muestra en la Tabla 5.8.5-1 (1,22 µg/L), este valor es relativamente bajo y se encuentra dentro del rango de no contaminado aplicando la escala indicativa de Marín, 2002. Como se puede apreciar en la Figura 5.8.5-1, la tendencia general de la concentración de este metal se ha mantenido con una leve disminución desde el segundo muestreo del año 2001 al mismo periodo del 2007, evidenciando que las concentraciones de este elemento en las aguas del departamento del Cauca se pueden deber a aportes naturales y no se registra un impacto por cadmio. Por otra parte las mayores concentraciones de este elemento se han registrado en la estación ubicada en el río Micay (2,0 µg/L).

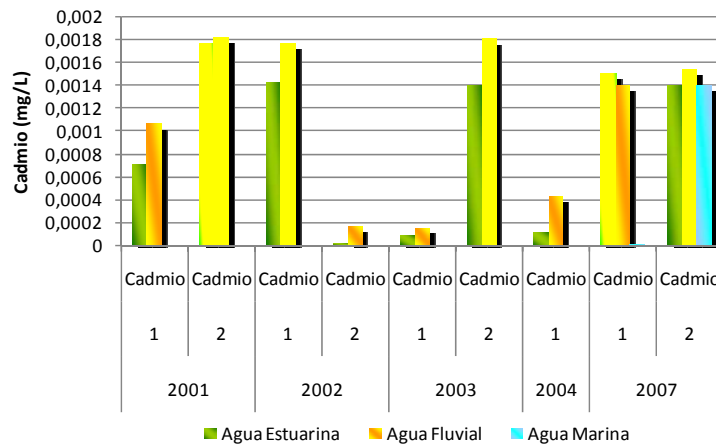


Figura 5.8.5-1 Variación temporal de la concentración de Cadmio en los diferentes tipos de agua del departamento del Cauca.

### Cromo

El valor promedio de la concentración de cromo en el departamento se encuentra en el rango no contaminado (Tabla 5.8.5-1) en la escala aplicada, la mayor concentración (2,42 µg/L) registrada durante el primer periodo del año 2004 en la estación río Micay, encontrándose este valor en el rango de no contaminado de la escala conceptual de Marín (2002). En la Figura 5.8.5-2 se puede apreciar que la tendencia general de la concentración de este elemento en el departamento del Cauca es a disminuir con el tiempo hacia el año 2007.

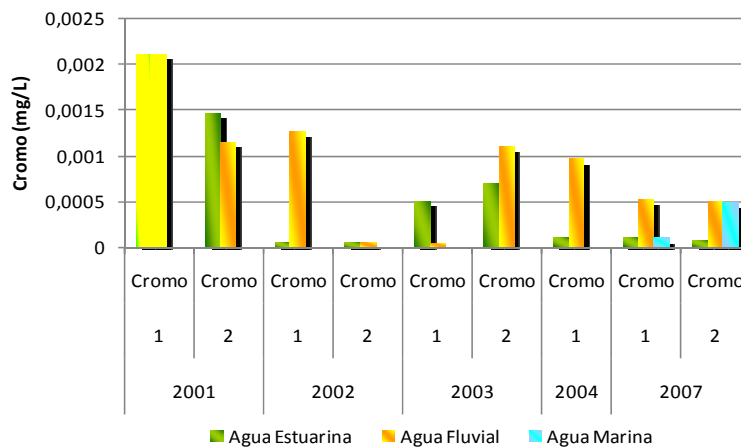


Figura 5.8.5-2 Variación temporal de la concentración de cromo en los diferentes tipos de agua del departamento del Cauca

### Plomo

La concentración promedio de plomo en aguas costeras en el departamento de Cauca en el periodo muestreado es de 24,38 µg/L (Tabla 5.8.5-1), la mayor concentración de este elemento se registró en el sector de Timbiquí a Guapi - límite con Nariño, sin que esta concentración sea mayor que el rango de contaminación baja para este elemento en la escala conceptual propuesta por Marín (2002). La tendencia general de la concentración de este elemento es a disminuir en el tiempo (Figura 5.8.5-3), es de notar que en general las mayores concentraciones de este elemento se han registrado en las estaciones ubicadas en los ríos Micay y Timbiquí a lo largo del monitoreo.

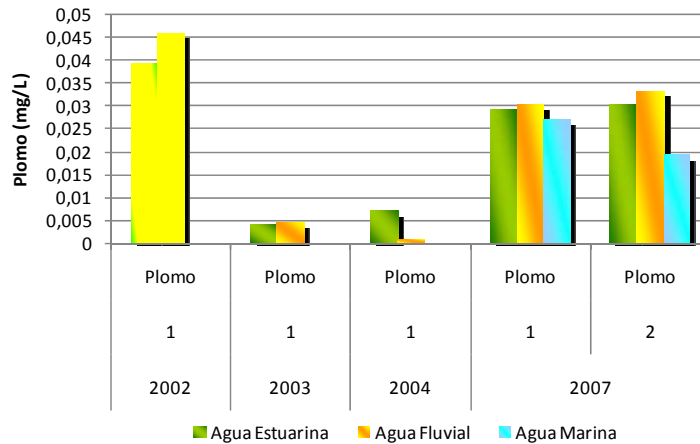


Figura 5.8.5-3. Variación temporal de la concentración de plomo en los diferentes tipos de agua del departamento del Cauca.

En general, las concentraciones de estos metales (Cd, Cr y Pb) medidos en las aguas costeras del departamento del Cauca son relativamente bajas, sin embargo su persistencia en el medio puede incrementar su biodisponibilidad a lo 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. No obstante, su presencia en el medio aun en concentraciones muy bajas, puede deberse en parte por el 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. Según los resultados obtenidos y de acuerdo a los criterios establecidos en la escala indicativa de contaminación, las zonas costeras del departamento del Cauca, no presentan riesgos de contaminación con respecto al Cd, Pb y Cr. Es de notar que las mayores concentraciones de estos elementos se han registrado en las estaciones ubicadas en los ríos Micay y Timbiquí, por lo cual es importante continuar el monitoreo en esta zona con el fin de evaluar las posibles fuentes de estos elementos en estos ríos.

### 5.8.6 Evaluación de la calidad del agua utilizando indicadores

El índice calculado para las aguas costeras del cauca, mostró calidad “excelente” para todos los sitios de muestreo, en el uso de recreación y actividades náuticas (Figura 5.8.6-1a). En realidad el departamento cuenta con las playas en la isla de Gorgona, por ser turístico

Todas las estaciones marino-costeras del departamento del Cauca, presentaron condiciones “excelentes” para la preservación de flora y fauna marina (Figura 5.8.6-1b). Los aportes continentales medidos, se diluyen de manera eficiente en la costa, ayudado por los cambios de marea que mueven grandes volúmenes de agua.

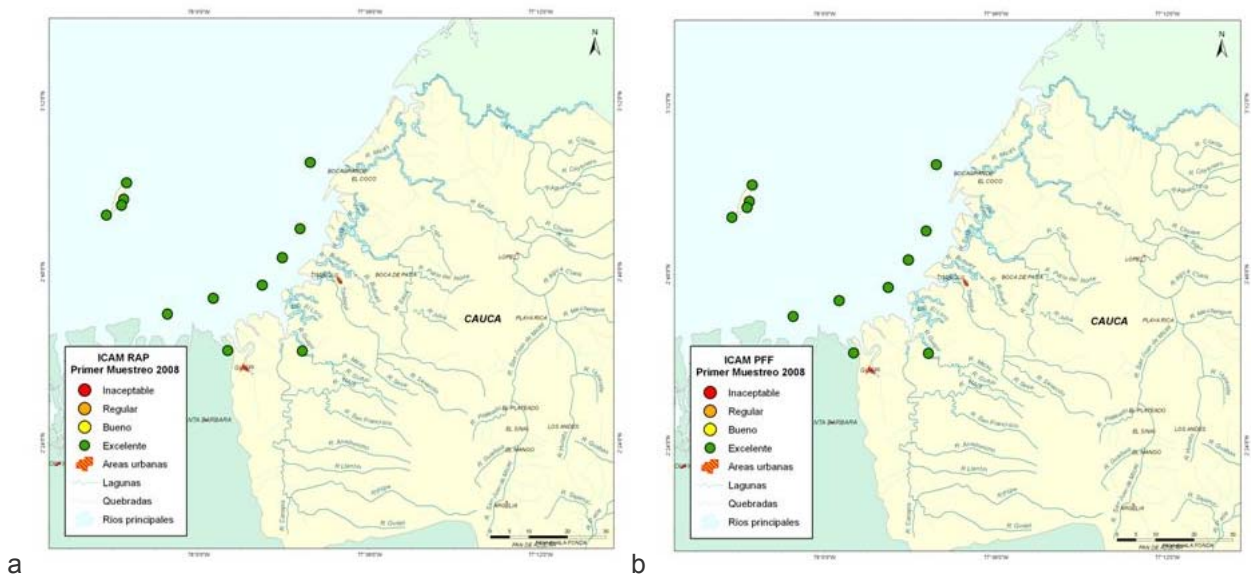


Figura 5.8.6-1. Representación gráfica del indicador de calidad de aguas marinas y estuarinas en la época seca de 2008. a) Actividades recreativas, náuticas y playas - RAP y b) Preservación de flora y fauna – PFF

### 5.8.7 Conclusiones

Las concentraciones de nutrientes inorgánicos se encontraron dentro de rangos naturales para las aguas del Pacífico caucano, sin embargo las proporciones de mayor concentración en las aguas de Gorgona es una situación que puede estar influida por los procesos geológicos que se presentan en la isla y que afectan la concentración de nutrientes y otros parámetros fisicoquímicos del agua en la zona.

Por las mismas características de las actividades que generan el uso de hidrocarburos en la zona costera del Cauca, su presencia no es constante y las concentraciones altas que se encuentran en ciertos momentos obedecen a condiciones puntuales. En la actualidad las concentraciones son muy inferiores al valor de referencia para aguas contaminadas (< 10 µg/L).

En términos generales los resultados muestran, un impacto por organoclorados e hidrocarburos mayor en el sector sur, los ríos Guapi, Guajui y Timbiquí son los que más vertimientos de hidrocarburos reciben; y en este sector se encuentran algunas poblaciones de importancia (Guapi y Timbiquí), razón por la cual se evidencia la presencia de OC y HC, como consecuencia de la actividad humana, como escorrentías de agroquímicos, movilización de lanchas y embarcaciones de cabotaje como tensores locales. Mientras que en las estaciones del sector norte los riesgos de contaminación son menores.

Desde el 2004 se observa una ostensible reducción en la introducción de compuestos clorados al medio marino, y su presencia en la actualidad supone que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aún se encuentran en el medio debido a su persistencia.

Los ríos Guapi, Micay, Timbiquí y Saija, a través del tiempo aportan las mayores concentraciones de CTT y CTE, debido a la descarga directa de aguas servidas y desechos orgánicos que realizan las poblaciones ribereñas.

Para el segundo semestre de 2007 solo playa Blanca no es apta para bañistas y en primer semestre del 2008 las playas ubicadas en la Isla Gorgona se encontraron aptas para las actividades de contacto primario y secundario, según los límites establecidos por la legislación colombiana y la OMS.

En general, las concentraciones de estos metales (Cd, Cr y Pb) medidos en las aguas costeras del departamento del Cauca son relativamente bajas. La mayor influencia de estos elementos en la zona costera de este departamento la presentan los ríos Micay y Timbiquí, por lo cual es importante continuar el monitoreo en esta zona con el fin de evaluar las posibles fuentes de estos elementos en estos ríos.



# NARIÑO



Panorámica de Tumaco



Tumaco



## 5.6 NARIÑO

El Departamento de Nariño está situado en el extremo suroeste del país, en la frontera con la República del Ecuador; localizado entre los 00°31'08" y 02°41'08" de latitud norte, y los 76°51'19" y 79°01'34" de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 33.268 km<sup>2</sup> lo que representa el 2,9 % del territorio. Limita por el Norte con el departamento del Cauca, por el Este con el departamento del Putumayo, por el Sur con la República del Ecuador y por el Oeste con el océano Pacífico.

El relieve permite que el departamento de Nariño disfrute de temperaturas cálidas, templadas, frías, de páramo y del casquete glacial. Las lluvias en el área interandina son superiores a los 3.000 mm, disminuyendo en el altiplano nariñense donde son inferiores a los 1.000 mm; en el piedemonte amazónico las lluvias son superiores a los 4.000 mm.

### 5.6.1 Estaciones de Muestreo

Las estaciones de muestreo en el archipiélago, hacen parte del sistema de monitoreo sistemático que implementó la corporación, con el cual controla la calidad del recurso agua en sus zona costera (Figura 5.6.1-1). Las estaciones se han mantenido dentro de la red de estaciones de muestreo, sin cambios durante los últimos tres años.



Figura 5.6.1-1 Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de Nariño.

### 5.6.2 Variables fisicoquímicas

#### Nutrientes inorgánicos.

##### Amonio

Las concentraciones del ión amonio durante el primer semestre del 2008 fueron de 43,8 µg/L en las aguas estuarinas y de 112,1 µg/L en las continentales (Figura 5.6.2-1). Las estaciones con mayor concentración fueron: la del estero Chanzará (Harinera de pescado) y la del río Patianga-Satinga. Históricamente la estación de la Harinera de pescado en el estero Chanzará se ha considerado una fuente de materia orgánica por los procesos que allí se realizan. Sin embargo en algunas de las visitas realizadas a la planta de procesamiento, manifiestan estar en una reestructuración de los procesos industriales para aprovechar al máximo las materias primas procesadas. Para el río Patianga-Satinga, se cuenta con pocos registros históricos pero la literatura reporta que los ríos son fuentes de iones inorgánicos (entre ellos del nitrógeno), a las zonas costeras (Garay *et al.*, 2001; INVEMAR, 2008). Aunque las concentraciones de este ión en el río Mejicano han sido históricamente menores a 20 µg/L, en algunos años se han registrado concentraciones por encima de los 30 µg/L.

Si tenemos en cuenta que la destinación y uso de las aguas marino-costeras del departamento de Nariño, son para la preservación de flora y fauna (según el decreto 1594/1984), se recomienda estar vigilantes de las descargas de aguas que se realizan en la zona costera, por los efectos adversos que altas concentraciones del amonio puede generar sobre una parte de la fauna costera (puede ser tóxico, Begon *et al.*, 2006).

Los dos últimos muestreos analizados, mostraron un incremento en el promedio de amonio para las aguas fluviales y estuarinas del departamento. Esto sugiere cambios en los vertimientos o en actividades que generen los resultados presentados.

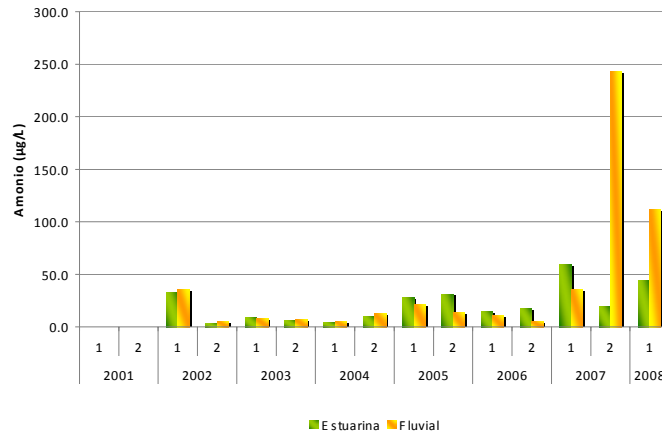


Figura 5.6.2-1. Comparación histórica de las concentraciones de amonio en las aguas costeras del departamento de Nariño.

##### Nitratos.

Las concentraciones del ión nitrato durante el primer semestre del 2008 fueron de 33,2 µg/L en las aguas estuarinas y de 75,2 µg/L en las continentales (fluvial; Figura 5.6.2-2). Las estaciones con mayor concentración fueron: la del estero Chanzará (Harinera de pescado) y la del río Patianga-Satinga.

Coinciden las dos estaciones en sus valores de amonio y nitratos, por encima del resto de la estaciones para el primer muestreo del 2008. Históricamente la estación de la Harinera se ha considerado una fuente de materia orgánica por los procesos que allí se realizan y por ende de degradación de la misma que aporta nutrientes inorgánicos como lo visto para el ión amonio. Como ya se vio para el amonio, existen pocos registros históricos para la estación del río Patianga-Satinga.

Los promedios históricos de nitratos en las aguas fluviales mostraron que son la fuente del ión y que influyen sobre las estuarinas (Figura 5.6.2-2), en las que el promedio se ha mentido alrededor de 50 µg/L, con sus fluctuaciones naturales en cada muestreo. Según el valor de referencia de la región Asiática (60 µg/L; EPD, 2003), las condiciones de los nitratos en las aguas estuarinas del departamento aseguran el normar desarrollo de organismos acuaticos.

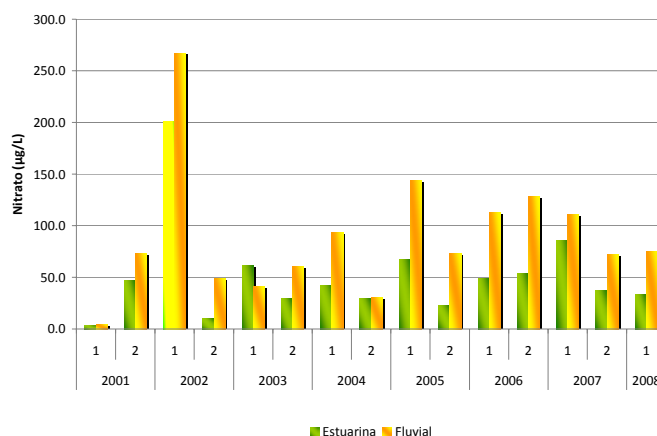


Figura 5.6.2-2. Comparación histórica de las concentraciones de nitrato en las aguas costeras del departamento de Nariño.

### Ortofosfatos.

Las concentraciones del fósforo inorgánico durante el primer semestre del 2008 fueron de 16,7 µg/L en las aguas estuarinas y de 32,3 µg/L en las de los ríos (Figura 5.6.2-3). Las estaciones con mayor concertación fueron: el río Rosario, el río Patianga-Satinga y la del río Mejicano. En el pasado, estos ríos presentaron valores similares de concentración (por encima de 30 µg/L), a comienzos de las actividades del monitoreo de la REDCAM (INVEMAR, 2008).

Con los valores de cada muestreo realizado en el pasado, se calculó el promedio de ortofosfatos en las aguas estuarinas del departamento y se encontró que fluctúan entre 3,5 y 51 µg/L, pero en promedio estos fueron del orden de los 15 µg/L. Si se comparan con el valor de referencia de la legislación Asiática (45 µg/L en aguas estuarinas; EPD, 2003), las aguas presentaron buenas condiciones para el mantenimiento de la vida presente en ella.

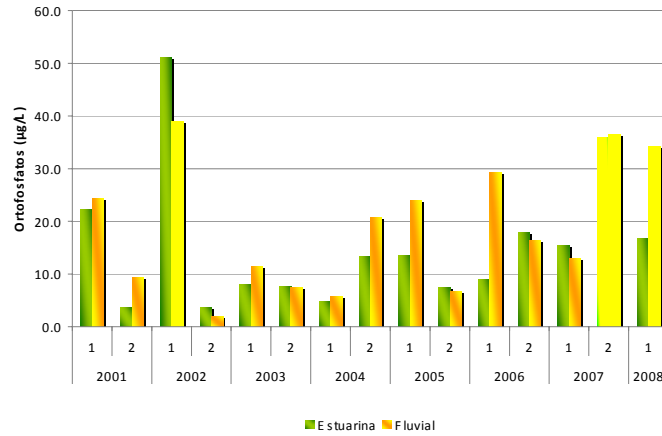


Figura 5.6.2-3. Comparación histórica de las concentraciones de ortofosfatos en las aguas costeras del departamento de Nariño.

Silicio.

Las concentraciones del silicio inorgánico, para el primer muestreo del 2008 han estado en 1987 µg/L en aguas estuarinas y 5476 µg/L en las fluviales. Históricamente las concentraciones promedio del silicio inorgánico han estado en 1700 µg/L en aguas estuarinas y 4800 µg/L para los ríos (Figura 5.6.2-4). Las estaciones con mayor concentración del ión fueron los ríos Iscuandé (Soledad) con 7463 µg/L y el río Patianga-Satinga con 6752 µg/L.

Este ión es importante para las poblaciones de diatomeas (algas unicelulares; Begon *et al.*, 2006), no se considera que sea un problema para otros organismos marino-costeros, pero es interesante resaltar que para el muestreo del 2008, las concentraciones del silicio inorgánico se han incrementado con respecto a las de los muestreos de los años 2006 y 2007 (INVEMAR, 2008). Este incremento puede significando procesos erosivos en las cuencas de los ríos del departamento.

En los promedios históricos se observó que la concentración de Silicio que aportan los ríos del departamento experimentó aumento entre los años 2005 a 2006, con variaciones que se acercan a los promedios de 2005 y se mantienen actualmente (Figura 5.6.2-4).

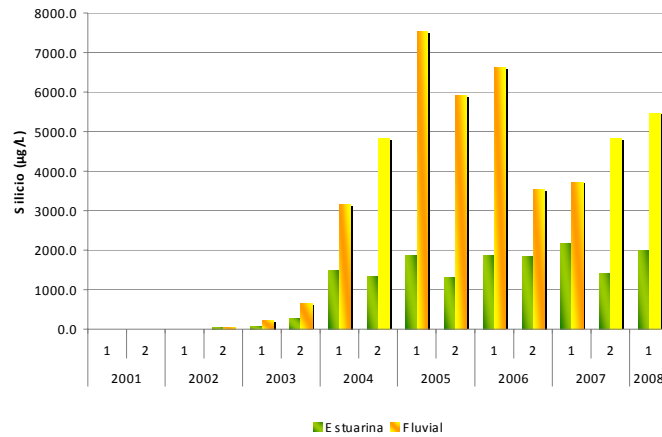
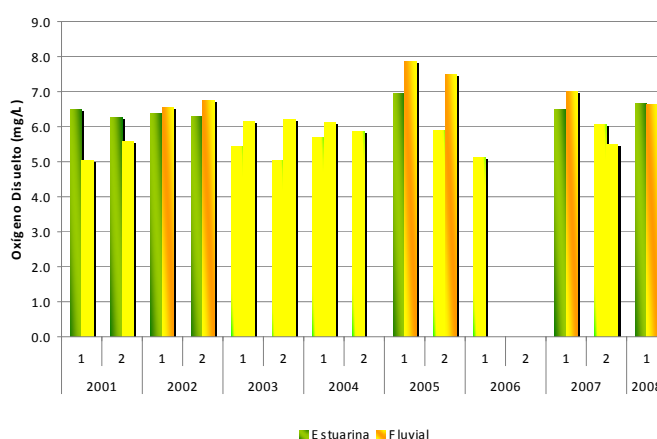


Figura 5.6.2-4. Comparación histórica de las concentraciones de silicio inorgánico en las aguas costeras del departamento de Nariño.

### Oxígeno Disuelto.

Para el primer muestreo del 2008, las concentraciones del oxígeno superficial tanto en las aguas estuarinas como fluviales estuvieron por encima de los 6 mg/L (Figura 5.6.2-5). Sólo tres estaciones presentaron concentraciones por debajo de los 4 mg/L (Decreto 1594 de 1984), ellas fueron: Los ríos Chagui, Rosario y Mejicano en con registros de 3,6 mg/L los dos primeros y 3,8 mg/L el último. En registros anteriores el río Chagui, ha presentado concentraciones por debajo de los 3 mg/L (2,9 mg/L en segundo muestreo del 2003); el río Rosario también registra valores bajos de oxígeno disuelto en los dos muestreos del año 2003 (3,4 mg/L en los dos muestreos) y el río Mejicano es el más registros bajos presenta para muestreos anteriores (2001, 2003 y 2005).

Los promedios históricos del oxígeno disuelto en las aguas costeras del departamento, mostraron valores por encima de los 5 mg/L, situando sus aguas con buenas condiciones para el sostenimiento de la vida acuática.



**Figura 5.6.2-5. Comparación histórica de las concentraciones de oxígeno disuelto superficial, en las aguas costeras del departamento de Nariño.**

### Valor del pH.

Los registros del valor del pH de las aguas costeras del departamento de Nariño durante el primer muestreo del 2008, fueron de 7,7 para las estuarinas y de 5,9 para las fluviales (Figura 5.6.2-6). Las estaciones que presentaron bajos valores de pH fueron los ríos Mira (5,35) y el Mataje (5,69). Para el río Mira es la primera vez que presentan registros por debajo de las 6 unidades de pH, mientras que para el Mataje es la segunda (anteriormente se presentó en el primer muestreo del 2003); las estaciones de la Harinera y el río Iscuandé (La Soledad).

Los registros históricos del pH, mostraron que las aguas fluviales ejercen gran influencia sobre las estuarinas en cuanto a esta medición, por cuanto los promedios de lo ríos han sido inferiores a 6, mientras que las estuarinas por una vez han sido menores a 7. Estos registros, pueden ayudar en la ubicación de vertimientos ácidos sobre las aguas de los ríos, que finalmente afectan el entorno costero.

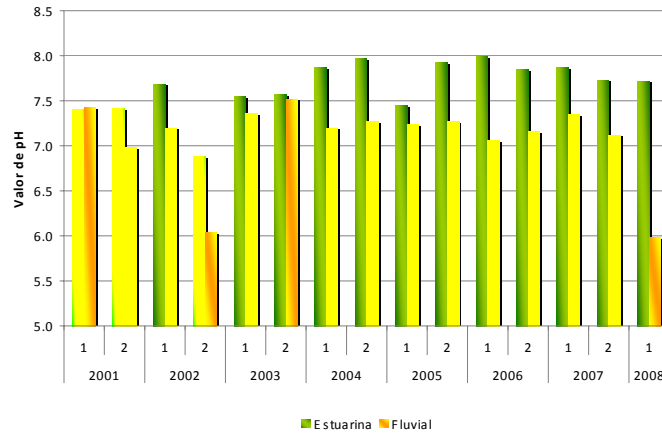


Figura 5.6.2-6. Comparación histórica de los valores del pH en las aguas costeras del departamento de Nariño.

Salinidad

La salinidad de las aguas marino-costeras, ha registrado valores esperados durante el primer muestreo del año 2008 con 20,2 para las estuarinas y 0 para las fluviales (Figura 5.6.2-7). Estos datos representan una situación similar durante todos los muestreos realizados. La influencia que sobre los ríos ejerce la marea del Pacífico (Garay *et al.*, 2006), se evidencia en algunos valores históricos (INVEMAR, 2008).

Los registros de salinidad durante muestreos anteriores, mostraron que en promedio las aguas estuarinas, tienen salinidad cercana a 20 (Figura 5.6.2-7), pero en cada muestreo el valor va cambiando. Los cambios de salinidad, sólo afectan a los organismos que tienen poca tolerancia al cambio, favorece a todos los organismos estuarinos, porque asimilan mejor estos cambios (Begon *et al.*, 2006).

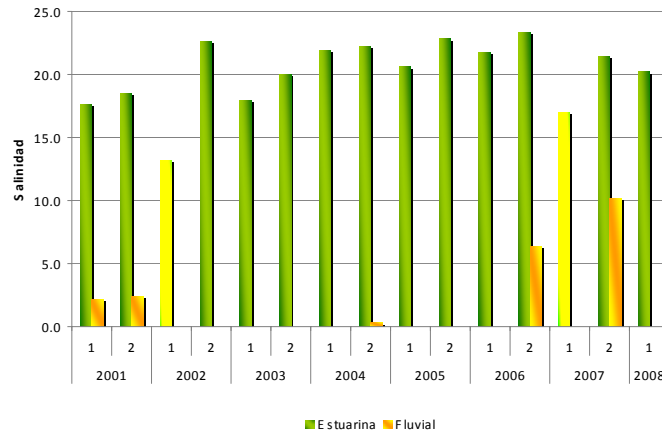


Figura 5.6.2-7. Comparación histórica de la salinidad en las aguas costeras del departamento de Nariño.



### Sólidos en Suspensión.

Las concentraciones de los sólidos en suspensión, durante el primer muestreo del 2008 han estado en 68,6 mg/L en aguas estuarinas y 278,8 mg/L en las fluviales (Figura 5.6.2-8; INVEMAR, 2008). Las estaciones con mayores concentraciones de sólidos fueron los ríos Patianga-Satinga, Chagui y frente al río Mira (354,2, 296,7 y 136,7 mg/L respectivamente). Se nota un incremento de los sólidos en las aguas continentales, que puede estar relacionado con los procesos erosivos que se dan en las cuencas de los ríos, que influye también sobre las concentraciones del silicio inorgánico.

Se puede inferir que algunos de los parámetros medidos en las aguas marino-costeras son influidos por los procesos de la agricultura ilegal (DNE, 2004), por la mala disposición de los residuos y desechos de las poblaciones costeras, así como las actividades industriales que más se dan en la zona (pesca artesanal, procesamiento de la pesca, aserríos, cultivo y proceso del coco, etc.). La dinámica de las aguas por efectos de los cambios fuertes de marea y las fuertes precipitaciones que se presentan en todo el Pacífico colombiano (Garay *et al.*, 2006).

En los registros promedios de muestreos pasados, se observó que existen datos sobre una tendencia al aumento de los sólidos en suspensión durante el primer muestreo de cada año (Figura 5.6.2-8), aunque aun se deben seguir realizando mediciones, que permitan categorizar esta teoría.

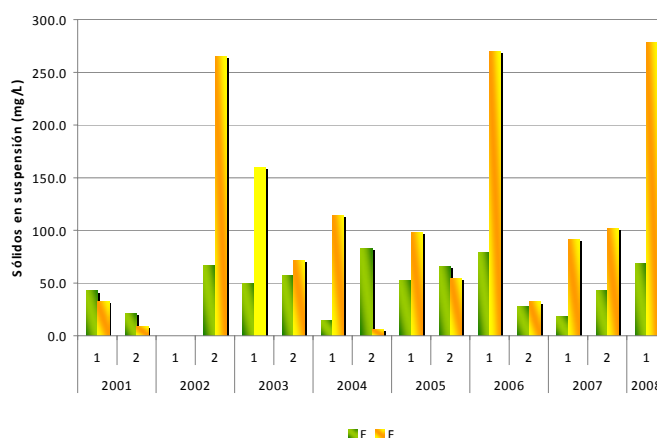


Figura 5.6.2-8. Comparación histórica de las concentraciones de sólidos en suspensión, para las aguas costeras del departamento de Nariño.

### 5.6.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

#### Hidrocarburos

Después del Valle del Cauca, la zona costera de Nariño es la más habitada sobre la llanura Pacífico colombiana, con condiciones muy semejantes a los demás departamentos del Pacífico, pero con el agravante de su rápido crecimiento, acentuado en el municipio de Tumaco que es el principal puerto del departamento. En los últimos años la población ha aumentado, fomentado por las migraciones y la colonización. Aumentando también, la presión sobre los ecosistemas, abusando ampliamente de los procesos de autodepuración naturales, hasta el punto de degradar algunos sitios (como el sector de El Pindo en Tumaco).

Existen fuentes puntuales y difusas de hidrocarburos petrogénicos (HC) al medio marino en el departamento; el Terminal de Ecopetrol recibe en promedio unos 800 mil barriles de petróleo al mes, generando cerca de 10 mil barriles de agua de desecho que son vertidos a la bahía interna de Tumaco después de pasar a oxidación en una serie de piscinas (Marrugo, 1993); de esta forma se contaminan las aguas y sedimentos de los sectores aledaños a las descargas. También se han presentado una serie de accidentes relacionados con la explotación del crudo. Otras fuentes de contaminación son: la actividad marítima, que se concentran en mayor porcentaje en la bahía de Tumaco, representada por pequeñas motonaves y lanchas dedicadas al transporte de mercancía y pesca (Marrugo, 1993).

Las investigaciones sobre HC se han enfocado principalmente en sedimentos. El seguimiento sistemático realizados en Tumaco, de hidrocarburos aromáticos desde 1997 por el CCCP en convenio con ECOPETROL; han servido para definir rangos entre 0,688 a 3,696  $\mu\text{g/g}$  de hidrocarburos aromáticos totales (HAT) en diez estaciones en la Ensenada (Casanova *et al.*, 2001). Estudios realizados por CORPONARIÑO e INVEMAR (Betancourt-Portela *et al.*, 2006) señalan que el principal origen de los residuos de hidrocarburos en el sector interno de la Bahía (Sector El Pindo), se debe a fuentes no pirogénicas de hidrocarburos, tales como la gasolina, el diesel y los aceites lubricantes que pueden entrar al estuario principalmente por los escapes y emisiones de motores (automóviles y botes) con residuos de combustible parcialmente quemado y aceites; además de las escorrentías y el lavado de las superficies pavimentadas (Oros y Ross, 2005); así como por vertidos crónicos de los expendios de combustibles asentados en sus orillas. Los valores hallados en las estaciones Puente el Pindo (102,09 $\mu\text{g/g}$ ) y Estero el Pajal (13,2  $\mu\text{g/g}$ ) sobrepasan ampliamente el valor de referencia establecido por la NOAA (1990) de 3,9  $\mu\text{g/g}$  como "concentración alta" en sedimentos.

Comparando los anteriores resultados con estudios previos se determinó que al interior de la Bahía de Tumaco la contaminación por HC ha aumentado y ha afectado algunos recursos hidrobiológicos (bivalvos, 2,09 -75, 9  $\mu\text{g/g}$ ) de la zona, que son utilizados para el consumo local de la población. A continuación se presenta una síntesis de los resultados de hidrocarburos en aguas obtenidos desde el inicio del proyecto.

2001: la contaminación por HC parece concentrarse principalmente en el sector sur del departamento, aguas arriba de los ríos Mira y Mataje, en los resultados del 2001 se encontraron concentraciones de 21,24 y 11,35  $\mu\text{g/L}$  para los ríos Mataje y Mira respectivamente, durante la época de transición, superando el nivel máximo permisible de 10  $\mu\text{g/L}$  (UNESCO, 1984, Atwood *et al.*, 1988). En el segundo periodo del año, estos valores se reducen significativamente por debajo de 1  $\mu\text{g/L}$ , debido a procesos de dilución por aumento del caudal de los ríos. Históricamente en las demás estaciones los niveles varían por debajo de 3  $\mu\text{g/L}$  durante ambos semestres del año.

2002: En el primer semestre el valor máximo fue de 1,89  $\mu\text{g/L}$  (estación Frente Río Mataje), en el segundo semestre todas las concentraciones fueron inferiores a 0,68  $\mu\text{g/L}$  (Harinera Estero Chanzará).

2003: Los niveles encontrados no superaron un máximo de 1,96  $\mu\text{g/L}$ , registrado en la desembocadura del Río Iscuande. En los dos semestres las concentraciones fueron bajas con un promedio general de 0,68  $\mu\text{g/L}$  para el año.

2004: Los registros de HC aumentaron ligeramente, sin superar un máximo de 3,25  $\mu\text{g/L}$  (Río Mira) en el primer monitoreo, para el resto de estaciones no sobrepasaron los 0,67  $\mu\text{g/L}$  como valor máximo. En el segundo semestre las concentraciones aumentaron, registrándose los valores más altos en la Ensenada de Tumaco (5,87  $\mu\text{g/L}$  Frente a Ríos) y en el Río Mira (2,55  $\mu\text{g/L}$ ) las demás estaciones no superaron el valor máximo de 0,82  $\mu\text{g/L}$ .

2005: En el primer monitoreo las estaciones presentan un valor máximo de 1,48  $\mu\text{g/L}$  en el Río Iscuande disminuyendo con relación al semestre anterior. En el siguiente semestre las concentraciones de HC son mucho más bajas y no superan el valor de 0,37  $\mu\text{g/L}$  registrado en Salahonda brazo Patia

2006: Durante el primer semestre de este año las concentraciones siguen por debajo de 1,0 µg/L lo cual indica un nivel de riesgo mínimo, el valor más alto fue hallado en la estación Río Mira (0,99 µg/L). Sin embargo en el segundo semestre las concentraciones fueron en promedio más altas, e incluso en la estación Playa Mosquera (9,11 µg/L) la concentración fue muy cercana al valor de referencia (10 µg/L). Otro sitio que presentó un nivel de riesgo medio por contaminación de HC durante el segundo semestre fue la estación Frente a ríos (5,96 µg/L) localizada en la Ensenada de Tumaco.

2007: En este monitoreo las concentraciones vuelve a descender por debajo de 1,0 µg/L a excepción de la estación Río Mira (1,49 µg/L), manteniendo la tendencia que han seguido desde el 2001, la cual ha sido a disminuir. Igualmente, en el segundo semestre, el Río Mira y la estación al frente del mismo río presentan las concentraciones máximas 2,05 y 1,35 µg/L respectivamente. Los demás puntos de muestreo reportan valores menores a 1 µg/L.

2008: Para ambos semestres las concentraciones de hidrocarburos se encuentran por debajo de 0,74 µg/L a excepción del Río Mira con el valor más alto 6,88 µg/L, Río Patianga 4,1 µg/L, Sala Honda Brazo Patía 3,16 µg/L e Isla Vaquería 1,1 µg/L.(Figura 5.6.3-1).

De la anterior descripción se destaca que las concentraciones más altas se han presentado en los ríos, principalmente, Mira y Mataje precisamente por las actividades que se desarrollan en sus cuencas, la presencia de pequeñas poblaciones agrícolas, el tráfico de lanchas; el mantenimiento de motores en las riveras de los ríos y el funcionamiento de surtidores de combustibles en las orillas de los cursos de agua, adicional a esto, algunos de sus afluentes reciben descargas residuales de ciudades del Ecuador. En el sector norte también se han registrado algunas concentraciones altas pero no focalizadas (Estaciones como río Iscuande, playa Mosquera, Harinera).

Por las mismas características de las actividades que generan estos residuos, su presencia no es constante y en ciertos momentos se registran concentraciones altas que obedecen a condiciones puntuales, lo que hace pertinente mantener el monitoreo de Hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD). Adicionalmente, los análisis realizados en sedimentos muestran efectos que no son visualizados en el análisis de aguas, debido al carácter hidrofóbico de estos compuestos llevando a procesos de adsorción en los sedimentos señalando la importancia de extender en un futuro el análisis a otras matrices ambientales.

#### Plaguicidas

Los estudios sobre residuos de plaguicidas organoclorados (OC) en el departamento han sido abordados principalmente por el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP), dichos estudios presentaron valores promedio de 19,9 y 121,28 ng/g de OC en sedimentos y organismos (bivalvos) respectivamente; valores considerados relativamente altos, y de magnitud comparable a los reportados en zonas marinas con mayor desarrollo agrícola en sus alrededores; Lo que supone concentraciones igualmente altas en aguas y recurrentes en el tiempo. Casanova (1996) mostró que los niveles más altos de compuestos OC detectados en sedimentos correspondían al metabolito del DDT: p,p'-DDE, lo que indica que este tipo de sustancias fueron usadas hace varios años. Los valores promedios para DDT y sus metabolitos en sedimentos oscilaron entre 2,17 y 13,36 ng/g durante los cinco monitoreos realizados, valores incluso más altos que los encontrados en Bolívar (en la Ciénaga de la Virgen).

Para el caso de organismos (*Anadara* sp.) la concentración de DDT estuvo entre 5,58 ng/g (Salahonda) y 73,06 ng/g (río Mejicano), registrándose un valor promedio de 34,48 ng/g. Los organismos evaluados son de valor comercial en la región y de amplio consumo, lo que indica que los pobladores están expuestos al riesgo de ingerir estos compuestos clorados, con todas las consecuencias que esto implica para la salud. Sin embargo, no existe información actualizada para evaluar este recurso. En 1995 la International Mussel Watch y la National Status and Trends (NS&T), reportaron para la bahía de Tumaco concentraciones de DDT total en bivalvos entre 10 y 100 ng/g (Sericano *et al.*, 1995).

Entre las fuentes de plaguicidas al medio marino en Nariño, se encuentra la agricultura extensiva de palma africana más de 30.000 ha de la cuenca baja del río Mira hasta los límites con el Ecuador; y los cultivos ilícitos. Estas actividades demandan el uso continuo de agroquímicos y algunos ya prohibidos. En el procesamiento maderero (inmunización), también se emplearon grandes cantidades de aldrin, dieldrin, clordano, DDT y endosulfan antes de su prohibición en la década pasada, y no se descarta la posibilidad de que se sigan utilizando de forma ilegal. Igualmente existen actividades externas a la zona costera que impactan al medio marino, por ejemplo, a los Ríos Patía y Mira escurren corrientes que drenan los cultivos de papa de Túquerres, Pasto e Ipiales, uno de los principales productos agrícolas del departamento, y que más requiere el uso de agroquímicos (MMA/PNUMA/UCR/CAR, 2000). A continuación se presenta una descripción general de los resultados obtenidos con el proyecto REDCAM:

2001: Se hallaron algunas concentraciones que sobrepasan el nivel de referencia establecido para plaguicidas en aguas (30 ng/L; Marín, 2002) en el norte del departamento (Río Tapaje, 75,2 ng/L y Bocana Río Iscuande, 70,9 ng/L). En la época de transición la mayoría de estaciones no sobrepasaron los 0,03 ng/L y en el último semestre sólo la estación sobre el Río La Tola presenta una concentración máxima de 15,6 ng/L, el resto de las estaciones estudiadas presentan niveles inferiores a 10 ng/l. Los afluentes con el mayor aporte de plaguicidas son el río Mira, Mataje, Chagui y Mejicano. Debido a que en su recorrido atraviesan zonas agrícolas dedicadas al cultivo de papa, palma africana, cacao y algunos cultivos ilícitos.

2002: Los resultados de los niveles de plaguicidas OC en aguas para el primer semestre presentaron un nivel máximo de 17,2 ng/L en las aguas del Río Mira, resultado que es comprensible, por los factores anteriormente expuestos. En el análisis del segundo semestre los valores registrados fueron mucho más altos, concentraciones de 23,7 y 16,3 ng/L en las estaciones ubicadas frente a los ríos que desembocan en la Ensenada y frente al Río Mira respectivamente, concentraciones que se consideran altas por estar cercanas al nivel de alerta para plaguicidas (30 ng/L).

2003: Las concentraciones de OC bajaron significativamente con respecto a los años anteriores, pero aún se detectan estos residuos en las aguas, nuevamente en el primer periodo del año se presentó el valor máximo en el Río Mira (4,0 ng/L). Durante el segundo periodo los valores registrados aumentaron y en todas las estaciones las concentraciones fueron superiores a 10 ng/L límite permisible, excepto al frente del río Patía (2,5 ng/L), esta situación indica un aporte significativo de estas sustancias, a través de los ríos de la región, que coincide con los monitoreos hechos durante el segundo semestre del año a lo largo de la llanura pacífica.

2004: En el primer semestre las concentraciones aumentan registrándose valores máximos de 78,7 y 28,2 ng/L en las estaciones Boca Ensenada de Tumaco y Playa Pasacaballos respectivamente, esta situación coincide con la temporada invernal que se presentaba en el departamento durante los días de monitoreo, que favorece el escurrimiento de estos residuos hacia el mar. Los OC de mayor aparición continúan siendo los residuos de DDT y sus isómeros y el endosulfan. En el monitoreo del segundo semestre las concentraciones halladas disminuyeron significativamente los valores más altos fueron de 7,5 y 5,4 ng/L en las estaciones Río Mataje y Playa Pasacaballos, encontrándose todas las estaciones dentro del valor establecido como referencia.

2005: Los resultados del primer semestre muestran unas concentraciones muy similares a las del semestre anterior con valores máximos en las estaciones Frente a Ríos y Río Rosario en la ensenada de Tumaco (7,6 y 7,1 ng/L respectivamente) las concentraciones permanecieron casi invariables. En el segundo semestre en la mayoría de sitios no se detectaron residuos de OC, y en los que se detectaron la concentración no supero los 1 ng/L (Río Mataje).

2006: En el primer semestre se detectaron trazas de OC pero los valores no superaron los 1,8 ng/L (Playa Mosquera). Se mantiene la tendencia desde el 2004 que es de disminución en el aporte de compuestos clorados.

2007: Las concentraciones de OC mantienen la tendencia descendente mostrada desde el 2004 y la concentración más alta es solo de 2,2 ng/L determinada frente al río Mira. En el segundo monitoreo se presenta aumento en las concentraciones llegando a un máximo de 7,6 ng/L (Río Iscuandè), sin embargo todas las estaciones están muy por debajo del límite permisible.

2008: Durante el primer monitoreo se presentó el valor máximo de 21,21 ng/L (Río Patianga) con un aumento considerable en las concentraciones de las estaciones caso que no ocurría desde el 2003, esta situación no se evidencia en el segundo semestre llegando solo a un valor máximo en el Río Iscuandè de 4,48 ng/L (Figura 5.6.3-2).

En el sector norte la actividad agrícola es incipiente, lo cual contrasta con las altas concentraciones halladas en los primeros años del proyecto, esto supone que los residuos OC entraron al medio por otras actividades, además de la agricultura; ya sea en la inmunización de la madera o en el control de la malaria. En 1993, el ministerio de salud prohibió el uso de plaguicidas OC exceptuando el uso provisional del DDT hasta disponer de sustitutos. Sin embargo, Paez y Granada (1993), demostraron la utilización de endosulfan, aldrin y mirex en los cultivos de palma africana, y DDT en la erradicación del mosquito trasmisor de la malaria, en varias poblaciones de los ríos Caunapí y Mira (Nariño). Es así, como en el Río Tapaje (37,9 ng/L) y las Bocanas de los ríos Iscuandè y Tapaje (49,1 y 49,3 ng/L) se detectaron las máximas concentraciones de DDT para el primer semestre de 2001, posteriormente las concentraciones de estos plaguicidas a disminuido paulatinamente hasta la actualidad, excepto en el primer monitoreo de 2004 con el valor más alto históricamente de 63,7 ng/L en la Bocana Ensenada de Tumaco. (Figura 5.6.3-3) Para el caso del aldrin (ALD) se reporta el valor máximo hasta la fecha de 29,6 ng/L (Sala Honda Brazo Patia) en el segundo monitoreo de 2002, igualmente en el 2003 se presentan valores altos en todas las estaciones sobresaliendo el Río Mataje con una concentración de 11,6 ng/L contrastando con los demás años que solo llegan hasta 5 ng/L para este compuesto (Figura 5.6.3-3).

Los valores altos en aguas (> 30 ng/L) recurrentes a lo largo del Pacífico Colombiano suponen un impacto significativo en la biota marina, como lo han demostrado los estudios realizados en organismos con alto valor comercial en la región y de amplio consumo, en los cuales se determinaron concentraciones de 107,6 y 60,8 ng/g de OC para Buenaventura y Tumaco respectivamente (Calero y Casanova, 1997). Esto indica que los pobladores están expuestos al riesgo de ingerir estos contaminantes, con todas las consecuencias que implica para la salud.

En líneas generales, a través del periodo de estudio las estaciones con mayores contenidos de OC en sus aguas o que eventualmente han presentado las concentraciones más altas se localizan en la ensenada de Tumaco (estaciones Frente a Ríos y Bocana Ensenada de Tumaco), en el Norte del departamento el Río Iscuandè y la estación Playa Pasacaballos; en esta última, debido a la influencia de los ríos Sanquianga y Satinga que desembocan muy cerca del sitio de muestreo.

La presencia de trazas de OC y su tendencia descendente supone que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aun se encuentran en el medio debido a su persistencia. Los registros medidos al inicio del proyecto muestra que (2002 – 2004) es la época en la cual se hallaron los niveles más altos; en relación a los determinados hasta la actualidad (2004 -2008). De igual forma, este seguimiento histórico de concentraciones supone una contaminación baja por residuos OC en el sector norte entre Salahonda y Mosquera y riesgo medio de contaminación en la Ensenada de Tumaco y el sector sur atribuido a los drenajes terrestres que allí desembocan.

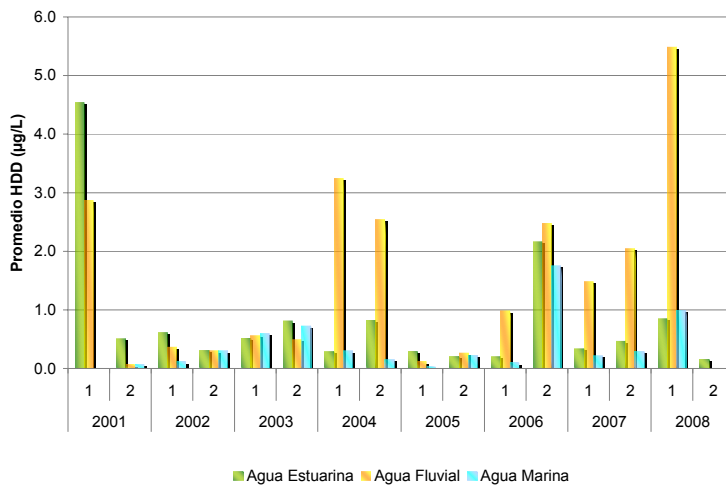


Figura 5.6.3-1 Variación temporal de HDD a nivel superficial en los diferentes tipos de agua del Departamento de Nariño.

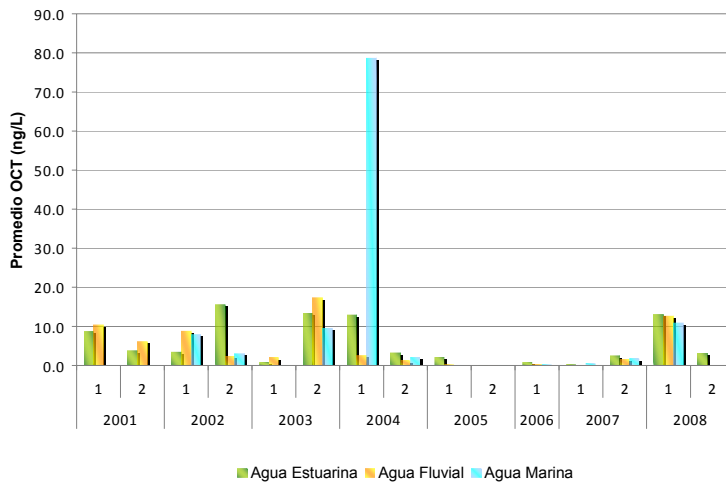


Figura 5.6.3-2 Variación temporal de OCT a nivel superficial en los diferentes tipos de agua del Departamento de Nariño.

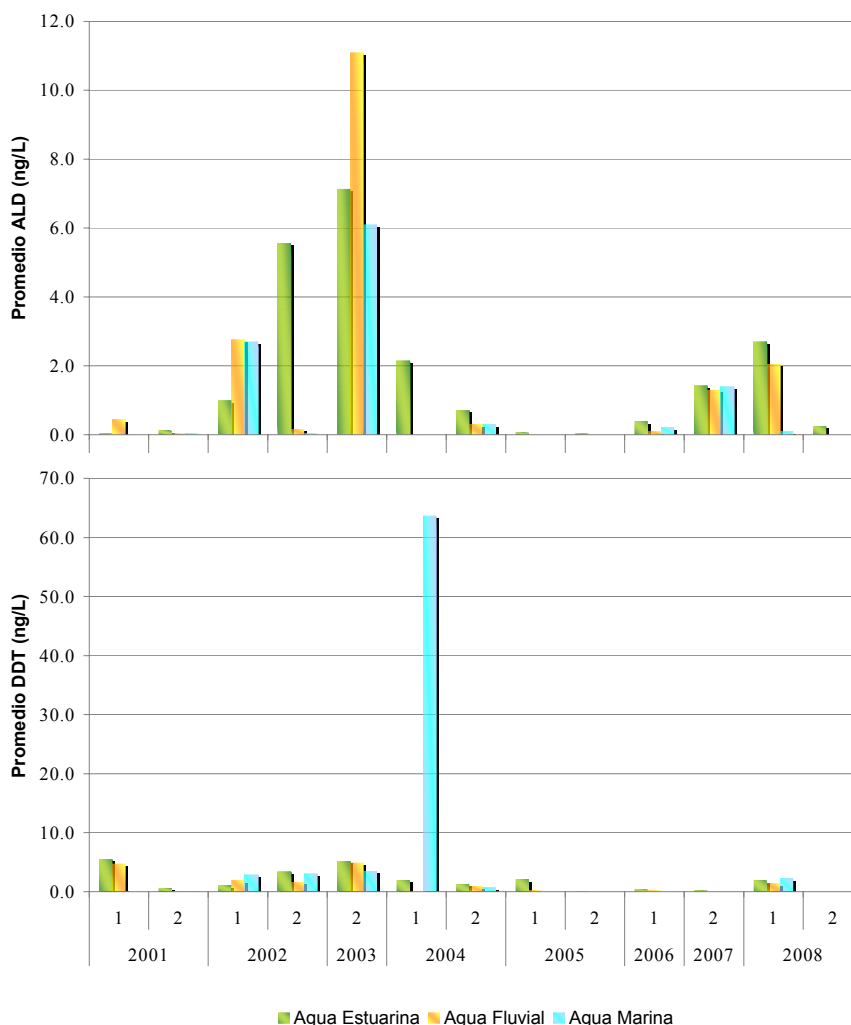


Figura 5.6.3-3 Variación temporal de ALD y DDT a nivel superficial en los diferentes tipos de agua del Departamento de Nariño.

### 5.6.4 Contaminación Microbiológica

La Figura 5.6.4-1 establece la tendencia de los indicadores de contaminación fecal en los promedios obtenidos a través de los muestreos de la REDCAM desde el segundo semestre 2001 hasta el primer semestre de 2008 mostró las menores concentraciones para el primer semestre de los años de estudio y un evidente descenso a partir del 2004, con rangos entre 6.597– 1.464 NMP/100ml de Coliformes termotolerantes; posiblemente esta condición se atribuye a la ausencia de procesos de arrastre de vertimientos de los municipios costeros al mar; desde el primer semestre del 2007 y se observa una disminución en la concentración de estos microorganismos. En la Figura 5.6.4-2, se registran los máximos valores a través del tiempo son del orden de 240.000 NMP/100 ml tanto para CTT y CTE, como efecto de las diferentes descargas que aportan los Ríos Mataje, Mira, Rosario, Chagüi, Mejicano, Patía e Iscuandé que desembocan en la zona costera. La presencia de coliformes puede incidir en la salubridad de los ecosistemas del Parque Natural de Saquianga, potencialmente alterando el equilibrio ecológico de la rizosfera de los manglares, natales y guandales, que son de gran importancia en la parte integral del crecimiento de las especies hidrobiológicas.



El río Patía durante el segundo semestre del 2007 presenta los mayores aportes de Coliformes totales 17.000 NMP/100ml; mientras para el primer semestre de 2008 los rangos más elevados se presentaron en la estación Unión Patía – Saquianga con 9.200 NMP/100ml y río Mira con 7.900 NMP/100ml ; estos valores sobrepasan el límite establecido en la normatividad colombiana, 5000 NMP CTT/100 ml, para aguas destinadas a actividades de contacto secundario según MinAgricultura (1984); debido a que los principales municipios costeros y poblados que se encuentran cercanos a sus cuencas, lo cual conlleva al arrastre en su cauce de diferentes vertidos domésticos y agroindustriales que ayudan a la proliferación de estos microorganismos. Los ríos Mira, Mataje, Patía e Iscuande, históricamente han presentado concentraciones elevadas de Coliformes totales y termotolerantes como consecuencia de los vertimientos de aguas servidas y desechos orgánicos de las Municipios costeros de Tumaco, Francisco Pizarro, La Tola y Santa Bárbara de Iscuande. De esta forma, en el periodo 2001 - 2008 río Mira presenta fluctuaciones en las concentraciones de CTT, observando los mayores niveles durante el segundo semestre de cada año y exceptuando el primer semestre de 2004 donde tuvo un valor máximo de 28.000 NMP/100ml, al igual que el río Iscuande con 23.000 NMP/100ml y el río Mataje con 24.000 NMP/100ml, los ríos Mataje y Patía en el primer semestre de 2002 presentaron un valor un valor de 94.000 - 160.000 NMP / 100 ml respectivamente. (Figura 5.6.4-2).

El diagnostico de la calidad de las playas se realiza teniendo como base los lineamientos de la legislación colombiana (200 NMP CTE/100 ml) y de la Organización Mundial de la Salud - OMS (40 UFC Enterococos /100 ml) para aguas de contacto primario. Como se muestra en la Figura 5.6.4-3, durante el segundo semestre del año 2007 playas Salahonda con 490 NMP/100ml de Coliformes termotolerantes y 59 UFC/100l no se encuentra apta los bañistas, para el 2008 las playas Bocagrande, el Morro y Salahonda con 790, 330 y 230 NMP/100ml, no se encuentran aptas para actividades de contacto primario como son la recreación, natación y los deportes náuticos según la legislación colombiana y mientras que las concentraciones de Enterococos no sobrepasan los limites de la OMS.

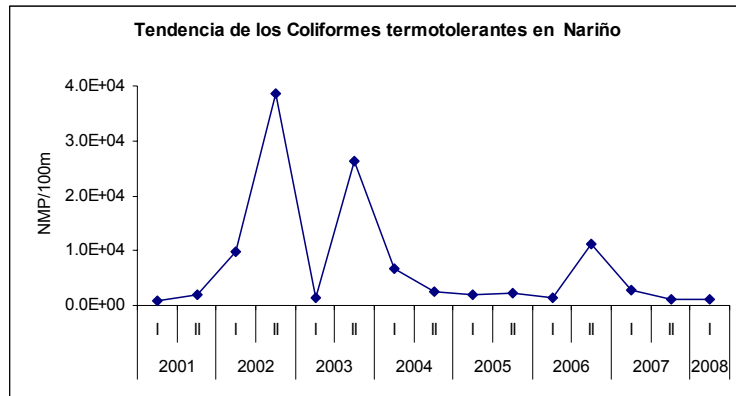


Figura 5.6.4-1 Tendencia de los CTE en el primer y segundo semestre para los años 2000 – 2008 en el departamento de Nariño (Datos Promedio).



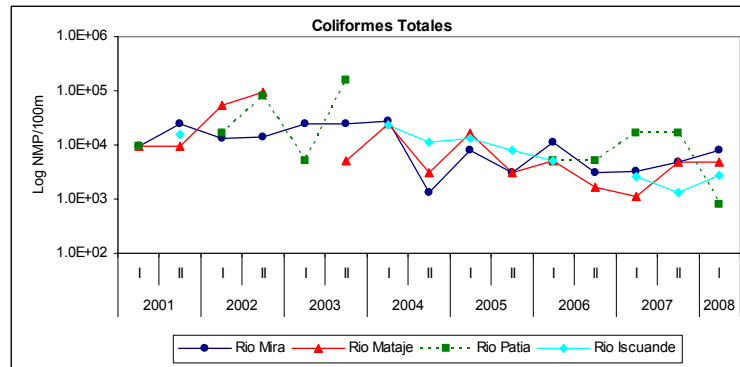


Figura 5.6.4-2 Tendencia de los Coliformes totales en el primer (I) y segundo (II) semestre durante los años 2000-2008 en los principales vertimientos del departamento de Nariño.

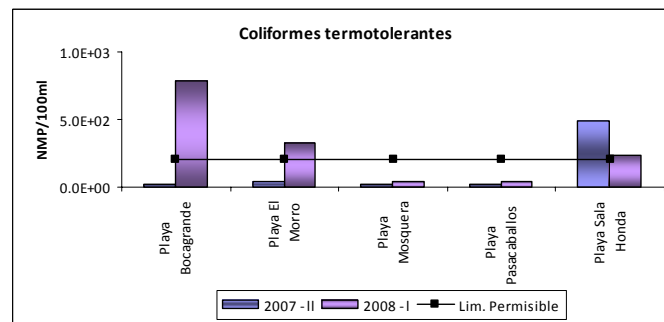


Figura 5.6.4-3 Niveles de Coliformes termotolerantes en las playas del departamento de Nariño segundo semestre de 2007 y primero del 2008.

Tabla 5.6.4-1. Calidad sanitaria de las playas de Nariño en el segundo semestre del 2007 y primer semestre del 2008 de acuerdo a los criterios de la legislación colombiana (CTE > 200 NMP /100 ml) y la Organización Mundial de la Salud (EFE > 40 UFC/ml) para aguas de contacto primario.

Playas	II -2007	I- 2008
Playa Bocagrande	Verde	Naranja
Playa El Morro	Verde	Naranja
Playa Mosquera	Verde	Verde
Playa Pasacaballos	Verde	Verde
Playa Sala Honda	Naranja	Naranja

Verde: Apta; Naranja; No apta

### 5.6.5 Metales pesados

En este departamento se atribuyen como posibles fuentes de contaminación por metales pesados las actividades de extracción de oro realizada en los Municipios de Barbacoas, Magüi, Sotomayor y

Cumbitara, cuyos residuos son drenados al río Patía. Según antecedentes, los ríos Mira y Curay presentan concentraciones considerables de mercurio, también producto de las actividades mineras realizadas en sus cuencas y estos ríos vierten sus aguas finalmente a la ensenada de Tumaco (Bustos *et.al.*, 1996). En esta zona se han desarrollado algunos estudios de contaminación de metales pesados especialmente en cuanto al nivel de mercurio en organismos, aguas y sedimentos de algunos ríos de la ensenada de Tumaco debido a su problemática como principal elemento en los vertimientos antropogénicos procedentes del beneficio del oro (Bustos *et.al.*, 1996). En este departamento y especialmente en la ensenada de Tumaco se han desarrollado varios estudios sobre la problemática de los metales pesados, en general los resultados de las concentraciones de mercurio estuvieron en su mayoría en rangos por debajo de los criterios establecidos para los criterios de calidad de aguas que corresponden a 10 µg/L valor que ha sido establecido por MinAgricultura (1984) como criterio para la preservación de flora y fauna de las aguas marinas y estuarinas.

Entre 1992 y 1993, INGEOMINAS también llevo a cabo un estudio sobre la contaminación metálica en la ensenada de Tumaco reportando concentraciones en aguas para Cd y Cu (Calero y Casanova, 1997). Las concentraciones de Cd fueron en todos los casos <10 µg/L, en tanto que para el Cu los valores oscilaron entre <10 µg/L y 30 µg/L, valores que según los criterios establecidos por el decreto 1594/84 de la legislación colombiana como CL<sub>50</sub> están debajo de la misma. Otro componente analizado de manera conjunta fueron los sedimentos y los cuales reportaron valores de Cd desde 0,01 µg/g hasta 10 µg/g y para el Cu desde <0,01 µg/g hasta 52 µg/g.

El estudios más recientes llevados a cabo en la ensenada de Tumaco donde se realizaron algunas mediciones de Cd, Cu, Hg y Pb, tanto en aguas como en sedimentos han mostrado en la ensenada concentraciones de Cd en aguas fueron menores de 10 µg/L (Cortes, 1997) y valores de plomo de 4,37 a 12,19 µg/L Bustos *et al.*, 1996; Garay *et al.*, 2006. El estudio más reciente, a la evaluación de los niveles de Hg en agua de mar publicado por Granobles (1999), dirigido reporta un rango comprendido entre 0,22 y 1,09 µg/L, este último valor fue encontrado en la desembocadura del río Curay.

Debido a que en su mayoría los estudios realizados en el departamento de Nariño 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 de la REDCAM se convierte en un buen acercamiento. En la Tabla 5.6.5-1 se muestra el resumen estadístico del comportamiento de los metales plomo, cadmio y cromo en el departamento de Nariño, durante el monitoreo de la REDCAM.

**Tabla 5.6.5-1 Resumen estadístico de la concentración de cadmio, plomo y cromo, en el departamento de Nariño. Fuente: Base de datos REDCAM 2001-2008.**

VARIABLE	Cd µg/L	Cr µg/L	Pb µg/L
PROM	1,47	1,17	18,32
NUM	157	157	133
MAX	19,53	5,70	317,4
MIN	0,020	0,050	0,050
STDDV	1,74	0,94	31,15

Con el fin de evaluar el estado de contaminación por cadmio, plomo y cromo en las aguas costeras del departamento de Nariño, a continuación se analizan los resultados obtenidos durante el monitoreo de la REDCAM desde el 2001 al 2007, para cada uno de los elementos analizados:

### Cadmio

La concentración promedio de cadmio (1,47 µg/L) para el departamento de Nariño durante el periodo muestreado (Figura 5.6.5-1) esta dentro del rango de *no contaminado* en la escala conceptual propuesta por Marín (2002), la mayor concentración (19,53 µg/L) se registro en la bahía de Tumaco (Punta Cascajal

– Tumaco) en el año 2001 sin embargo se encuentra dentro del rango *contaminación baja y sin riesgo*, este dato fue atípico y la tendencia general de la concentración de este metal a estado en el rango de (0,02 a 3,2 µg/L) a sido disminuir en el tiempo hacia el año 2007 (Figura 5.6.5-1).

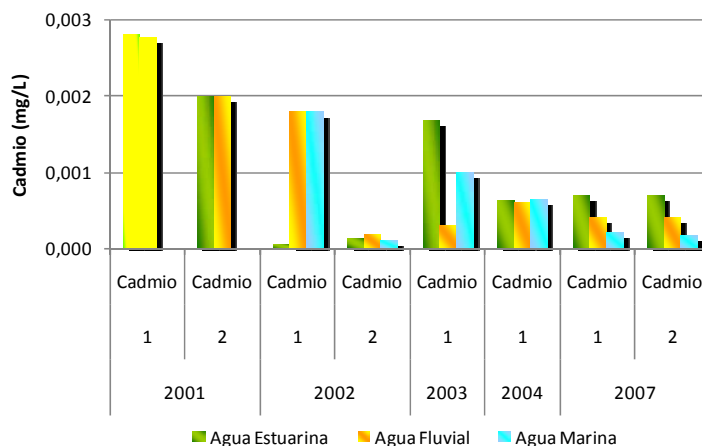


Figura 5.6.5-1 Variación temporal de la concentración de Cadmio en los diferentes tipos de agua del departamento de Nariño

### Cromo

El promedio de las concentración de cromo se muestra en la Tabla 5.6.5-1, el valor promedio para el departamento y la concentración máxima registrada durante el muestreo de la REDCAM 2001 a 2007, se encuentran en el rango de *no contaminado* de la escala conceptual de contaminación propuesta por Marin (2002). Siendo el mayor valor de concentración para este elemento registrada en el río Mira en el segundo semestre del 2003. Por otra parte la tendencia general presentada por este elemento es a disminuir su concentración en el tiempo hacia el 2004, no obstante se evidencia un leve aumento en la concentración de este elemento en el año 2007 (Figura 5.6.5-2).

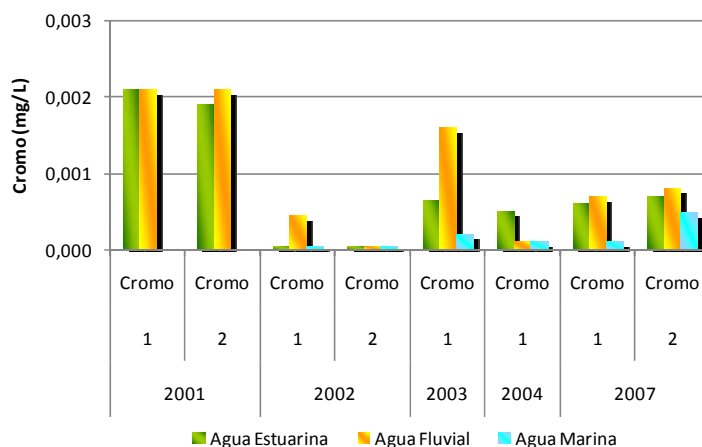
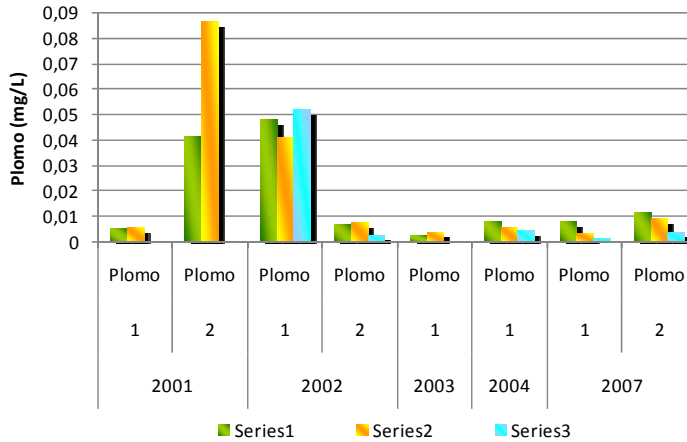


Figura 5.6.5-2 Variación temporal de la concentración de Cromo en los diferentes tipos de agua del departamento de Nariño.

Plomo

En el análisis de resultados de plomo se observo que la concentración promedio se encuentra en el rango de *contaminación baja* y sin riesgo, aunque la mayor concentración de este elemento se ubico en el sector de Bahía Guapi hasta Punta Cascajal en el segundo semestre del 2001 encontrándose en el rango de *contaminación media*, en general se observa que las concentraciones de este elemento en los tres sectores de este departamento tiende a disminuir en el tiempo y permanecen las concentración en valores inferiores a 29,15 µg/L desde el segundo muestreo del 2002 a la fecha (Figura 5.6.5-3).



**Figura 5.6.5-3 Variación temporal de la concentración de plomo en los diferentes tipos de agua del departamento del Nariño**

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). Sin embargo no se evidencian impactos en el medio por metales pesados (Cd, Pb y Cr) en la zona costera del departamento de Nariño, por otra parte también se observa que a medida que ha avanzado el monitoreo las concentraciones de estos elementos han disminuido su concentración en las aguas costeras del departamento.

**5.6.6 Evaluación de la calidad del agua utilizando indicadores**

El ICAM de recreación y actividades náuticas, para el primer muestreo del 2008 mostró condiciones “excelentes” en todos los puntos costeros (Figura 5.6.6-1). Sólo los sitios estuarinos de las bocanas de los ríos Chagui y Mejicano, presentaron condiciones “buenas”, por los aportes que llegan de estos ríos.

La de calidad de aguas marinas y estuarinas, presentó condiciones “excelentes” para el mantenimiento de la vida acuática marina (Figura 5.6.6-1), presentes en la zona costera del departamento de Nariño.

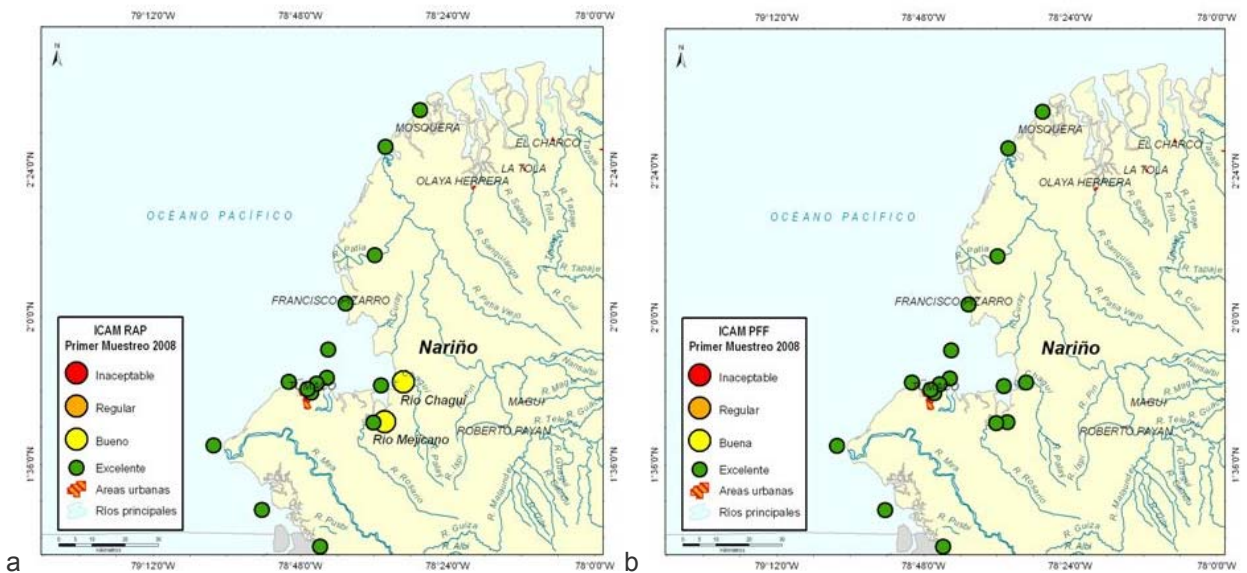


Figura 5.6.6-1. Representación gráfica del indicador de calidad de aguas marinas y estuarinas en la época seca de 2008. a) Actividades recreativas, náuticas y playas - RAP y b) Preservación de flora y fauna – PFF

### 5.6.7 Conclusiones

Las condiciones de las aguas costeras del departamento de Nariño, presentan influencias en sus condiciones naturales que afectan las concentraciones de nutrientes y de otros parámetros como el pH y los sólidos en suspensión. Los ríos Mejicano, Chagui y Rosario presentaron disminución en el oxígeno para el primer muestreo del 2008, mientras que los ríos Patianga-Satinga y Chagui parecen estar afectados por el transporte de sedimentos en sus cuencas.

Los impactos de contaminación por hidrocarburos están centrados en la Ensenada de Tumaco por la actividad portuaria y marítima que en ella se realiza y el inminente riesgo que representa un puerto petrolero. Su presencia en las aguas costeras del departamento es el resultado del inadecuado manejo que se da a los subproductos del petróleo, principalmente, lubricantes y combustibles utilizados en las embarcaciones.

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 señalando la importancia de extender en un futuro el análisis a otras matrices ambientales. Tal como ocurre en el sector de la Bahía Interna de Tumaco donde la contaminación crónica a causa del manejo de combustibles a generado contaminación sobre el bentos y los organismos, además de acumulación en sedimentos, sobrepasando los niveles de referencia para estas matrices (3.9 µg/g de sedimento y 5 µg/g en organismo).

Los niveles de OC en la actualidad son muy inferiores al valor de referencia adoptado (<30 ng/L), sin embargo, La presencia aún de estos residuos y su tendencia descendente supone que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aun se encuentran en el medio debido a su persistencia es el caso de DDT y aldrin (ALD).

En el sector norte el desarrollo agrícola es incipiente, lo que supone que la presencia de OC en el medio fue debida a otros fines (campañas contra la malaria, inmunización de la madera o cultivos ilícitos); en la

actualidad la zona que mantiene un riesgo medio de contaminación por OC es la Ensenada de Tumaco y el sector sur relacionado con los drenajes terrestres que allí desembocan.

Los ríos Mira, Mataje, Patía e Iscuande, a través del tiempo aportan las mayores concentraciones de CTT y CTE, debido a la descarga directa de aguas servidas y desechos orgánicos que realizan las poblaciones ribereñas Tumaco, Francisco Pizarro y Santa Bárbara de Iscuande.

Para el primer semestre del primer del 2008 las playas Bocagrande, el Morro y Salahonda no son aptas para las actividades de contacto primario y secundario, según los límites establecidos por la legislación colombiana.

Los metales plomo, cadmio y cromo analizados en las aguas costeras en el departamento de Nariño, no muestran concentraciones que generen mayor riesgo de contaminación según la escala aplicada, las mayores concentraciones se han registrado en los años 2001 y 2002 mostrando una tendencia general a disminuir en el tiempo de todos los elementos estudiados.

## BIBLIOGRAFÍA

- AEMA - (Agencia Europea de Medio Ambiente). 2006. La degradación continuada de los litorales europeos amenaza el nivel de vida de los ciudadanos. EEA Briefing. 2006, 03. ISSN 1830-2254.
- Acevedo, G. 2004. Política Nacional del Agua. Memorias XV Convención Científica Nacional: Mares, Ríos y Aguas Interiores, 8-20. Octubre 21-23. Cartagena- Colombia.
- Ansari, T.M., L.I. Marr y N. Tarid. 2004. Heavy metals in marine pollution perspective-A mini review. Journal of Applied Sciences 4(1): 1-20.
- Arrigo, K.R. 2005. Marine microorganisms and global nutrient cycles. Nature, 437: 349-355.
- Atwood D.K., F.J. Burton, J.E. Corredor, G.R. Harvey, A.J. Mata-Jimenez, A. Vasquez-Botello y B.A. Wade. 1988. Petroleum Pollution in the Caribbean. Oceanus. 30(4): 25-32.
- AUGURA – (Asociación Bananeros de Colombia). 2008. Coyuntura bananera colombiana. 34 p.
- Begon, M., C. Townsend y J. Harper. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. 4th ed. Blackwell Publishing Ltd. Oxford 700 p.
- Bernal G., G. Poveda, P. Roldán y C. Andrade. 2006. Patrones de variabilidad de las temperaturas superficiales del mar en la costa caribe colombiana. Revista de la Academia Colombiana de las Ciencias, 30(115): 195-208.
- Betancourt J. M. y G. Ramírez. 2005. Estudio de los procesos relacionados con la presencia de plaguicidas organoclorados en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Boletín del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, 34: 121-139.
- Betancourt-Portela, J.M., J. Sanchez, W. Troncoso, J. Garay, M. Caviedes, J. Lopez y G. Arteaga. 2006. Evaluación de la contaminación por hidrocarburos petrogénicos en la Bahía de Tumaco (Nariño). Informe técnico final. Invemar, Santa Marta 35 p.
- 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.
- Brownella, M.J., V.J. Harwooda, R.C. Kurzb, S.M. McQuaiga, J. Lukasik y T.M. Scottc. 2007. Confirmation of putative stormwater impact on water quality at a Florida beach by microbial source tracking methods and structure of indicator organism populations. Water Research 41: 3747 – 3757.
- Bur, A. 2008. Turismo y Contaminación Ambiental. Instituto Superior de Enseñanza del A.C.A. [www.iseaca.edu.ar](http://www.iseaca.edu.ar) Con acceso el 07/11/2008.
- Bustos, M. C., A. Vargas y M.C Niño De Villaveces. 1996. Evaluación de la contaminación por metales traza en zonas del Pacífico Colombiano. Memorias del 2nd International Symposium: Environmental Geochemistry in Tropical Countries. Cartagena. 303 p.
- Cala, P. y Södergren., A. 1999. Occurrence and distribution of organochlorine residues in fish from the Magdalena and Meta rivers in Colombia. Toxicological and Environmental Chemistry, 71: 185-195.
- Calderon, R.L., E.W. Mood y A.P. Dufour. 1991. Health effects of swimmers and nonpoint sources of contaminated water. International Journal of Environmental Research, 1: 21–31.
- Calero, L. y R. Casanova. 1997. Evaluación de algunos parámetros físico-químicos y sustancias contaminantes en el Pacífico Colombiano. Boletín Científico CCCP. 6: 29-44.
- CARDIQUE. 2007. Diagnostico de los residuos peligrosos generados en la ciudad de Cartagena de Indias, por las actividades industriales, servicios, establecimiento de plan de acción y desarrollo de una guía para la gestión ambiental adecuada de estos residuos. (Informe final). - Guía técnica para la gestión adecuada de residuos o desechos peligrosos - Respel. Ed. E. De J.L. León Guzmán. Cartagena, Tomo II 75 p.
- Casanova, R. F, 1996. Estudio de la contaminación por compuestos organoclorados en la costa Pacífica colombiana. Tumaco. Boletín Científico del CCCP. 5: 141-159.
- Casanova R.F. y L.A. Calero, 1997. Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y sustancias contaminantes en el pacífico colombiano. Bol. Cient. CCCP 6:29-43.



- Casanova R., J. M. Betancourt y L. A. Castro. 2001. Evaluación de los niveles de Hidrocarburos aromáticos en sedimentos Marinos de la Ensenada de Tumaco. Tumaco. Boletín Científico del CCCP (8): 22-26 pp.
- Castro. L. A, 1998. Estudio de la contaminación por plaguicidas en ecosistemas costeros en el área de Cartagena, Ciénaga de la Virgen y zonas agrícolas adyacentes. IAEA/CIOH. CIOH. Cartagena, Colombia. Boletín Científico 18: 15-18.
- CCO. 2007. Política nacional del océano y los espacios costeros. Litoflash, Santa Marta. 56 p.
- Chester, R. 1993. Marine geochemistry. Chapman & Hall, London. 683 pp.
- Chouksey M.K., A.N. Kadam y M.D. Zingde. 2004. Petroleum hydrocarbon residues in the marine environment of Bassein–Mumbai. Marine Pollution Bulletin. 49: 637–647.
- CONAMA – Consejo Nacional del Medio Ambiente. 2000. Resolución N° 274 del 29 de noviembre. Revisión de los criterios de balnearios en aguas Brasileñas. Ministério del Medio Ambiente. Disponible desde Internet en: <http://www.mma.gov.br/port/conama> Com acceso el 12 julio de 2007.
- CORALINA, 1999. Proyecto monitoreo de la calidad ambiental del archipiélago. Corporación para el desarrollo sostenible del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. San Andrés Islas, 123 p.
- Cortés, L. M. 1997. Estudio y evaluación de metales traza (Cd, Cu, Cr, Hg y Pb) en aguas y sedimentos marinos superficiales de la costa Pacífica colombiana. Tesis de grado (MSc en Ciencias Químicas). Santiago de Cali, 11 pp. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Área Química.
- CPPS – (Comisión Permanente del Pacífico Sur). 2000. Estado del Medio Ambiente Marino y Costero del Pacífico Sudeste. Plan de acción para la protección del medio marino y áreas costeras del Pacífico Sudeste. Quito: CPPS, Ecuador, 166 pp.
- CRC, 2002. Plan de Gestión Ambiental Regional del Departamento del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC. Popayán, 209 pp.
- DANE. 2002. Dirección de síntesis y cuenta nacionales. Documento en línea, disponible desde Internet en: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/ena/Result\\_fin\\_arroz\\_2002.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/ena/Result_fin_arroz_2002.pdf). 06/10/2008 Con acceso el 15 de septiembre de 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). 2008. Proyecciones municipales de población 2005-2011 sexos y grupo de edad. <http://www.dane.gov.co/> Con acceso el 28/10/2008.
- DNE (Dirección Nacional de Estupefacientes). 2004. Observatorio de drogas de Colombia. Acciones y resultados 2003. Imprenta Nacional, Bogotá. 225 p.
- DNP - Departamento Nacional de Planeación. 2007. 2019 Visión Colombia II Centenario. Aprovechar el territorio marino-costero en forma eficiente y sostenible. Propuesta para discusión. Excelsior Impresores. Bogotá. 101 p.
- 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.E. Wright, A. Abdelzaher, H.M. Solo-Gabriele, L.E. Fleming, G. Millerc, M. Rybolowik, M.P. Shih, S.P. Pillaid, J.A. Cooper y E.A. Quaye. 2007. Quantitative evaluation of bacteria released by bathers in a marine water. Water Research 41: 3 – 10.
- Epstein, P.R. 1998. Marine ecosystems: emerging diseases as indicador of change. Year of the Ocean Special Report on Health of the Oceans from Labrador to Venezuela. Center for Health and the Global Environment, Harvard Medical School, Boston, Massachusetts. 120 p.
- Escobar, J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Naciones Unidas. CEPAL - SERIE Recursos naturales e infraestructura N° 50.
- Espinosa, L. F., Campos, N. H. y Ramírez, G. 1995. Residuos de plaguicidas organoclorados en *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. Caldasia, 20(1): 44-56.
- EPD (Environmental Protection Department, Hong Kong). 2003. Water quality criteria / standards adopted in the Asia Pacific Region. Phase 1. Marine Resource Conservation Working Group Asia Pacific Economic Cooperation. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region of the People's Republic of China. 78 p.



- Estados Unidos Mexicanos. 1996. Norma Oficial Mexicana (NOM-001-ECOL-1996), que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario oficial, 20 p.
- Farreras, S. 2006. Hidrodinámica de las algunas costeras. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Méjico, 189 p.
- Fournier M.L. y A. Fonseca 2006. La zona marino-costera. Décimo tercer informe estado de la nación en desarrollo humano sostenible. Informe Final. Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible, 96 p.
- Gámez, J. D. 2002. Impacto sobre las aguas costeras adyacentes al emisario submarino de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis Ing. Medio Ambiente., Universidad de la Guajira, Riohacha. 88 p.
- Garay, J., L.A. Castro y C. Ospina. 1992. Contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo en el litoral Caribe colombiano, Cispata hacia Riohacha. Boletín Científico CIOH. 10:13-26.
- Garay, J. A. y L.A. Castro. 1993. Niveles de hidrocarburos del petróleo en la isla de San Andrés – Caribe Colombiano. Boletín Científico CIOH 13: Cartagena, Colombia.
- Garay, J. 1993. Estado actual de los muelles de Cartagena de Indias en cuanto a facilidades de recepción de residuos provenientes de buques acuerdo MARPOL 73/78. Boletín Científico CIOH 14: 47-66.
- Garay, J., B. Marín, G. Ramírez, A. Vélez, W. Troncoso, H. Lozano, J. Acosta, B. Cadavid, A. Lancheros, O. Medina y M. Rendón. 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 final. Santa Marta, 250 p.
- Garay, J., A. Vélez y J. Vivas. 2004. Programa nacional de investigación, evaluación, prevención, reducción y control de fuentes terrestre y marinas de contaminación al mar - PNICM. Plan de acción 2004-2014. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis” – INVEMAR. Santa Marta, 110 p.
- Garay-Tinoco, J.A., D.I. Gómez-López y J. R. Ortiz-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.
- Garzon –Ferreira J. 1998. Problemática ambiental en los mares colombianos. Colombia patria de tres mares. Lisboa. Expolisboa 98: 214-220.
- Gasperi, J., S. Garnaud, V. Rocher y R. Moileron. 2008. Priority pollutants in waster and combined sewer overflow. *Sciences of The Total Environment*. Article in Press.
- Gomez, L.C., N.H. Campos y G. Ramírez. 1995. Acumulación y depuración de Aldrin en *Crassostrea rhizophorae* de la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Revista de Biología Tropical*. 43 (1-3):161-172.
- 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.
- Gonzalez J.J., L. Viñas, M.A. Franco, J. Fumega, J.A. Soriano, G. Grueiro, S. Muniategui, P. López-Mahía, D. Prada, J.M. Bayona, R. Alzaga y J. Albaigés. 2006. Spatial and temporal distribution of dissolved/dispersed aromatic hydrocarbons in seawater in the area affected by the Prestige oil spill. *Marine Pollution Bulletin* 53: 250-259.
- Granobles, G. L. 1999. Determinación de mercurio en agua y sedimentos marinos en la bahía de Tumaco. Santiago de Cali, 44 p. Tesis de grado (Química). Universidad del Valle. Departamento de Ciencias. Facultad de Química.
- 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. 21 p.
- Harrison, J. y Perry, B. 1975. Human effects from oil discharges. En: *La contaminación marina en el Pacífico Colombiano bajo un enfoque social y económico*. Boletín Científico del CCCP. 5:
- Hudson, N.W. 1997. Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía. Documento técnico Nro 68 de la FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Silsoe Associates, 64 p.
- IGAC, 2002. Atlas de Colombia. 5 ed. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Imprenta Nacional, Bogotá. 320 p.

- IDEAM (ed). 2002. Conceptos, definiciones e instrumentos de la información ambiental de Colombia. Sistema de información Ambiental de Colombia (SIAC). Bogotá. Tomo 1, 270 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. Base de datos de la REDCAM. La información de la base de datos esta disponible desde Internet en: [http://www.invemar.org.co/consul\\_estadisticas.jsp](http://www.invemar.org.co/consul_estadisticas.jsp) Con acceso el 3 de octubre de 2008.
- Lara C., J. Valderrama y M. Valderrama. 1977. Ensayos de toxicidad aguda sobre algunas especies ícticas colombianas mediante sistemas estáticos. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, seccional Caribe. Facultad de Biología Marina. Cartagena, 1783 p.
- Lerman, A. 1981. Controls on River Water Composition and the Mass Balance of River Systems, In: Sesión I of River Inputs to Ocean Systems- Taller de Trabajo ACMRR/SCOR/GESAMP-Rios, FAO, Roma 26-30 de Marzo de 1979, UNESCO-COI/PNUMA, Naciones Unidas, Nueva York.
- Leyva P. 2001. El medio ambiente en Colombia. IDEAM, Bogotá. 530p.
- Lonin, S. 2003. Modelación hidromorfodinámica de las playas del Caribe Colombiano. 89-101. En: N. Campos y A. Acero (Eds). Contribuciones en ciencias del mar en Colombia. Investigación y desarrollo de territorios promisorios. Red de estudios del mundo marino- REMAR. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 260 p.
- Maldonado C. y J.M. Bayona. 2002. Organochlorine Compounds in the North-western Black Sea Water: Distribution and Water Column Process. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 54(3): 527-540.
- Mallin, M. A., K. E. Williams, E. C. Esham y R.P. Lowe. 2000. Effect of human development on bacteriological water quality in coastal watersheds. Ecological Applications, 10(4): 1047-1056.
- Marin, 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.
- Marin, B., W. Troncoso, J. Acosta, M. Gómez y J. Betancourt. 2003. Sistema de Indicadores de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia, INVEMAR. Informe técnico final, Santa Marta. 184 p.
- Marín, B., J. Garay, W. Troncoso, J. Acosta, J. Betancourt, M. Gómez, L. Vivas, B. Cadavid y G. Ramírez. 2004. 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. INVEMAR. Santa Marta, diciembre 2004. 304 p.
- Martínez, J. 1978. Incidencia de pesticidas agrícolas en la zona bananera del Magdalena y contaminación en las aguas de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INDERENA, Div. Pesq. 10 (5): 1-14.
- Marrugo, A. J. 1993. Estudio de la contaminación marina por hidrocarburos en el Pacífico Colombiano – Fase III. Boletín Científico del CCCP. 4: 47-60.
- Marrugo, A. y C. Gallo. 1988. Estudio preliminar de la contaminación por aceites y grasas en el río Mira y su correlación con algunos parámetros fisicoquímicos. Informe técnico Biblioteca Centro Control Contaminación del Pacífico. 21 p.
- MinAmbiente, 2000. Auto No. 153 del 30 de marzo del 2000, Santa Fe de Bogotá. 55p.
- MinAgricultura (Ministerio de Agricultura). 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 Pág.
- MinDesarrollo (Ministerio de desarrollo económico). 2002. Sistemas de Acueducto. En: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS-2000. Sección II, Título B. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Santa Fe de Bogotá D. C., 206 p.
- 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.
- Morales, C. 2001. Las Nuevas fronteras tecnológicas: promesas, desafíos y amenazas de los transgénicos. Santiago de Chile CEPAL. Serie Desarrollo productivo No. 101. 23 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.
- Niiler, P. 2000. The World ocean surface circulation. Current, Drifter Buoys; *Journal of marine education* 16 (1): 11-13.
- NOAA. 1990. A special 20<sup>th</sup> anniversary report, coastal environmental quality in the United States, chemical contamination in sediments and tissues. Washington. 6 p.
- 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.
- Ojeda, E y R. Arias. 2000. Informe Nacional sobre la Gestión del agua en Colombia. Recursos hídricos, Agua potable y Saneamiento. En <http://www.eclac.cl/DRNI/proyectos/samtac/InCo00200.pdf> 05/11/2008.
- OMS - (Organización Mundial de la Salud). 2003. Guidelines for safe recreational water environments. Coastal and fresh waters, vol 1. 219 p.
- Oros D. R. y J. R. Ross. 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons in bivalves from the San Francisco estuary: Spatial distributions, temporal trends, and sources (1993–2001). *Marine Environmental Research* 60: 466–488.
- 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. *Boletín Científico del CIOH*, 4: 49-110.
- Páez, M. I. y A. Granada. 1993. Evaluación cualitativa de la contaminación por el uso de plaguicidas en la región comprendida entre el río Mira y el río Caunapí en la Bahía de Tumaco. *Revista de ciencias Universidad del Valle, Cali*. 95-107 p.
- PAHO - (Pan American Health Organization). 2003. Promoting the healthy, safe use of recreational waters. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 14(5): 364-369.
- Pandit G.G, S.K. Sahu, S. Sharma y V.D. Puranik. 2006. Distribution and fate of persistent organochlorine pesticides in coastal marine environment of Mumbai. *Environment International*, 32(2): 240-243.
- Pinilla C.C. 2003. Indicadores de contaminación fecal en aguas. En: Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. RIPDA- CYTED© CYRA-UAEM Cáp. 20. pp. 30-239. México.
- Plata, J., Campos, N. y Ramírez, G. 1993. Flujo de compuestos organoclorados en las cadenas tróficas de la Ciénaga de Santa Marta. *Caldasia* 17 (2): 199-204.
- PNUMA, 1994. Perspectiva regional sobre las fuentes de contaminación de origen terrestre en la región del gran Caribe. Informe técnico del PAC No. 33. Kingston, Caribbean Programme. 61 p.
- PNUMA. 1999. Evaluación de las fuentes terrestres y actividades que afectan al medio marino, costero y de aguas dulces asociadas en la región del Gran Caribe. Informes y estudios del programa de mares regionales del PNUMA # 172. PNUMA/Oficina de coordinación del PAM/Programa Ambiental del Caribe, 135 p.
- Posada, B. y W. Henao. 2008. Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe colombiano. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No 13. Santa Marta, 200 p.
- 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.
- Ramirez, G. 1998. Residuos de plaguicidas organoclorados en sedimentos de la Ciénaga Grande de Santa Marta: Caribe Colombiano *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*, 18: 127-136.
- Ramírez, G., J. Vivas, J.Garay y B. Marín. 2006. Inventario y caracterización de fuentes terrestres fijas de contaminación sobre las áreas marinas y costeras del Caribe colombiano. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR. Santa Marta. 23 p.
- Rodríguez, L. y R. Barros. 2007. Simulación hidrodinámica y de calidad del agua en el área de influencia de las descargas del emisario submarino en la bahía de Santa Marta. Tesis de grado. Programa ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad del Magdalena. Santa Marta. 222 p.
- 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.
- Secué, A. 2005. Implantación del Sistema de Monitoreo, Control y Evaluación de la Calidad Ambiental en el Archipiélago. Informe técnico, CORALINA. San Andrés Isla, 30 p.

- Sericano, J., T. Wade, T. J. Jackson, J. M Brooks, B. W Tripp, J.W. Farrington, L.D. Mee, J.W Readman, J. P. Villeneuve y E.D. Goldberg. 1995. Trace organic contamination in the Americas: An overview of the US National Status & Trends and the International "Mussel Watch" Programmes. *Marine Pollution Bulletin*, Vol 31, Nos. 4-12 pp 214 – 225.
- Spalding, M, C. Ravilious y E. Green. 2001. *World Atlas of Coral Reefs*. University of California Press. Berkeley, USA. 424 p.
- Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura – SPRBUN. 2008. Información para comercio exterior. Estadísticas de exportaciones e importaciones para el año 2007-2008. <http://www.sprbun.com> Con acceso el 27/10/2008.
- Sterner, R. W. y J. J. Elser. 2002. *Ecological Stoichiometry: The Biology of the Elements from Molecules to the Biosphere*. Princeton Univ. Press, New Jersey, 584 p.
- Suárez, M. 2002. Tendencia actual del Estreptococo como indicador de contaminación fecal. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 40(1):38-43.
- Supertransporte - Superintendencia de puertos y servicios. 2008. Anuario estadístico 2007. [www.supertransporte.gov.co](http://www.supertransporte.gov.co) Con acceso el 30/11/2008.
- 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. Ed. DIMAR. Serie Publicaciones Especiales Vol. 3, San Andrés de Tumaco, 120 pp.
- 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 de Colombia. Informe técnico final. Santa Marta, 89 p.
- Troncoso, W., L.J. Vivas, J. Acosta, G. Ramírez, J. Betancourt, J.P. Parra, S. Narváez, J. Sánchez y B. Cadavid. 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 final, Santa Marta, 162 p.
- Uchino M, Y. Tanaka, Y. Ando, T. Yonehara, A. Hara y I. Mishima. 1995. Neurologic features of chronic minamata disease (organic mercury poisoning) and incidence of complications with aging. *Journal of Environmental Sciences Health*; 30: 699-715.
- UNESCO, 1984. Manuales y guías No. 13 de la COI. Manual para la vigilancia del aceite y de los hidrocarburos del petróleo disueltos/dispersos en el agua de mar y en las playas. 87pp.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1992. The National Estuary Program after years- a report Congress. EPA 503/9-92/007. United States Environmental Protection Agency, Washinton, D.C.
- Walker, C y D. R. Livingstone, 1992. Persistent pollutants in marine ecosystems. A special publication of SETAC. Pergamon Press, New York. 270p.
- Wilson, D. y K. Leaman. 2000. Transport pathway through the Caribbean: The tropical origins of the Gulf stream. *Current* 16(1): 14 – 17.
- Yepes, P. 1999. Las playas en la gestión sostenible del litoral. Cuadernos de turismo, 4: 89-110.
- Yu-Feng G., W. Ji-Zhong, N.Hong-Gang y E.Y. Zeng. 2008. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in riverine runoff of the Pearl River Delta, China: Assessment of mass loading, input source and environmental fate. *Environmental Pollution*. In Press.
- Zamboni, I., M. Ballesteros and A. Zamudio. 2006. Characterization of humic and fulvic acids from a mollisol under two different coverlands. *Rev. Colomb. Quim.*35(2): 191-203.
- Zhan, J., W. Huang, S. Lin, M. Liu, Q. Yu y H. Wang. 1992. Transport of particulate heavy metals toward the China sea: A preliminary study and comparison. *Marine Chemistry*, 40(3-4): 161-67.
- Zhou F., H. Guo, Yong L., Yumei J. 2007. Chemometrics data analysis of marine water quality and source identification in Southern Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin* 54: 745–756.
- Zi-wei Y., J. Gui-bin y Xu Heng-zhen. 2002. Distribution of organochlorine pesticides in seawater of the Bering and Chukchi Sea. *Environmental Pollution*,116(1): 49-56.