

invemar

Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico Colombiano 2009

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, 2009

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

2009

**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, 2009

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 INVEMAR

FRANCISCO ARMANDO ARIAS ISAZA
Director General

JESÚS ANTONIO GARAY TINOCO
Subdirector Coordinación de Investigaciones

CARLOS PINILLA GONZALEZ
Subdirector Recursos y Apoyo a la Investigación

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

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

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

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

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

EQUIPO TÉCNICO Y CIENTÍFICO INVEMAR

WALBERTO TRONCOSO OLIVO
Coordinador Proyecto y Físicoquímicos

JULIÁN MAURICIO BETANCOURT
Coordinador Laboratorios

SILVIA NARVÁEZ y JOSÉ GREGORIO SÁNCHEZ
Microbiología y Físicoquímicos

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

LUIS ADRIÁN ECHEVERRY
Hidrocarburos y Plaguicidas

JUAN PABLO PARRA
Metales pesados

OSMAN ARAGÓN, HALBIN SERRANO, DEIVIS FLOREZ, BETTY CADAVID, PAOLA BAUTISTA y CARLOS HENRY
Laboratorios de Calidad Ambiental Marina

LEONARDO ARIAS ALEMÁN
Laboratorio Sistema de Información

JESÚS A. GARAY TINOCO Y LUISA F. ESPINOSA
Asesores

Cítese como:

Troncoso, W., L. Vivas, J. Sánchez, S. Narvaez, L. Echeverry y J. Parra. 2009. 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 2009. INVEMAR. Santa Marta, 185 p.

INFORME TÉCNICO 2009

COMPILACIÓN Y EDICIÓN

Walberto Troncoso, Lizbeth Janet Vivas, Silvia Narvárez y 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 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 Jaiker Gómez

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

Raúl Mésquida

Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá - CORPOURABA

Jairo Guillermo Vázquez y José Nelson Morales

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés,

Providencia y Santa Catalina - CORALINA

Patricia Abdul-Azis y Cindy Fortune

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico - IIAP

Lady Palacios

Establecimiento Público Ambiental de Cartagena - EPA Cartagena

Andrés Blanco

ESTUDIANTES

Sandra Mancilla, Jocelyn Beleño, Martha Niño, Marcos Carvajalino, Ana Yelitza Díaz, Nairys Atencio, Jorge Sánchez y Tania Cordoba



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
GENERALIDADES	3
1. ÁREA DE ESTUDIO	5
2. METODOLOGÍA	6
2.1 VARIABLES MEDIDAS	6
2.2 MÉTODOS ANALÍTICOS	6
2.3 SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN: BASE DE DATOS Y CARTOGRAFÍA.....	9
DIAGNÓSTICO NACIONAL	13
3. ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL CARIBE Y PACIFICO COLOMBIANO	15
3.1 FUENTES TERRESTRES DE CONTAMINACIÓN	15
3.2 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS	25
3.3 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES	27
COSTA CARIBE	35
4. ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS EN LA COSTA CARIBE	37
4.1 FUENTES TERRESTRES DE CONTAMINACION	37
4.2 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS	45
4.3 PRESENCIA DE CONTAMINANTES	57
4.4 SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA.....	53
4.5 LA GUAJIRA	61
4.6 MAGDALENA.....	71
4.7 ATLÁNTICO	81
4.8 BOLIVAR.....	91
4.9 SUCRE	99
4.10 CÓRDOBA	109
4.11 ANTIOQUIA	117
COSTA PACÍFICA	127
5. ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS EN LA COSTA PACIFICA ...	129
5.1 FUENTES TERRESTRES DE CONTAMINACIÓN	129
5.2 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS	134
5.3 PRESENCIA DE CONTAMINATES EN EL PACÍFICO	135
5.4 CHOCÓ.....	141
5.5 VALLE DEL CAUCA	151
5.6 CAUCA.....	159
5.7 NARIÑO	169
BIBLIOGRAFÍA	179

INTRODUCCION

El compromiso mundial por un mejor ambiente, esta plasmado en muchos documentos como el publicado después de la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas, celebrada en septiembre de 2000 y en la que los líderes mundiales acordaron una serie de objetivos cuantificables y de duración determinada, destinados a luchar contra la pobreza, el hambre, la enfermedad, el analfabetismo, la degradación del medio ambiente y la discriminación contra las mujeres (Naciones Unidas, 2008). A pesar de los esfuerzos realizados, es claro que falta mucho por hacer, pero se ha establecido el compromiso tanto de los países como de los organismos internacionales para realizar labores en beneficio de mejorar la vida del ser humano.

La mejora del ambiente del planeta, es una de las tareas que Las Naciones Unidad ha emprendido a través de los programas que ejecuta la oficina del PNUMA. Colombia, como signataria de varios de los convenios internacionales que busca la mejora ambiental en su región no esta ajena a estos esfuerzos; convenios como el de Cartagena y sus protocolos, el Plan de Acción Mundial (PAM) para protección del medio marino de las actividades terrestres, el Programa Ambiental del Caribe (PAC), entre otros son esfuerzos por alcanzar un ambiente sostenible (Garay *et al.*, 2004).

En nuestro país ya existen varia iniciativas, que tienden a mejorar el estado ambiental del país, buscando los objetivos del milenio a través de planes CONPES y los planes sectoriales que cada ministerio debe implementar para cumplir las Metas del Milenio en nuestro país. Programa Nacional de Investigación, Evaluación, Prevención, Reducción y Control de fuentes terrestres y marinas de Contaminación al Mar (PNICM; Garay *et al.*, 2004). Como una de las tareas del programa PNICM, esta la evaluación y el seguimiento a la calidad de los ambientes marino-costeros, el INVEMAR específicamente realiza el seguimiento de la calidad de las aguas marinas, mediante la actividad de la Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia – REDCAM (Garay *et al.*, 2001).

La REDCAM, además de hacer el seguimiento de la calidad de las aguas, se ha constituido en el reservorio de la información ambiental marina del país, mediante la implementación de una base de datos acoplada a una serie de módulos que permiten consultar los diferentes parámetros medidos en sitios específicos y en gráficos diferentes que pueden ser escogidos según los requerimientos de información. 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.

En la actividad de la REDCAM, se conjuga la interacción entre diferentes entidades con la participación de técnicos y administradores para el sostenimiento de las actividades que le permiten al país contar con este tipo de herramienta que ha sido galardonado en diferentes escenarios de la actividad nacional.

Durante los años de labor, se ha evidenciado que los vertimientos de aguas residuales es la principal amenaza a las aguas costeras colombianas, esos vertimientos proceden en su mayoría de los poblados y ciudades costeras (DANE, 2009). Es de resaltar que muchos de estos sitios costeros, presentan un interés turístico tanto en el nivel nacional como internacional (Cartagena, Santa Marta, San Andrés, Coveñas, etc.). Por lo anterior, la protección y conservación ambiental de dichas playas debería convertirse en prioridad nacional. Las inversiones en infraestructura turística del país, no serán suficientes para “vender” servicios turísticos en el país, si no se puede mejorar las condiciones del agua para los bañistas y de una mejor conservación de los hábitats, ambientes naturales u otros paisajes naturales que son el objeto de las visitas del turista.

Debido a que la mayoría de los vertimientos los realizan los municipios costeros, se espera que el sector estatal continúe con el esfuerzo por mejorar los sistemas de tratamiento existentes e implementar los mismos en donde aun no existan; sin olvidar, que el sector industrial (puertos, hoteles, marinas, etc.) son usuarios permanentes de estos recursos y por lo tanto el compromiso con los mismos deberá ser tan

importante o mayor al estatal. Algunas actividades marítimas, aun se consideran como amenazas que deben ser atendidas y disminuidas en la medida que se tome conciencia de la importancia del recurso.

En el informe se realiza 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, haciendo énfasis en las estaciones que puedan ser las de mayor problemática por eventos de contaminación o que han presentado variación brusca de las condiciones naturales de sus aguas. En dos zonas costeras de importancia (Caribe y Pacífico), se ha realizado una caracterización de las principales actividades humanas que se constituyen en fuentes de sustancias con capacidad de disminuir la calidad de las aguas marinas.

Generalidades



Laboratorio de química ambiental del INVEPAR, curso de técnicas para la determinación de nutrientes inorgánicos en agua de mar

GENERALIDADES

1. ÁREA DE ESTUDIO

Colombia posee territorios en la costa Pacífica, costa Caribe y territorio insular; con un total de 1'141.748 Km² del territorio colombiano, a lo que se le debe sumar 928.660 Km² de áreas marinas (Figura 2.1-1; IGAC, 2008). La gran extensión de área marina, le permite al país tener una reserva importante de recursos, de los cuales una gran parte aún es inexplorada, pero ya ha sido visualizado como un recurso con gran potencial para el país. Debido a que en el pasado no se conocía todo el potencial de este recurso, frecuentemente fue utilizado como sumidero de aguas residuales o de basuras. En la actualidad, el panorama ha cambiado poco a poco, pero muchos vertimientos de aguas residuales se mantienen (Troncoso *et al.*, 2007), aunque muchos generaron problemas de contaminación en el pasado (PNUMA, 1999), en la actualidad han mejorado. Estos resultados han sido registrados por el seguimiento que se viene realizando sobre la calidad de las aguas marino-costeras, cuando el país ha iniciado los programas como la REDCAM que permitan cumplir con algunos de los compromisos firmados en el plano internacional y nacional, según lo expresado en la política nacional del océano y de los espacios costeros (CCO, 2007).



Figura 2.1-1. Mapa de Colombia y de sus zonas costeras, incluidas las oceánicas (SIAM - INVEMAR, 2009).

2. METODOLOGÍA

Por su ubicación geográfica cercana al Ecuador, el territorio colombiano está influido por los cambios atmosféricos que genera la zona de confluencia intertropical y su desplazamiento a lo largo del año (IDEAM, 2008), lo que hace que el país presente en la mayor parte del territorio dos períodos climáticos definidos: período de secas (entre diciembre y abril) y el de lluvias (entre septiembre y noviembre). En medio de estos períodos se presentan los de transición, en los cuales el clima no sigue un patrón definido.

Las salidas a campo y la recolección de muestras para la medición de los diferentes parámetros indicadores, se realiza teniendo en cuenta estos períodos climáticos, pero con la ampliación de los tiempos, pues se realizan muestreos en cada semestre del año.

La toma de muestras, se realiza de manera coordinada entre el INVEMAR y cada corporación en su área de jurisdicción, para lo cual se desplazan los técnicos e investigadores a las estaciones, por vía terrestre o marítima con excepción de las zonas costeras de San Andrés, Bolívar, Antioquia y Valle del Cauca, pues allí las corporaciones hacen la labor de campo. 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.

La información obtenida a partir de los análisis de laboratorio, se estandariza y se 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, en donde también se consigna los métodos y unidades usadas en sus mediciones.

2.2 MÉTODOS ANALÍTICOS

La determinación de las diferentes variables, se realizó mediante las técnicas que se describen en el Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos (Garay *et al.*, 2003), que incluye métodos que referencia el libro “*Métodos de Referencia Estándar*”, los Manuales de Referencia de la UNESCO, Standard Métodos y el manual de Strickland y Parsons (1968), utilizados internacionalmente ya que sus conceptos técnicos aun se mantienen vigentes.

2.2.1 Físicoquímicos.

La Tabla 2.2-1 relaciona los métodos usados en la determinación de las variables físicoquímicas y que se encuentran detallados en el Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físicoquímicos y Contaminantes Marinos (Garay *et al.*, 2003).

2.2.2 Indicadores de contaminación microbiológica

Una norma colombiana, señala 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 Organización Mundial de la Salud (OMS, 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, métodos de análisis y unidades de medida

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

La determinación tanto de Coliformes totales y fecales, sigue el método del recuento indirecto por tubos múltiples de fermentación expresado en el Número Más Probable (NMP) en 100 mililitros de agua siguiendo las recomendaciones de los métodos estándar (APHA/AWWA/WEF, 2005) y la norma establecida para las aguas colombianas (MinSalud, 1984).

La legislación colombiana a través del decreto 1594 (MinSalud, 1984), establece niveles permisibles para la destinación del recurso hídrico con fines recreativos mediante contacto primario como en la natación y el buceo, contacto secundario como en los deportes náuticos y la pesca. El decreto establece lo siguiente: 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

Los análisis químicos para los residuos de plaguicidas organoclorados (OC) en agua, siguen 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 sigue 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.

El procedimiento del análisis de los plaguicidas OC, incluye 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/ μ 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/ μ 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 μ m
Tipo de inyección	Splitless
Temperatura del inyector:	220 °C
Temperatura del detector:	310 °C
Flujo del gas auxiliar (N ₂):	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

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

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

2.2.5 Metales traza

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

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

La gestión de la información, incluye el almacenamiento de datos (previo trabajo de estandarización de los mismos), representación de los mismos mediante cartografía, que permite mantener una integración de toda la información en una base datos, centralizada en el nodo principal de la REDCAM, ubicado en el INVEMAR.

Este sistema 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 recopilada durante las salidas de campo y los resultados de laboratorio son organizados según localización geográfica (estación), fecha, variable y un código ya preestablecido en la base de datos, lo que sirve para identificar cada dato y de esta manera recuperarlos fácilmente. La información se puede 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).

2.3.1 Formas de salida de la información

La consulta de la información puede realizarse desde el portal de INVEMAR, la herramienta ofrece a sus usuarios varias opciones de consulta como el listado de las estaciones de muestreo, variables, módulo de estadísticas básicas, 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.

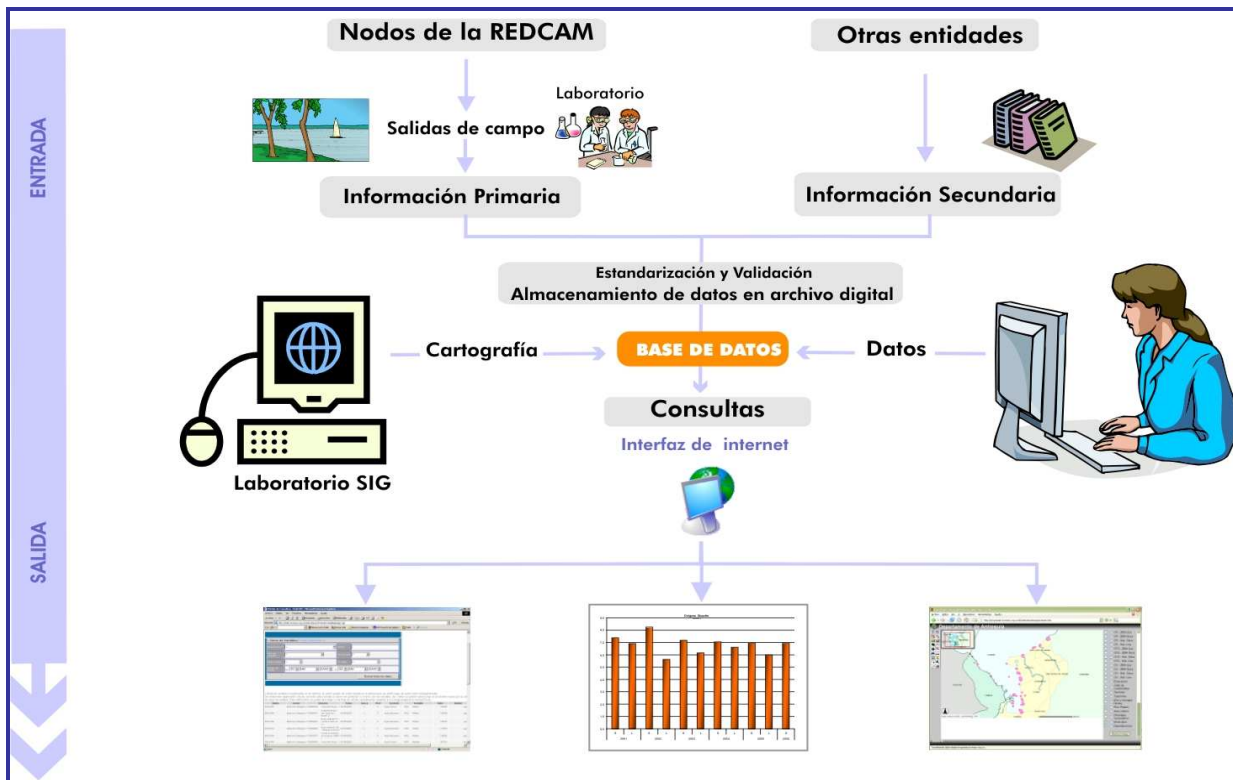


Figura 2.3-1. Entradas y salidas del sistema de información de gestión de base de datos de la información REDCAM.

Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia - SIAM

Inicio > Productos de Información > RedCAM

Red de Calidad Ambiental Marina REDCAM Inicio Legal Contactenos Ayuda

Estaciones de Monitoreo
 ▶ Listado de estaciones de monitoreo agrupadas por áreas geográficas o sectores.

Variables muestreadas
 ▶ Listado de variables muestreadas en los monitoreos.

Módulo de Estadísticas
 ▶ Filtre, busque y vea el comportamiento de las variables en las estaciones monitoreadas.
 ▶ Filtre y busque las estadísticas precalculadas de los parámetros predefinidos.

Indicador de la Calidad de las Aguas Marinas - ICAM
 ▶ Filtre, busque y vea en el mapa el ICAM para los parámetros indicados.

Ingreso, actualización y consulta de datos
 ▶ Solo para ingresar, actualizar y consultar datos puntuales obtenidos en cada uno de los muestreos, filtrando la información.
(Solo disponible para usuarios registrados en el sistema)

Cartografía dinámica en línea
 ▶ Calidad sanitaria de las playas
 ▶ Calidad de aguas marinas y costeras de Colombia

Sistema de Información Ambiental Marina- Condiciones de acceso y uso - Instituciones participantes: INVEMAR

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, vía Internet. www.invemar.org.co/siam

2.3.2 Estado Actual 2009

El sistema de información de la REDCAM contiene en la actualidad 277564 registros de 57 variables reportadas en 11282 muestras correspondientes a 15 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.

Tabla 2.3-1. Crecimiento de los datos en el Sistema de información de la REDCAM en el 2009.

<i>Año de operación</i>	<i>Estaciones de muestreo</i>	<i>Muestras analizadas</i>	<i>Registros almacenados</i>	<i>Total Variables</i>
2001	276	361	4515	42
2002	412	1376	18114	53
2003	779	5164	109230	56
2004	826	5974	122590	56
2005	826	6860	137042	57
2006	976	8595	164173	57
2007	976	9229	173734	57
2008	981	10324	191230	57
2009	981	11282	277564	57

Diagnóstico Nacional



Atardecer en San Andrés (hoyo soplador)

DIAGNÓSTICO NACIONAL

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

3.1 FUENTES TERRESTRES DE CONTAMINACIÓN

El riesgo y la peligrosidad de las fuentes de contaminación se relacionan con la capacidad de asimilación del ambiente, para procesar, dispersar, diluir o filtrar los residuos o efluentes que se incorporen al medio físico, transportándolos a lugares donde los impactos presenten baja o moderada agresividad, manteniéndolos por debajo de los niveles permitidos por la legislación vigente o de los estándares que se consideren aceptables (Fernández, 2006). Los factores externos que dan origen a una situación de riesgo representan la peligrosidad, por ello puede ser denominada “fuente del riesgo”, sea natural o inducida por la actividad humana, con el potencial para ocasionar daños. Las fuentes de contaminación del agua (Figura 3.1-1) pueden ser naturales, normalmente muy dispersas que no provocan concentraciones altas de contaminación, excepto en algunos lugares muy concretos ó antrópicas (actividades humanas) que presentan algún tipo de peligrosidad para la calidad del recurso hídrico.

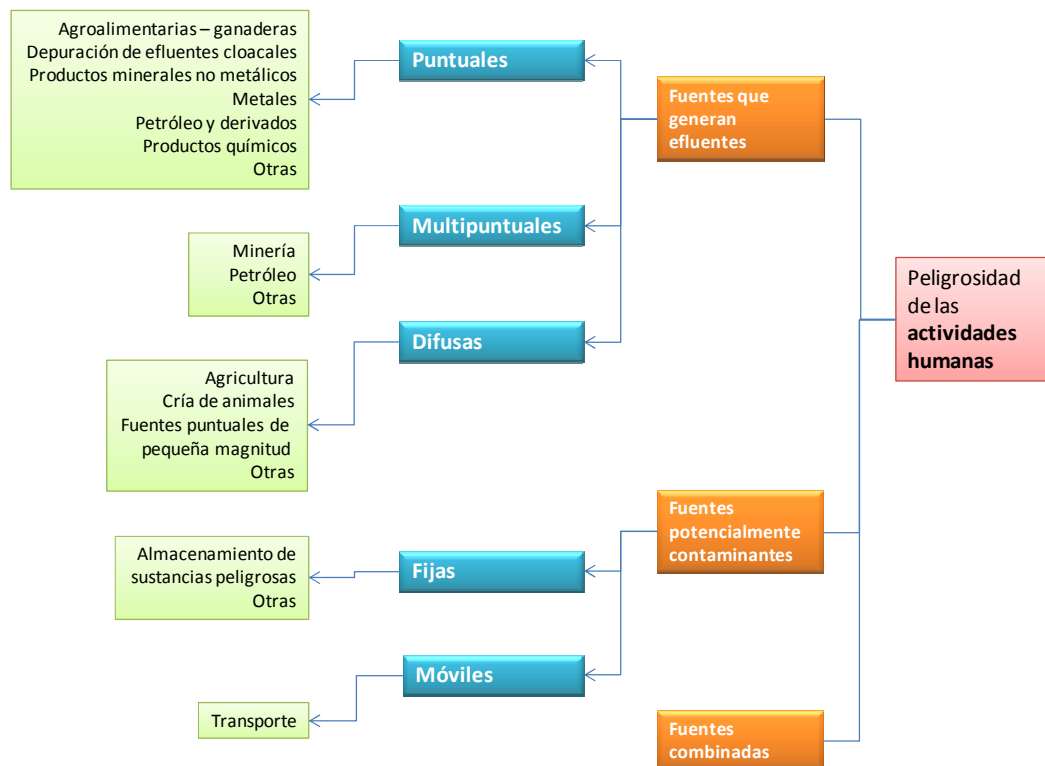


Figura 3.1-1. Tipos de fuentes de contaminación del recurso hídrico según modo de producir efluentes. Modificado de Fernández, 2006.

En Colombia como en el resto del mundo, el incremento de la población humana asociada a la zona costera conlleva al desarrollo urbano, comercial, industrial y agropecuario, lo que genera una gran

cantidad de residuos que afectan la calidad del agua, debido a que llegan al litoral y al mar por medio de diferentes vías como las descargas municipales, ríos, escorrentía agrícola, industrias, turismo, acuicultura, transporte marítimo, minería, arrastre por fuentes naturales, entre otras (Figura 3.1-2). Varios autores han considerado que la principal ruta directa de ingreso de contaminación son los ríos que desembocan en el mar, puesto que recogen en su trayectoria sedimentos y diversas sustancias, posiblemente causando impactos sobre los ecosistemas, la fauna y flora asociada (Zhou *et al.*, 2007; Escobar, 2002); de igual manera las aguas residuales municipales también ejercen una fuerte presión sobre el ambiente por el contenido de materia orgánica e inorgánica, nutrientes y microorganismos, debido al escaso o inadecuado tratamiento que se les proporciona en gran parte de la geografía nacional antes del vertimiento final.

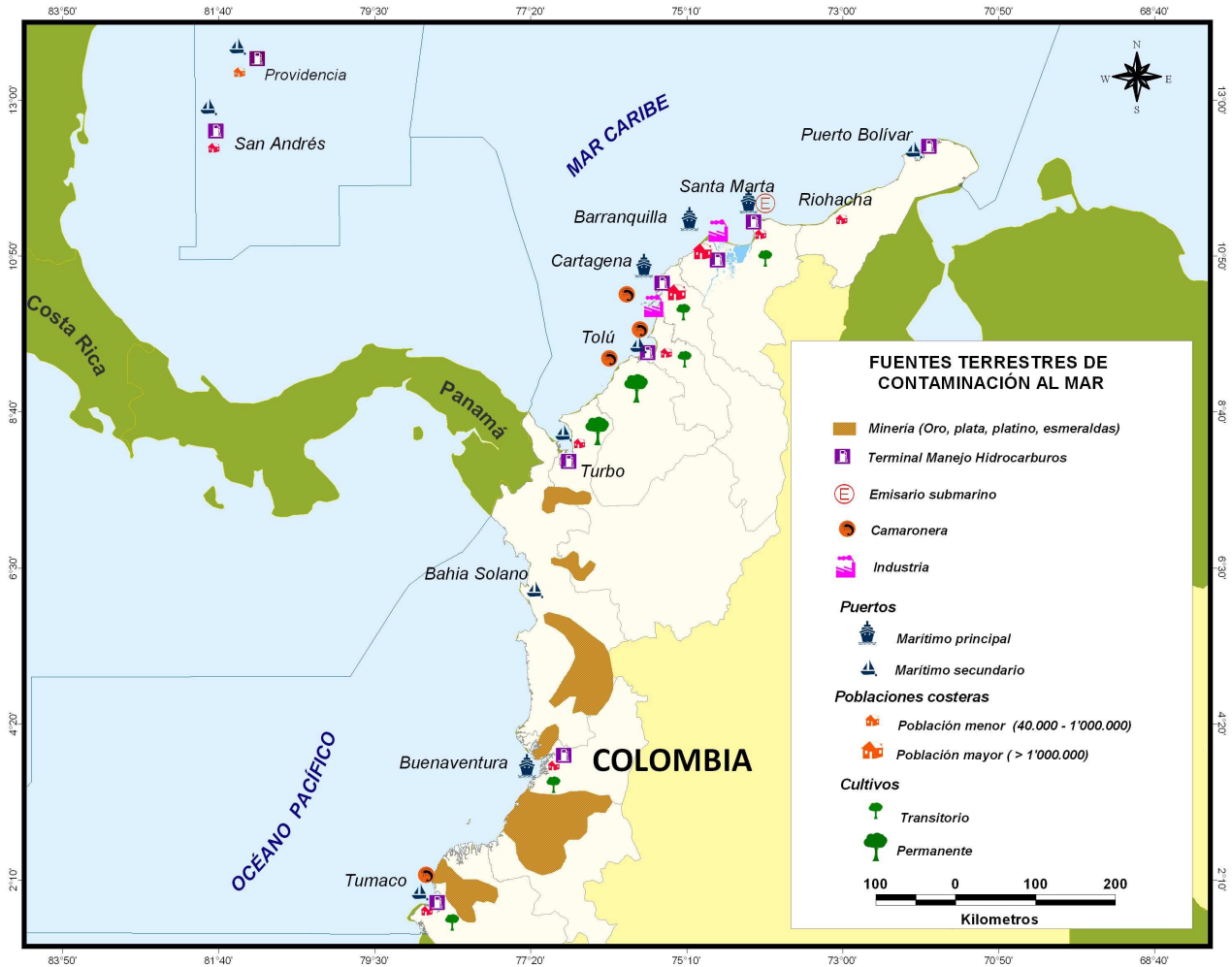


Figura 3.1-2. Principales fuentes terrestres puntuales de contaminación a las aguas marinas y costeras de Colombia. Fuente: IGAC, 2008; DANE, 2005; Supertransporte, 2008.

Para la REDCAM la identificación de las fuentes puntuales de contaminación y la evaluación de sus descargas, constituyen una labor de importancia en la gestión y vigilancia de la zona costera, ya que permite correlacionar la influencia de las actividades humanas y sus residuos contaminantes con los resultados de calidad de aguas para apoyar al programa de monitoreo ambiental en el Caribe y Pacífico de Colombia.

En este informe se recopilan las principales actividades y fuentes contaminantes identificadas en cada uno de los departamentos costeros, se abordan en forma general las descargas domésticas de los municipios y la evolución de los principales ríos que desembocan en el litoral colombiano, así como dos casos estudio en la ciudad de Cartagena y Buenaventura para analizar con mayor detalle sus fuentes actuales de contaminación.

3.1.1 Fuentes identificadas por departamento

En la Tabla 3.1-1, se muestran las diversas actividades relacionadas con el desarrollo económico y social de cada departamento, en donde se aprecia que las principales fuentes de contaminación identificadas en la zona costera son residuos municipales, industriales, agrícolas y portuarios, entre otros.

Existen emisarios submarinos en Santa Marta y San Andrés, emisarios emergentes en Cartagena y Buenaventura; los residuos sólidos se disponen en algunos municipios en rellenos sanitarios o en basureros a cielo abierto u otro tipo de sistemas de disposición final (enterramiento y quema). De algunos de estos sitios de disposición de sólidos, salen los aportes de nutrientes, sedimentos y contaminantes que llegan a los ríos más caudalosos como el Magdalena, Atrato, Sinú, Patía, Mira y San Juan.

El tráfico marítimo y la actividad portuaria están presentes en seis puertos del Caribe (San Andrés, Santa Marta, Cartagena, Barranquilla, Puerto Bolívar y Tolú) y dos en el Pacífico (Buenaventura y Tumaco) que movilizan principalmente carga general, hidrocarburos, carbón, pasajeros y pesca (SuperTransporte, 2008). Las zonas en donde se realizan estas actividades se consideran como de alto riesgo, por la probabilidad de derrames de hidrocarburos, residuos oleosos, derivados de petróleo, aguas de sentinas y de lastre.

La actividad agrícola importante se concentra en Córdoba, Urabá y Magdalena, por la presencia de grandes extensiones de cultivo de banano, arroz y palma aceitera, en el resto de departamentos la agricultura es incipiente o de subsistencia con cultivos perennes y de “pancoger”.

Tabla 3.1-1. Fuentes, actividades humanas y contaminantes que afectan la calidad del agua en el Caribe y Pacífico Colombiano. Fuentes de información: CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CIOH, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCO, CORPOURABÁ, CVC, CRC, CORPONARIÑO e INVEMAR.

Departamento	Fuentes, actividades humanas y tributarios	Residuos y contaminantes de importancia
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Dos asentamientos humanos costeros (San Andrés y Providencia), plantas de tratamiento de ARD, relleno sanitario y botadero a cielo abierto, pozos sépticos, explotación de acuíferos actividad hotelera y turística intensiva, residuos sólidos, escorrentía superficial, planta eléctrica, transporte y tráfico marítimo, puertos y muelles, manejo de hidrocarburos, actividad pecuaria de pequeña escala, estaciones de servicio, mantenimiento de automotores, pequeños arroyos en las microcuencas de McBean, Baley y Fresh Water, los cuales aumentan sus caudales durante la temporada de lluvias.	Materia orgánica, nutrientes, aceites lubricantes, detergentes, microorganismos, residuos sólidos y aguas residuales domésticas.
La Guajira	Cuatro asentamientos humanos costeros (Riohacha, Dibulla, Manaure y Uribia), residuos sólidos, aguas residuales domésticas, minería intensiva explotación y transporte de carbón, puerto carbonero (Puerto Bolívar), agricultura, termoeléctrica, transporte marítimo, estaciones de servicio, matadero de vacunos, alcantarillado de Riohacha, ríos Ranchería, Jerez, Cañas, Palomino.	Materia orgánica, sólidos, agroquímicos, nutrientes microorganismos, residuos de carbón, aguas de sentinas, aceites y grasas, aguas térmicas hidrocarburos.

Departamento	Fuentes, actividades humanas y tributarios	Residuos y contaminantes de importancia
Magdalena	Cuatro asentamientos humanos costeros (Santa Marta, ciénaga, Sitio Nuevo, Pueblo Viejo), actividad marítima y portuaria, transporte de carbón, transporte y manejo de hidrocarburos, agricultura (banano), actividad turística y hotelera, emisario submarino, relleno sanitario, ríos Manzanares, Gaira, Córdoba, Toribio, Buritaca, Don Diego, Guachaca, Piedras y Mendihuaca, además del sistema lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta.	Materia orgánica, residuos sólidos, aguas residuales municipales, residuos de carbón, hidrocarburos, aceites lubricantes, microorganismos, sólidos en suspensión y disueltos agroquímicos.
Atlántico	Cinco asentamientos humanos costeros (Barranquilla, Puerto Colombia, Juan de Acosta, Piojó, Tubará), plantas de tratamiento de ARD, puerto fluvial, y marítimo, alcantarillado, relleno sanitario, aguas residuales domésticas, zona industrial vía 40 (metalúrgicas, químicas, farmacéuticos, cementeras, curtiembres, agroquímicos, procesadoras de alimentos y bebidas, textiles, etc), zona Franca, El río Magdalena recoge más del 70% de los desechos del país, con un alto arrastre de sedimentos y sustancias contaminantes. Las ciénagas de Mallorquín, Balboa y del Totumo son los principales cuerpos de agua de la zona costera del departamento.	Materia orgánica, residuos sólidos, nutrientes, desechos industriales, hidrocarburos, microorganismos, aceites lubricantes, sólidos en suspensión y disueltos agroquímicos.
Bolívar	Dos asentamientos humanos costeros (Cartagena y Santa Catalina), plantas de tratamiento de ARD, emisarios de emergencia, relleno sanitario, sector industrial de Mamonal y zona comercial de El Bosque, actividad marítima y portuaria, refinera, manejo de hidrocarburos, aportes de Canal del Dique.	Residuos sólidos, aguas residuales municipales, materia orgánica, arrastre de sedimentos, nutrientes, sólidos disueltos y en suspensión, hidrocarburos, residuos oleosos, aceites y grasas, metales pesados, microorganismos, desechos industriales.
Sucre	Tres asentamientos humanos costeros (Tolú, Coveñas y San Onofre), 3 rellenos sanitarios con licencia ambiental (en Sincelajo, Corozal y Tolviejo) y un relleno manual en Sincé, minería (Piedra Caliza en Tolviejo y Palmito), actividad agropecuaria (arroz; pastos, coco, ganadería), maderera, fuentes municipales (aguas residuales domésticas, residuos sólidos), industria pesquera, camarónicas, zocriaderos, actividad portuaria, terminal marítimo de Ecopetrol, muelle de Tolcemento, Zona de cargue de cemento y klinker, manejo y transporte de hidrocarburos, mataderos, estaciones de servicio. Aportes por corrientes naturales (Arroyos Pechelin, Villeros, Ciénaga la Caimanera, Caño Guainí, Zaragocilla, Guacamaya, Alegría.	Materia orgánica, sólidos en suspensión, agroquímicos, heces, residuos sólidos, aguas residuales, microorganismos, aguas de sentina, hidrocarburos, aceites y residuos oleosos, residuos de carbón, Klinker y yeso, metales pesados.
Córdoba	Cinco asentamientos humanos costeros (San Antero, San Bernardo del Viento, Moñitos, Puerto Escondido, Los Córdoba), pozos sépticos, basurero a cielo abierto, agricultura (arroz) y ganadería intensiva, distrito de riego de Moncarí y Montería, camarónicas, turismo, residuos sólidos, aguas residuales domésticas, aportes por el río Sinú.	Materia orgánica, agroquímicos, heces, residuos sólidos, aguas residuales, microorganismos, sedimentos, nutrientes.
Antioquia	Cuatro asentamientos humanos costeros (Arboletes, San Juan de Urabá, Turbo y Necoclí), lagunas de oxidación, Residuos sólidos, aguas residuales domésticas, actividad portuaria en Turbo, cultivo de banano, aportes por corrientes naturales (Río Atrato), minería de oro, aportes de los ríos Caimán, Turbo, León y Atrato.	Materia orgánica, nutrientes, agroquímicos, plaguicidas, sólidos suspendidos, microorganismos, hidrocarburos, mercurio, sedimentos, residuos líquidos y sólidos

Departamento	Fuentes, actividades humanas y tributarios	Residuos y contaminantes de importancia
Chocó	Siete asentamientos humanos costeros (Acandí, Ungía, Triganá y Capurganá en el Caribe; Juradó, Bahía Solano, Nuquí, Bajo Baudó, San Juan en el Pacífico), minería de oro, turismo, transporte de pequeñas embarcaciones, actividad portuaria de menor escala, turismo, industria maderera, estaciones de servicio, comercio de combustible, aportes de los ríos San Juan, Valle, Nuquí, Jella y la quebrada Chocolatal.	Microorganismos, materia orgánica, nutrientes, agroquímicos, hidrocarburos, aguas residuales domésticas, residuos sólidos, plaguicidas, aceites usados, alquitranes para la inmunización de la madera, mercurio.
Valle del Cauca	Un asentamiento humano costero (Buenaventura), botadero a cielo abierto, actividad marítima y portuaria intensiva, Muelle petrolero, manejo y transporte de hidrocarburos y derivados del petróleo, industria maderera, pesquera, lixiviados, alcantarillado, emisarios de emergencia, turismo en La Bocana, Juanchaco y Ladrilleros, aportes de los ríos Anchicayá, Potedó, Raposo, Dagua, pequeños cultivos de pancoger, chontaduro y coco (Dagua).	Microorganismos, materia orgánica, residuos sólidos, sólidos, nutrientes, aguas residuales domésticas, desechos del procesamiento de productos pesqueros, plaguicidas, hidrocarburos, metales pesados, residuos oleosos, aguas de sentinas y slops.
Cauca	Tres asentamientos humanos costeros (López, Timbiquí y Guapi), fuentes municipales, sistema de saneamiento básico precario, minería de oro, agricultura, aserríos, cocoteras, trapiches artesanales, industria maderera, producción de harina de pescado, almacenamiento y expendio de combustible, aportes de los ríos Timbiquí, Bubuey, Micay, Saija, Guajui y Guapi,	Microorganismos, materia orgánica, residuos sólidos, lixiviados, sólidos suspendidos, metales, nutrientes, agroquímicos, pesticidas, aceites y grasas, residuos de madera, aserrín, bagazo de caña, sedimentos.
Nariño	Siete asentamientos humanos costeros (El Charco, La Tola, Mosquera, Olaya Herrera, Santa Bárbara, Francisco Pizarro, San Andrés de Tumaco), fuentes municipales, alcantarillado, sistema de saneamiento básico precario, minería, agricultura (palma aceitera, coco), ganadería, transformación madera, industria pesquera, mataderos, camaronerías, extracción de material de arrastre de ríos, actividad marítima y portuaria, transporte de petróleo, aportes de los ríos Mira, Mejicano, Chagui, Rosario, Mira, iscuandé, Patía, Tapaje, Mataje y La Tola)	Residuos líquidos y sólidos, materia orgánica, aguas residuales (palma, camarones, productos pesqueros) estopa de coco, heces, sólidos en suspensión, microorganismos, nutrientes hidrocarburos, derivados de petróleo, aguas de sentinas, agroquímicos, plaguicidas, aceites y grasas, residuos de madera, aserrín.

3.1.2 Aguas Residuales Domésticas

Los residuos líquidos domésticos, son las aguas de abastecimiento que después de ser utilizadas en las actividades domésticas (consumo humano, cocimiento de alimentos, aseo personal y local, lavado, etc.) se descargan como aguas servidas, aguas grises o de lavado al alcantarillado o directamente al ambiente, representando una fuente importante de materia orgánica, detergentes, sólidos, nutrientes inorgánicos, microorganismos de origen fecal y que aumentan la DBO₅ en las mismas, debido a las inadecuadas prácticas de uso, el escaso ahorro de agua y los volúmenes de efluentes (IDEAM, 2002). Los más de 4.5 millones de habitantes de la zona costera colombiana (DANE, 2009) producen aproximadamente 681.019 m³/día de aguas residuales domésticas (ARD), de las cuales el 83.7% lo aporta la población del Caribe y el 16.3% el Pacífico (MinDesarrollo, 2002). De las ARD el porcentaje que va finalmente al mar, depende de la cobertura de alcantarillado, sistemas de tratamiento o disposición que exista en cada población; pero si ésta infraestructura no existe, se convierten en una problemática que se traduce en vertimientos de aguas crudas directamente a los cuerpos de agua.

Los datos de cobertura del alcantarillado muestran que gran parte de la población del Caribe no supera el 40%, aunque los municipios de mayor desarrollo socioeconómico como Barranquilla, Cartagena y Santa Marta alcancen más del 70%; contrastando con poblaciones que a pesar de estar cerca de estas ciudades presentan valores inferiores al 1% de cobertura (Figura 3.1-3; DANE, 2009). En el Pacífico el panorama es menos alentador, ya que la mayoría de la población no supera el 32% de la cobertura y sólo Buenaventura alcanza el 61%. Sin embargo, estos porcentajes se ven influidos por la distribución de la densidad poblacional de cada asentamiento y no demuestran la desigualdad entre grandes ciudades y poblaciones menores (Figura 3.1-3).

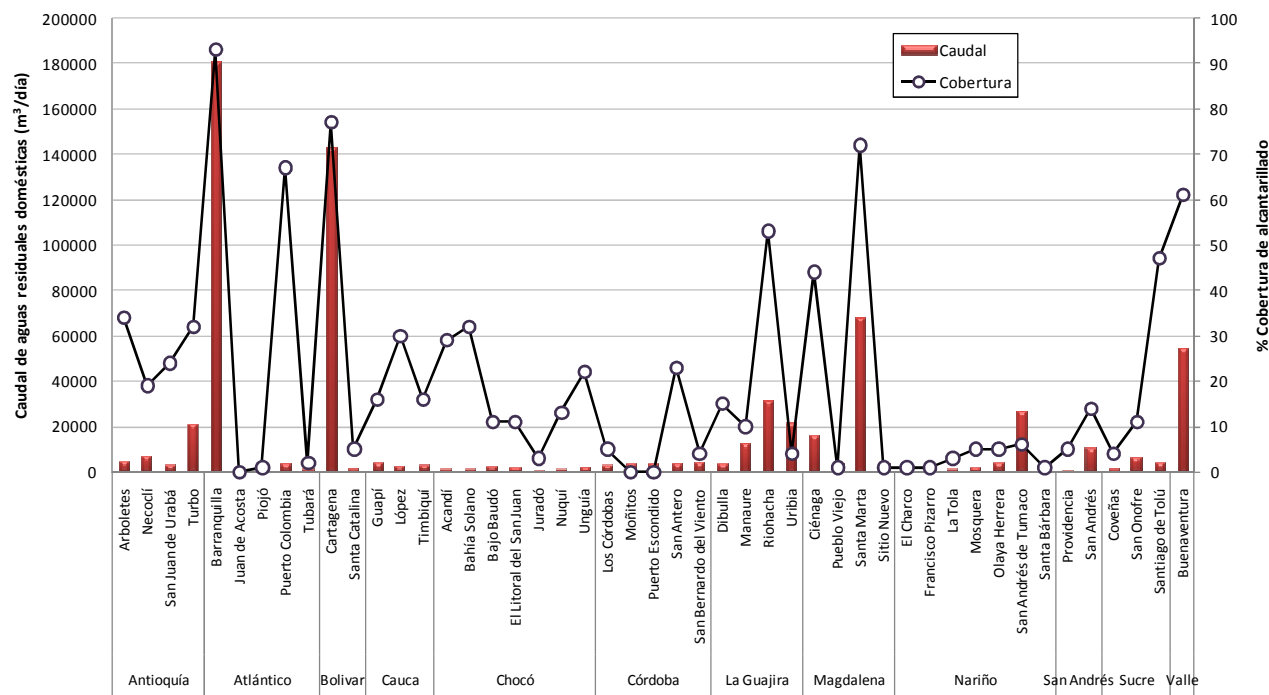


Figura 3.1-3. Distribución de la cobertura de alcantarillado y la producción de aguas residuales domésticas en los municipios costeros del Caribe y Pacífico colombiano, es de resaltar los picos en grandes centros urbanos con respecto a municipios de menor desarrollo socioeconómico. Fuente caudal: cálculo Invemar, metodología RAS-2000. Fuente población y cobertura alcantarillado: Censo General 2005 (DANE, 2009)

Del total de la producción de ARD en la costa Caribe, cerca del 70% se concentra en los grandes centros poblados, siendo Barranquilla el mayor productor con 180402 m³/día, seguido por Cartagena y Santa Marta con 142894 y 67600 m³/día, respectivamente (Figura 3.1-3). Cabe resaltar que estas ciudades poseen infraestructuras para el manejo y disposición final de los vertimientos domésticos, mediante planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), emisario submarino y aunque Cartagena tiene emisarios emergentes, actualmente está en proceso de instalación y puesta en marcha de un emisario submarino de alta tecnología para solucionar esta problemática. En la Costa Pacífica la producción de ARD es mucho menor que en el Caribe, proporcional a la población existente, pero la cobertura de alcantarillado es limitada (cerca del 44% de las poblaciones tienen coberturas inferiores al 5%), mientras que de los 111271 m³/día producidos más del 70% provienen de Buenaventura y Tumaco, los demás municipios no superan los 3940 m³/día de caudal.

La carga de contaminantes presentes en las ARD se calculó con el aporte unitario que reportan diversas fuentes bibliográficas reconocidas y los valores concertados en talleres internacionales sobre el Protocolo de fuentes terrestres de contaminación al mar – FTCM a los que asistió el INVEMAR, los cuales se

muestran en la Tabla 3.1-2 (MinDesarrollo, 2000; Metcalf y Eddy, 1998; Mara, 1980). Esta metodología considera el tamaño de la población como el parámetro independiente para estimar la producción, excluyendo factores particulares como estilos de vida y normas de consumo. Sin embargo, ante la falta de un banco de datos estandarizado y un muestreo riguroso en las poblaciones costeras, se constituye en la alternativa viable para determinar estos valores.

Tabla 3.1-2. Compendio de aportes per cápita para aguas residuales domésticas. Fuentes: MinDesarrollo, 2000; Metcalf y Eddy, 1998; Mara, 1980.

<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Intervalo</i>	<i>Valor Sugerido</i>
DBO ₅	g/hab./día	25-80	50
DQO	g/hab./día	80-120	100
Nitrógeno inorgánico	g/hab./día	9.3-13.7	12
Fósforo inorgánico	g/hab./día	0.5-1	0.8
Sólidos suspendidos totales	g/hab./día	30-100	50
Coliformes totales	NMP/hab/día	2x10 ⁸ – 2x10 ¹¹	2x10 ¹¹

En el 2009 los 681019 m³/día de aguas residuales domésticas provenientes de la población costera del Caribe demandaron 69310 toneladas de oxígeno para la descomposición de materia oxidable a nivel biológico (DBO₅) y 138621 ton/año para la oxidación química (DQO), transportaron 16634 ton/año de nitrógeno inorgánico, 1109 ton/año de fósforo inorgánico, 69310 ton/año de sólidos suspendidos y aportan 2.7 x 10²⁰ NMP/año de contaminación fecal. En el Pacífico la descarga de ARD de los municipios costeros demandó 13888 ton/año de DBO₅ y 27776 ton/año de DQO, aportaron 3333 ton/año de nitrógeno inorgánico, 222 ton/año de fósforo inorgánico, 13888 ton/año de sólidos en suspensión y 5.5x10¹⁹ NMP/año de contaminación fecal. Aunque los valores de cargas sean teóricos y haya un notorio avance en los sistemas de manejo y tratamiento de ARD a escala regional y local; la mayoría de municipios costeros en Colombia presentan una infraestructura insuficiente para el manejo de vertimientos domésticos, que se ve reflejado en descargas no controladas a los ríos y diferentes cuerpos de agua, que finalmente llegan al mar, modificando su calidad o características óptimas para la preservación de la flora y la fauna o para el uso en actividades de contacto primario y secundario.

3.1.3 Descargas de ríos

La magnitud del caudal que transportan los ríos con respecto a los efluentes industriales y domésticos, así como la diversidad de sustancias que puede llegar a recoger desde su nacimiento hasta la desembocadura, los convierte en la principal fuente terrestre de contaminación a la zona costera (Escobar, 2002; Restrepo *et al.*, 2005). El arrastre de sedimentos y de sustancias contaminantes dependen de la cuenca de drenaje y las áreas que atraviesa; por ejemplo, se espera que los ríos que pasen por zonas con alto desarrollo agrícola presenten valores elevados de nutrientes o plaguicidas por el uso intensivo de fertilizantes, agroquímicos o pesticidas, que posteriormente pueden ser arrastrados a los ríos por escorrentía superficial, mientras que aquellos que recorran municipios con actividad minera importante tiendan a presentar niveles apreciables de metales pesados. Los tributarios más importantes por su caudal y descarga de las diferentes sustancias contaminantes a las aguas marino-costeras del litoral colombiano, se relacionan en la Tabla 3.1-3. Estos resultados del 2008, confirman que los ríos que

hacen los mayores aportes (en rojo) son Magdalena, Sinú y Atrato en el Caribe; San Juan, Patía y Mira en el Pacífico.

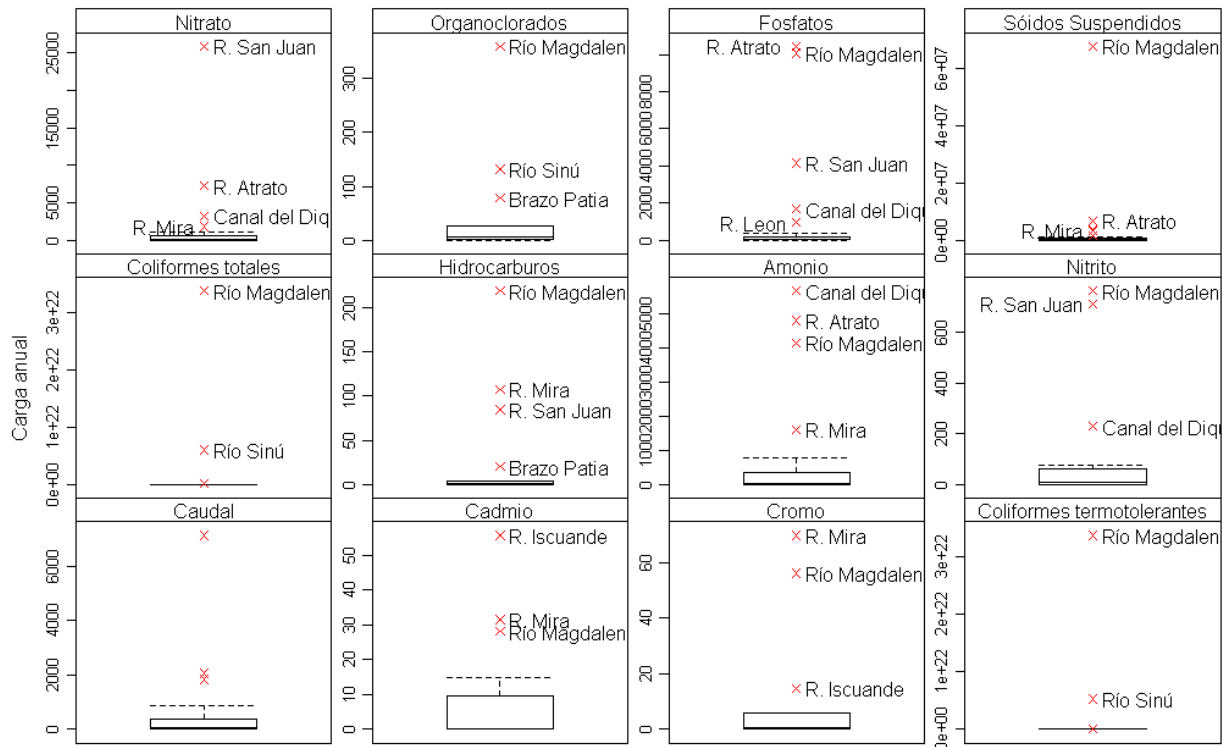
Tabla 3.1-3 Caudales y contaminantes descargados por los principales tributarios que desembocan en el litoral Caribe y Pacífico Colombiano en el 2008. OCT: organoclorados totales, Cd: cadmio, Cr: cromo, HDD: hidrocarburos, NH4: amonio, NO2: nitritos, NO3: nitratos, PO4: fosfatos, SST: sólidos suspendidos, CTE: coliformes termotolerantes, CTT: coliformes totales. Fuente caudales: IDEAM; Fuente concentraciones: Monitoreo REDCAM 2008; Fuente cargas: INVEMAR. En color rojo se muestran las mayores descargas.

Depto.	Corriente	Caudal m ³ /s	OCT Kg/año	Cd ton/año	Cr	HDD	NH4	NO2	NO3	PO4	SST	CTE NMP/año	CTT
La Guajira	Palomino	24.9	2.91	0.15	0.14	0.06	12.03	1.45	108	26	22446	1.E+18	1.E+19
	Ranchería	8.2	4.75	0.03	0.11	0.04	3.50	0.84	4	31	11331	1.E+17	2.E+18
Magdalena	Don Diego	39.2	18.80	0.70	1.07	0.17	12.68	2.51	77	48	16700	5.E+17	2.E+18
	Gaira	2.7	0.91	0.01	0.02	0.09	0.38	0.25	7	10	3867	1.E+18	4.E+18
	Guachaca	22.4	8.46	0.09	0.60	0.15	4.03	1.14	34	40	5399	3.E+17	6.E+17
	Manzanares	1.9	0.31	0.03	0.04	0.08	0.39	0.26	6	12	1973	9.E+18	6.E+19
	Piedras	5.1	0.73	0.07	0.13	0.14	0.58	0.28	3	8	549	3.E+17	1.E+18
Atlántico	Magdalena	7121.2	359.3	28.07	56.14	218.46	4135.9	763.5	67.37	10073	67551813	3.E+22	3.E+22
Bolívar	Canal del Dique	394.0	-	-	-	-	5653.3	230.5	3252	1677	553279	1.E+18	5.E+18
Córdoba	Sinú	240.5	132.1	-	5.70	3.87	39.55	11.60	648	60	445926	5.E+21	6.E+21
Antioquia	Guadualito	2.4	-	0.01	-	-	9.22	6.28	32	26	79168	2.E+19	2.E+19
	Mulatos	4.5	-	0.12	-	-	14.99	-	32	58	357645	3.E+17	4.E+17
	Currulao	7.8	-	0.07	-	-	24.99	-	90	196	245625	3.E+19	4.E+19
	León	74.3	-	0.77	-	-	288.40	18.27	492	952	263566	2.E+19	6.E+19
	Turbo	3.3	-	0.03	-	-	12.89	1.15	22	20	36041	3.E+18	7.E+18
	Atrato	1839.2	-	14.79	-	-	4785.1	78.30	7250	10440	6757081	2.E+19	1.E+20
Chocó	San Juan	2054.2	-	-	-	84.86	-	712.6	25913	4146	1619555	6.E+18	2.E+19
Valle del Cauca	Anchicayá	82.1	-	-	-	3.89	-	5.18	1036	166	17276	3.E+18	3.E+18
Cauca	Micay	283.3	27.43	13.40	-	1.61	79.33	17.42	60	76	1363839	7.E+18	4.E+19
Nariño	Patía	356	78.08	-	-	20.66	258.50	26.16	187	146	3452904	2.E+19	2.E+19
	Iscuandé	600	-	55.63	14.76	2.37	790.64	60.17	658	61	589408	2.E+19	7.E+19
	Mira	868.1	-	31.48	69.81	107.59	1608.6	78.57	1828	408	3375433	5.E+19	2.E+20

En el 2008 los mayores aportes de nitrógeno inorgánico se reportaron en los ríos San Juan, Atrato, Magdalena y canal del Dique, especialmente por el caudal que manejan y las amplias áreas de drenaje de sus cuencas. El Canal del Dique reportó la carga de amonio más alta (5653 ton/año) superando al río Atrato y al Magdalena (Tabla 3.1-3 y Figura 3.1-4), posiblemente por la cantidad de sedimentos que arrastra y una alta oxidación anaeróbica de la materia orgánica. El río San Juan en Chocó mostró nitratos altos (25913 ton/año) y el río Atrato junto al Magdalena las mayores descargas de fósforo inorgánico. Los plaguicidas organoclorados registraron las cargas más altas en el río Magdalena (359 Kg/año) y el río Sinú (132 Kg/año), debido a las características y la vocación de sus cuencas que atraviesan zonas agrícolas y pecuarias como las sabanas de Córdoba donde usan de forma intensiva agroquímicos.

Los valores de sólidos suspendidos más elevados los tuvo el río Magdalena con 67,5 millones de ton/año por el alto arrastre de sedimento y los aportes que recibe de los tributarios que desembocan en su cuenca a lo largo del territorio nacional; seguido por los ríos Atrato, Patía y Mira. Así mismo, el Magdalena junto con el río Sinú tuvieron los mayores aportes de contaminación fecal (Tabla 3.1-3) asociados al vertido no controlado de aguas residuales domésticas con altas cargas de Coliformes fecales y totales en su cauce. Entre los metales pesados, los ríos Iscuandé y Mira registraron los niveles

más elevados de cromo y cadmio respectivamente, quizás por la extracción y remoción de sedimentos de la actividad minera de estas zonas, combinado con el arrastre de sólidos en su cuenca baja. En menor magnitud, los ríos Micay, Atrato y Sinú presentaron cargas apreciables de estos metales (Tabla 3.1-3) posiblemente por las actividades de extracción de oro en el Cauca o la recirculación de sedimentos en la cuenca baja del río Sinú. El río Magdalena presentó descargas significativas de ambos metales, sin embargo su gran caudal y mayor trayecto que la dilución aumente y los metales noten menos que en los ríos anteriormente mencionados.



Es de particular interés, el caso del río Iscuandé, dado que presenta niveles de cadmio por encima del promedio nacional y registra una carga importante de cromo, evidenciando un riesgo de contaminación de sus aguas por metales pesados. Esta situación merece evaluación especial y acciones correctivas, debido a la importancia ambiental que reviste el río, al hacer parte de la zona de amortiguación del PNN Sanquianga y provee de sustento a las poblaciones de Juanchillo y Ensenada, las cuales se dedican exclusivamente a la pesca de camarón y piangua; además la zona acaba de ser declarada sitio de importancia regional para la conservación de aves playeras por la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras – RHRAP (RHRAP, 2009).

Las mayores descargas de hidrocarburos en el río Magdalena, Mira, Patía y San Juan, revelan el riesgo por estos residuos en actividades como el transporte marítimo continuo, muelles artesanales, el expendio de gasolina y el mantenimiento de embarcaciones. Los valores registrados en el río Magdalena pueden estar asociados al transporte diario de hidrocarburos a través del río desde la refinera de Barrancabermeja hasta el Canal del Dique (CORMAGDALENA, 2009).

3.1.3.1 Evaluación histórica de las descargas de los ríos

La Figura 3.1-5 muestra las tendencias de los aportes de los 4 tributarios más caudalosos a la zona costera. Como era de esperarse, el Río Magdalena contribuyó con las mayores descargas de contaminantes, especialmente sólidos, nutrientes e hidrocarburos, aunque en los últimos muestreos ha presentado una reducción substancial en nitrógeno y fósforo al igual que el contenido de hidrocarburos, una relativa estabilidad de organoclorados y los coliformes termotolerantes mostraron un pico muy alto en el último muestreo. Esto puede atribuirse a la magnitud de caudal que maneja y al amplia área de drenaje de su cuenca que atraviesa zonas con diversos usos del suelo, desde bosques vírgenes hasta centros urbanos altamente industrializados, pasando por cultivos tecnificados, puertos, muelles y poblaciones, recorriendo casi todo el territorio nacional, además el río Magdalena es cuerpo de agua con mayor actividad de transporte y comercio fluvial.

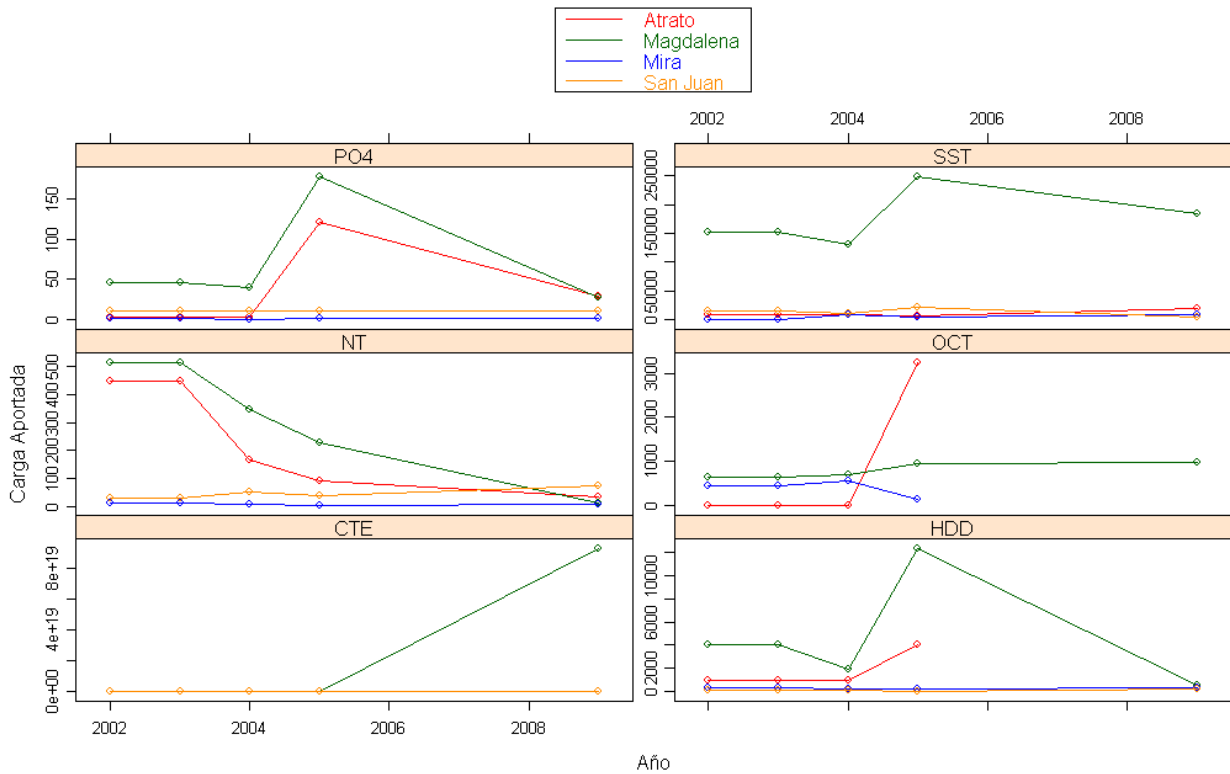


Figura 3.1-5. Variación de la descarga de cuatro de los ríos más caudalosos a la zona costera. Fuente carga: cálculos Invermar con datos del muestro REDCAM. CTE: coliformes termotolerantes en NMP/día; HDD: Hidrocarburos disueltos y dispersos en Kg/día; NT: nitrógeno inorgánico en ton/día; OCT: organoclorados totales en g/día; PO4: ortofosfato en ton/día; SST: sólidos suspendidos en ton/día.

El río Atrato presentó cargas muy cercanas a los aportes del río Magdalena, mostrando similares tendencias de nutrientes, hidrocarburos. Quizás haya alguna relación entre estos afluentes, como el arrastre de sólidos, las actividades en sus cuencas y el tipo de contaminantes que descargan al Caribe. Los ríos Mira y San Juan (Pacífico) por el contrario mostraron poca variación en la mayoría de las variables (Figura 3.1-5), pero se debe resaltar el leve aumento en las cargas de nutrientes, posiblemente por desarrollo agrícola y de cultivos no convencionales de la zona.

3.2 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS

Las aguas continentales que drenan a la zona costera del país durante el período entre el segundo muestreo 2008 al primero del 2009, presentaron concentraciones promedio de amonio entre 3.6 y 1370 ± 31.9 µg/L NH₄, donde las mayores valores fueron encontrados en las costas del Chocó y Valle del Cauca durante el primer muestreo del 2009, como resultado de los vertimientos de aguas residuales (Tabla 3.1-1); el nitrato presentó valores promedios entre 12.3 y 400 ± 126.9 µg/L NO₃ con las mayores cifras registradas en los departamentos del Valle del Cauca y Bolívar durante los muestreos segundo del 2008 y primero del 2009 respectivamente, el nitrito fluctuó entre 1.5 y 173.1 ± 16.8 µg/L NO₂ con el máximo promedio registrado en los ríos del Valle del Cauca durante el primer muestreo del 2009; el fosfato ha presentado promedios entre 3.9 y 621.9 ± 56.6 µg/L PO₄ donde el mayor promedio se encontró en Antioquia durante el segundo muestreo del 2008; El oxígeno disuelto presentó promedios en un rango entre 1.2 y 8.5 ± 0.74 mg/L, con los promedios más bajos ubicados en aguas de los ríos de Antioquia (segundo muestreo de 2008) y Sucre (primer muestreo 2009), que denotan pobres condiciones al compararse con la norma colombiana (Decreto 1594 de 1984); el pH presentó valores entre 6.4 y 8.5 ± 0.43 unidades, los cuales cumple escasamente con lo estipulado en la norma. Los sólidos en suspensión entre 3,9 y 1008 mg/L, que representan importantes aportes a las aguas marinas, nuevamente los registros más altos se presentaron en los departamentos de Bolívar y Antioquia. La temperatura estuvo entre 24.7 y 31.1 ± 1.22 °C que son valores ubicados dentro de las medidas normales para este tipo de aguas. Estos registros indican que los ríos de los departamentos de Antioquia, Bolívar, Chocó y Valle del Cauca son los que más aportan nutrientes a la zonas costeras del país, debido a las actividades y a la población que sobre ellas existe (Tabla 3.1-1 y Figura 3.1-3).

Durante el mismo período las aguas estuarinas, presentaron concentraciones promedio de amonio entre 2.5 y 1220 ± 116.2 µg/L NH₄, los valores más altos se observaron en la durante el primer muestreo del 2009 en la zona costera del valle del Cauca cerca las desembocaduras de los ríos al sur de Buenaventura. Para el nitrato las concentraciones fueron entre 6.9 y 750.5 ± 98.2 µg/L NO₃ donde los departamentos con mayores concentraciones promedios fueron Valle del Cauca, Antioquia, Atlántico y Bolívar; para los nitritos las concentraciones promedios estuvieron entre 1.3 y 236.2 ± 37 µg/L NO₂ los departamentos con promedios más altos fueron Antioquia, Valle del Cauca y Atlántico; en los fosfatos el rango de valores promedios calculados estuvo entre 6.6 y 303.7 ± 109.7 µg/L PO₄ donde las costas con valores más altas fueron Antioquia, Sucre, Atlántico, La Guajira y san Andrés. Los valores del oxígeno disuelto han fluctuado entre 4.3 y 8.2 ± 1.55 mg/L; El pH fluctuó entre 7.1 y 8.4 ± 0.44, la salinidad fluctuó entre 4 y 36.9 ± 10.6; La temperatura promedio de las aguas estuarinas ha fluctuado entre 26 y 32.1 ± 1.19 °C. Los valores de oxígeno, pH, salinidad y temperatura se consideran valores dentro de los rangos señalados como buenos por el decreto 1594 (MinSalud, 1984) y como normales dentro de las mediciones históricas las que no están consideradas por la norma nacional. Al considerar el panorama nacional, los departamentos que presentan concentraciones promedios más altas de nutrientes inorgánicos en sus aguas estuarinas son Valle del Cauca, Antioquia, Bolívar y Atlántico para los iones del nitrógeno y se les unen Sucre, La Guajira y San Andrés para las concentraciones de fosfatos.

Para las aguas marinas durante el período 2008-2009, las concentraciones de amonio entre 1.3 y 352.4 ± 33.4 µg/L NH₄, el máximo valor fue registrado en los departamentos de Bolívar y Antioquia; el nitrato entre 2.12 y 195 ± 20.67 µg/L NO₃, con el valor máximo en Antioquia calculado para el segundo muestreo del 2008 (Figura 3.2-1); el nitrito osciló entre 0.7 y 13.9 ± 2 µg/L NO₂ con el máximo registro encontrado en las costas del departamento de Bolívar durante el segundo muestreo del 2008; para los fosfatos las concentraciones han fluctuado entre 3.4 y 67.6 ± 27.24 µg/L PO₄, con el valor máximo encontrado en San Andrés durante el primer muestreo del 2009 (Figura 3.2-2). El oxígeno disuelto presentó concentraciones entre 6.3 y 8.3 ± 0.67 mg/L, los cuales cumplen la norma nacional; el valor del pH fluctuó entre 7.8 y 8.4 ± 0.12 unidades que también se ajusta al rango de la directriz; los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 0.1 y 200 ± 37.8 mg/L, la máxima concentración se encontró en las costas de Antioquia durante el segundo muestreo del 2008.

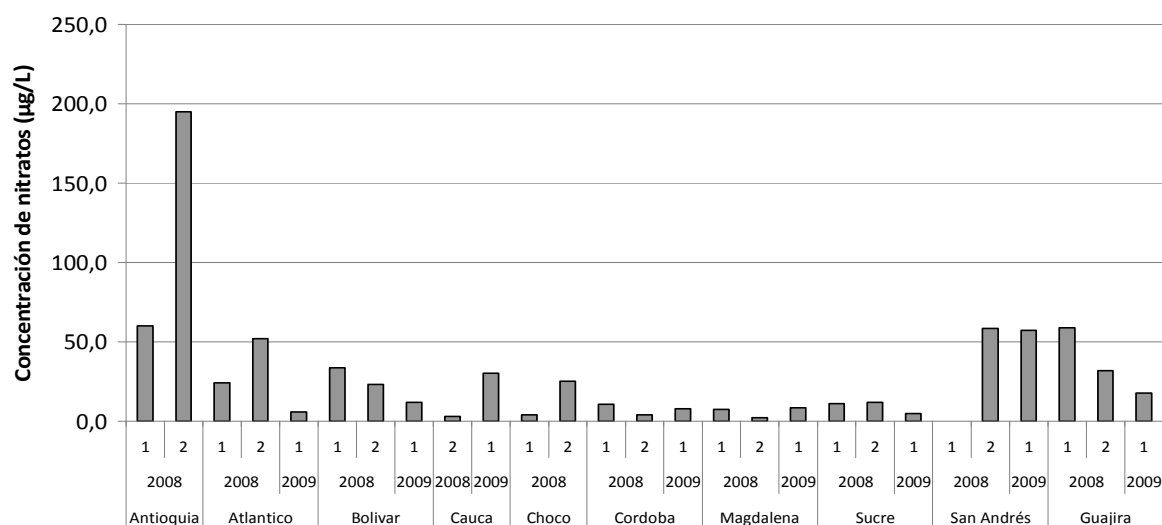


Figura 3.2-1. Concentración de los nitratos en las aguas marinas del país, durante el período 2008-2009.

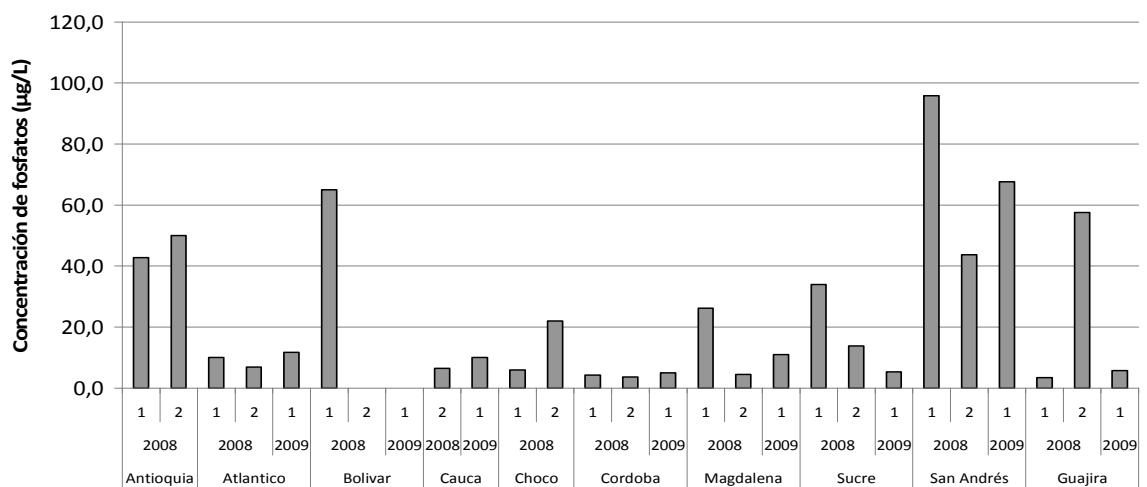


Figura 3.2-2. Concentración del fosfato inorgánico en las aguas marinas del país, durante el período 2008-2009.

Históricamente las aguas marino-costeras del país, han presentado concentraciones promedio de amonio entre 1.0 y $461.6 \pm 28.9 \mu\text{g/L NH}_4$, el máximo valor fue registrado en la zona costera del departamento de Bolívar en el segundo muestreo del 2004; el nitrato entre 2.1 y $598.4 \pm 37.2 \mu\text{g/L NO}_3$ registrando el máximo en las aguas costeras del departamento del Chocó durante el segundo muestreo del 2002; el nitrito osciló entre 0.05 y $14.6 \pm 2.17 \mu\text{g/L NO}_2$ con el máximo registro encontrado en las costas del departamento del Magdalena durante el primer semestre del 2001; para los fosfatos las concentraciones han fluctuado entre 0.17 y $488.4 \pm 31.7 \mu\text{g/L PO}_4$, el valor máximo se ha registrado en la zona costera del departamento de San Andrés durante el segundo muestreo de 2006. El oxígeno disuelto ha presentado concentraciones entre 2.3 y $10.3 \pm 0.76 \text{mg/L}$, donde los valores más bajos se presentaron en las aguas costeras del departamento de Chocó (1er muestreo del 2006); el valor del pH fluctuó entre 6.9 y $8.4 \pm$

0.12 unidades que se ajusta al rango del decreto 1594; los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 0.1 y 404 ± 29 mg/L, el promedio más alto se registro en las costas del departamento de Antioquia, durante el primer muestreo del 2007.

La información histórica indica que las zonas costeras del país ha estado sometida a descargas de nutrientes inorgánicos que permiten los procesos de producción primaria en sus aguas, en la actualidad no existen problemas por las descargas de nutrientes en las aguas marinas, pero que las actividades humanas podrían causar problemas cuando esos ingresos se producen en grandes cantidades generando un aumento de esa productividad (Begon *et al.*, 2006). Ese parece ser los casos en los departamentos de Antioquia y San Andrés, en los que los aportes de nitratos y fosfatos durante el último año, indican la posibilidad de una sobrecarga de nutrientes inorgánicos sobre sus aguas costeras.

3.3 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES

3.3.1 Microorganismos de Origen Fecal

El aumento de la actividad turística en los últimos años, ha contribuido al crecimiento desmesurado y a la urbanización de las poblaciones a lo largo de la línea costera. La mayoría de las playas se encuentran en las proximidades de áreas urbanas, donde los vertimientos sin depurar, con altos contenidos de microorganismos patógenos y otros agentes contaminantes representan uno de los principales problemas sanitarios y ecológicos de las zonas costeras (Herrera y Suárez, 2005; Gonzales *et al.*, 2003). En Colombia se estima que estos vertimientos se encuentran en un volumen cercano a los $67 \text{ m}^3/\text{s}$ y con una cobertura de alcantarillado en la mayoría de las poblaciones inferior al 50 % (Acevedo, 2004). Aspectos como esté, sumado a los aportes de contaminantes que realizan los ríos, los fenómenos de escorrentías, las lluvias y el turismo intensivo generan un deterioro en la calidad microbiológica de los cuerpos de agua (OMS, 2003).

Históricamente, los departamentos que han registrado más casos de incumplimiento de aguas no aptas para actividades recreativas son Antioquia, Sucre y Córdoba en la región Caribe con un 60%, 55% y 42%, respectivamente. Mientras que en la región Pacífico, tres de los cuatro departamentos presentan un alto número de casos: Choco, Nariño y Valle del Cauca con porcentajes de 44%, 43% y 40%, respectivamente. En el periodo del II-2008 y I-2009, el 43 % de las playas sobrepasaron los límites de Coliformes termotolerantes establecidos en el decreto 1594 de 1984 (CTE >200 NMP/100 ml Figura 3.3-1). De estos casos el 61 % se presentó en el segundo semestre (época de lluvias) y el 39 % en el primer semestre (época seca). El periodo de lluvias involucra una amenaza mayor para calidad sanitaria de las aguas recreativas, teniendo en cuenta que durante las precipitaciones se acumulan grandes cantidades de contaminantes similares a los provenientes de aguas residuales urbanas, los cuales son arrastrados desde superficies impermeables y descargados en las vías fluviales locales, a lo que se le suman los desbordamientos de los colectores de agua de lluvia y la re-suspensión de sedimentos (Salas y Bartram, 2004).

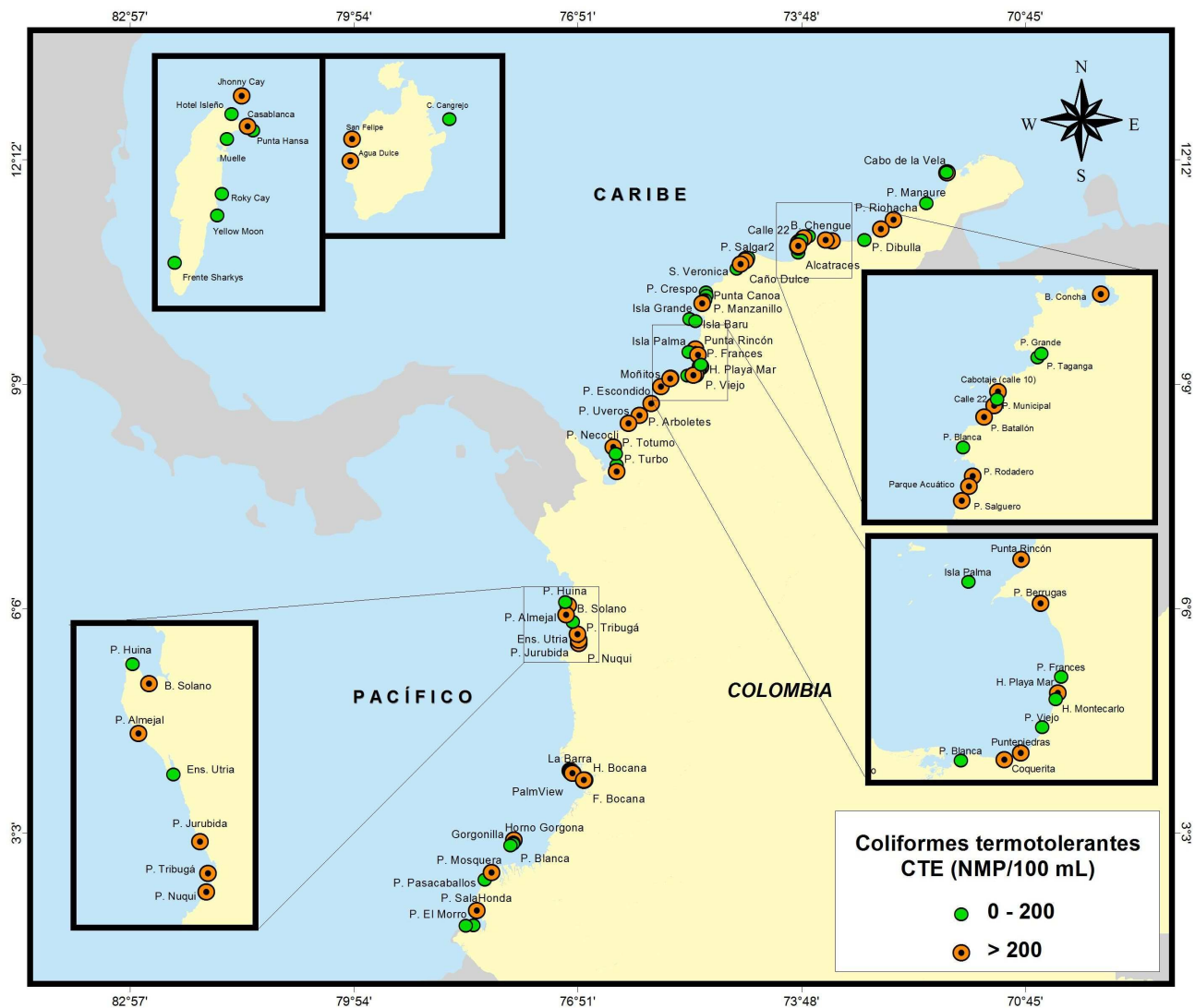


Figura 3.3-1. Representación de las concentraciones de Coliformes termotolerantes en las playas y balnearios del país (período II-2008 al I 2009)

Durante este periodo de evaluación, las playas que presentaron mayores niveles de CTE (NMP/100 ml) en la región Caribe fueron: playa Arboletes (22000) en Antioquia, Coveñas Coquerita (14000) y playa Tolú en el sector del hotel Playa Mar (9200) en Sucre, playa Buritaca y Mendihuaca (13000) en Magdalena, Puerto Escondido en Córdoba (11000) y playa Riohacha (4900) en Guajira. Mientras que en la región Pacífico, todos los balnearios se encontraron localizados en el departamento de Valle del Cauca, esto son: Frente al Muelle- Bocana (24000), Diagonal hotel Palm View y Frente al Hotel Medellín (11000), y Frente al muelle- Juanchaco y la Pianguita (6600). La contaminación de las aguas marinas recreativas genera riesgos potenciales para la salud humana, debido a que los microorganismos pueden ser transmitidos vía hídrica y producir enfermedades gastrointestinales, infecciones en el tracto respiratorio y dermatitis en diferentes partes del cuerpo (Arvanitidou *et al.*, 2002). Estos riesgos se incrementan si existe un mayor tiempo de exposición lo cual se produce generalmente en las temporadas de vacaciones, cuando la población turística y local practica actividades náuticas como natación, surfing, canotaje, buceo, etc. (OMS, 2003).

Los ríos además de ser reconocidos por transportar contaminantes microbiológicos de la parte continental a la zona marina, representan un riesgo sanitario para las poblaciones que se sirven sus aguas. Estas son empleadas en múltiples oficios que involucran la pesca, la siembra y riego de cultivos, labores domésticas y actividades recreativas, que ocasionan algún tipo de contacto para las personas. Los niveles de microorganismos indicadores en varios afluentes del país sobrepasaron por un amplio margen los límites de la legislación para pesca y agricultura (Coliformes totales < 5000 NMP/100 ml), así como para contacto primario (CTT <1000 NMP/100 ml). Los mayores niveles en el Caribe se registraron en los ríos Hobo (2'800000), León (1'100000) y San Juan (1'100000) en Antioquia, río Sinú (1'600000) en Córdoba y río Magdalena a la altura de la Base Naval (1'300000) en Atlántico. En el Pacífico, los tributarios con mayor aporte fueron Potedo (66000) en Valle del Cauca, Jella en Choco (26000) y Saija (24000) en Cauca.

Teniendo en cuenta la importancia de los ríos como fuentes de contaminantes y las playas como medios de esparcimiento, ambos con gran relevancia social, económica y ambiental, resulta fundamental monitorear y controlar la calidad microbiológica de estos cuerpos de agua para garantizar el desarrollo de múltiples actividades y la protección en la salud de sus usuarios.

3.3.2 Hidrocarburos

La evaluación de hidrocarburos se realizó sobre los compuestos aromáticos disueltos y dispersos (HDD), por ser estos los más tóxicos y persistentes 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 Marin (2002) se definió que las concentraciones inferiores a 1 µg/L no representan un riesgo para el ambiente, entre 5 - 10 µg/L se consideran altas (pero no contaminadas) para las condiciones actuales 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. La contaminación por residuos de hidrocarburos en las zonas costeras, está asociada especialmente con los centros urbanos más poblados, por el vertimiento de las aguas servidas, otras fuentes de contaminación por hidrocarburos muestra también que los residuos de estos hidratos de carbono, ingresan a las zonas costeras colombianas por actividades portuarias y marítimas, además de las actividades petroleras como exploración, explotación, transporte, refinación, usos del petróleo y sus derivados. Se han identificado como zonas costeras más afectadas las ciudades de Santa Marta (Magdalena), Barranquilla (Atlántico), Cartagena (Bolívar), Golfo de Morrosquillo (Córdoba y Sucre) y Golfo de Urabá (Antioquia) en la Costa Caribe. Buenaventura (Valle del Cauca), Tumaco (Nariño) y Guapi (Cauca) en la costa Pacífica. Tanto en el Caribe como en el Pacífico, existen problemas locales por derrames habituales en los puertos, las refinerías de petróleo, terminales petroleros, por los buques de cabotaje o accidentes de buques durante su tráfico (Garay *et al.*, 1992; Garay, 1994). Además las aguas servidas municipales, que pueden contener cantidades considerables de aromáticos polinucleares (Harrison y Perry, 1975).

El aumento en el consumo y tráfico de hidrocarburos, ha incrementado el riesgo de contaminación por eventos relacionados con el vertido accidental de los mismos, que ponen en peligro ecosistemas frágiles y actividades productivas de las zonas costeras del país; estas eventualidades se han presentado tanto en el Caribe como en el Pacífico. Sin embargo los resultados del monitoreo REDCAM muestran una disminución importante en la concentración de estos compuestos en las aguas costeras a partir de las mediciones realizadas en el 2001 hasta la fecha, en la mayoría de los departamentos costeros, especialmente los del Caribe. Aunque en departamentos como Valle del Cauca, Nariño y Córdoba-Sucre se siguen registrando concentraciones cercanas al valor de referencia debido a las actividades antrópicas propias que se desarrollan allí, específicamente en Buenaventura, Tumaco y Golfo de Morrosquillo respectivamente. Los mayores niveles de HDD se encontraron en el 2001, alcanzando los 33.7 µg/L (Nariño) en la época seca y 49.4 µg/L (Bolívar) en la época húmeda siguiente, para 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 (9.11 µg/L) y Valle del Cauca (9.8 µg/L). Para el 2008 casi la totalidad de las estaciones monitoreadas estuvieron por debajo de 5.0 µg/L, exceptuando la del Golfo de Morrosquillo con el máximo valor registrado de 9.0 µg/L. Sin embargo, en la región Pacífica la disminución en concentración de HC no sigue una tendencia temporal clara y actualmente los sitios con mayor impacto por hidrocarburos siguen localizándose en el Pacífico (los sitios con mayores poblaciones).

Las áreas más pobladas, presentaron históricamente altos niveles de HDD, es el caso en el Caribe de Santa Marta, Barranquilla, Cartagena y los Golfos de Morrosquillo y Urabá. Algunas zonas como el sur tanto de la Guajira como el de San Andrés tienen un impacto medio y regiones como el norte de los departamentos de Magdalena y la Guajira permanecen relativamente limpias ante estos contaminantes. En el Pacífico las zonas más afectadas son Buenaventura, Tumaco y Guapi, considerados como los polos de desarrollo para la región; seguidas por las áreas donde desembocan los ríos más importantes de la cuenca pacífica: San Juan, Anchicayá, Mira y Patía; permaneciendo relativamente limpias las zonas norte del Chocó y sur del Valle del Cauca. Sin embargo, todos los departamentos han presentado sitios en los cuales las concentraciones de hidrocarburos han superado el valor de referencia establecido a excepción de La Guajira. La mayoría de los lugares críticos ambientalmente sometidos a los riesgos de contaminación, son zonas cerradas y bien delimitadas, por lo cual, corresponde a información de carácter puntual y no se debe generalizar a la ligera. Un ejemplo de esta situación, es el valor más alto de HDD, medido en Bolívar corresponde a la Bahía de Cartagena, que es un cuerpo de agua cerrado y de bastante desarrollo marítimo; en tanto que el resto de la zona costera, como las islas, de este departamento se encuentra en condiciones más favorables. Se puede considerar que la contaminación en la zona costera del país, es baja debido al comportamiento de disminución de residuos de hidrocarburos en el tiempo; factores como la implementación de mecanismos de producción 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 vertimientos industriales y quizás sean las razones por las cuales las concentraciones de hidrocarburos en aguas han disminuido en los últimos años.

3.3.3 Residuos de Plaguicidas

Los plaguicidas hacen parte de los procesos de agricultura intensiva, la mayoría de ellos son compuestos orgánicos sintéticos, cuyas propiedades físicas y químicas varían ampliamente, lo que les otorga comportamientos muy diferentes en el medio natural. En su afán de conseguir mejores cosechas el hombre ha sintetizado compuestos con diversos grupos químicos funcionales y los plaguicidas organoclorados totales (OCT) abarcan la suma de cuatro grupos de compuestos, (Aldrines, DDT y sus metabolitos; Metoxicloro y sus metabolitos Hexaclorohexanos), 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 Marin (2002), en aguas costeras de Colombia. Con esas bases se concertó que las concentraciones inferiores a 5 ng/L se consideran bajas y no representan un riesgo para el ambiente, aquellas 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 (OCT) con riesgos potenciales graves para la biota.

Como las principales fuentes de plaguicidas al medio marino se han identificado en el pasado, a los cultivos de banano, arroz, pastos, algodón, maíz y frutales. Son también fuentes las actividades de procesamiento de los mismos productos en ciudades como Cartagena y Barranquilla; los residuos de estas actividades que son transportados por los ríos y escorrentías cercanas, como es el caso del río Magdalena y los ríos que cruzan la zona bananera de Urabá y Magdalena. En el Pacífico se identifican como fuentes de plaguicidas las escorrentías de los ríos de la parte sur, principalmente en Tumaco, que es el único municipio costero donde se desarrolla agricultura intensiva de palma africana, las campañas

de erradicación de la malaria, las actividades de inmunización de la madera en aserríos y en los últimos años la aparición de cultivos ilícitos. En la actualidad también se plantea la hipótesis de transporte por las corrientes marinas desde otros sectores incluso transnacionales como ocurre en las aguas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Los resultados muestran que los sitios en donde ha sido recurrente la presencia de los OCT, son la zona costera del Magdalena, Golfos de Morrosquillo y Urabá en el Caribe; la Ensenada de Tumaco y Guapi en el Pacífico. Desde el 2001 hasta el 2005 los valores más altos se encontraron en el Pacífico, en el 2001 la mayor concentración se determinó en muestras de Cauca (94 ng/L), en el 2002 en el norte de Nariño (70.3 ng/L). En 2003 la situación cambió y la mayor concentración de OC se encontró en aguas del departamento de Magdalena (35.7ng/L Río Sevilla), no obstante ese mismo año la concentración máxima en el Pacífico fue de 20.5 ng/L (Chocó). En el primer muestreo del 2004 nuevamente la concentración máxima se halló en aguas del Pacífico 78.7 ng/L (Nariño), en contraste con la situación del Caribe, donde más del 90% de las muestras colectadas estuvieron por debajo del límite de detección a excepción de Magdalena, donde en el 2003 se encontró la mayor concentración de OCT a nivel nacional 35.7 ng/L. En el 2005 aunque el valor máximo se halló en San Andrés (59 ng/L), en el Chocó también se registró un valor de 27.0 ng/L (Río Nuquí). En el 2006 las concentraciones fueron inferiores a 3 ng/L, ya en el 2007 nuevamente el valor más alto en todo el país se localiza en la región del Urabá Antioqueño (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). Para el año 2009 solo se presentaron casos puntuales de altas concentraciones de OCT en los departamentos de Chocó (Río San Juan, 259.5 ng/L) y Valle del Cauca (003 Bahía de Buenaventura, 84.5 ng/L) estando los registros para OCT en los demás departamentos en concentraciones indetectables para la técnica analítica usada, por debajo del límite de detección (0.032 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 registro un valor alto en el Río San Juan, los niveles se han mantenido por debajo del valor de referencia de 30 ng/L. Esto puede atribuírsele básicamente a la restricción en el uso de plaguicidas organoclorados y los cambios en las antiguas prácticas agrícolas, que por la necesidad de producir más alimentos conlleva a la utilización de compuestos agroquímicos y plaguicidas en exceso.

La continua presencia de residuos clorados en Urabá y en la zona costera de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (>50 ng/L) durante el 2005 y 2006, es una señal de alerta, ya que su presencia podría estar asociada al transporte marino o aéreo desde Centroamérica. Se debe seguir monitoreando estas islas para establecer si los residuos son transportados desde otros sectores o provienen del uso local de esas sustancias.

Los valores históricos más altos se registraron en los departamentos de Magdalena, Bolívar y Atlántico, esto se debe a que estos departamentos junto con Córdoba y Sucre han presentado a lo largo de la historia los desarrollos agrícolas más grandes de las llanuras costeras del País. Ha sido recurrente la presencia de OC en Bolívar, principalmente la Bahía de Cartagena y la Ciénaga de Tesca. También, se han reportado concentraciones altas en aguas, sedimentos y organismos de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Ramírez, 1988) y el Golfo de Urabá, en cuya cuenca existe una fuerte actividad bananera que consume estos agroquímicos (Morales, 2001).

3.3.4 Metales pesados

La contaminación por metales pesados es una de las mayores problemáticas de contaminación del medio ambiente marino costero. El principal inconveniente que presentan los metales pesados en el medio ambiente es que no se degradan por la actividad microbiana, por el contrario pueden ser enriquecidos por los organismos que a veces forman complejos órgano metálicos; otros al estar en concentraciones que sobrepasan los niveles naturales provocan serios problemas ecológicos como resultado de procesos de

bio-acumulación y de bio-magnificación 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). El medio marino alberga una gran variedad de contaminantes que pueden provenir de distintas fuentes siendo los más abundantes aquellos que proceden del continente, debido a las actividades antropogénicas que se desarrollan en tierra y que finalmente se concentran en las zonas costeras originando problemas en el entorno marino.

La costa Caribe colombiana, se destaca por la existencia de varias zonas sensibles, alteradas principalmente por el desarrollo de actividades antrópicas que son el producto de acelerados procesos de población e industrialización. Entre las áreas o zonas de mayor afectación y vulnerabilidad, es importante resaltar entre otros, el área de influencia del río Magdalena considerado la principal arteria fluvial del país, por tanto la mayor fuente de contaminación en la zona Caribe. En su recorrido de sur a norte, este río recoge los desechos domésticos e industriales de las grandes ciudades y los centros de mayor producción económica del país. La bahía de Cartagena, sigue siendo de interés para el estudio de contaminación por metales pesados, consecuencia de la disposición de las aguas residuales derivadas de actividades industriales y domésticas. Los resultados mostraron que el sector de la bahía de Cartagena sigue siendo motivo de preocupación, las concentraciones registradas durante algunas épocas para Cd, Cr y Pb, las concentraciones se encuentran en rangos mayores de 200 µgPb/L en el 2009, de 90 µgCr/L en el 2008 y 70 µgCd/L en el 2007, valores que sobrepasan los referidos en normas internacionales como de riesgo, es relevante el hecho que las concentraciones de estos elementos en las aguas costeras del departamento de Bolívar se hayan elevado a partir del 2006. De igual manera el departamento de Córdoba presenta un incremento en la presencia de este tipo de contaminantes a partir del 2003, aunque los valores registrados en esta zona no superan los referenciados como de riesgo en normas internacionales, se evaluar las posibles fuentes de contaminación de estos elementos en la zona costera de este departamento. Los departamentos de Sucre, Guajira, Magdalena, Atlántico y Antioquia, presentan algunos valores atípicos que sobrepasan la tendencia general, se evidencia que en general dicha tendencia es hacia la disminución de la presencia de cadmio, plomo y cromo, es sus aguas costeras.

En el Pacífico colombiano, se presentan dos zonas costeras de importancia, los municipios de Buenaventura y Tumaco, cuyos resultados hasta el monitoreo de 2009 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 por debajo de los valores referenciados por normas internacionales como de riesgo (EPA, 2002; Conama, 1986). El departamento de Nariño, se han registrado las mayores concentraciones de plomo de la región. Otros departamentos costeros como Cauca y Choco donde existe un marcado desarrollo de actividades como la industria maderera, fuente importante para la economía de la región, además de la existencia de explotación minera, 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 por debajo de los valores referenciados como de riesgo. 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 desde 2003 a 2009.

3.3.5 Conclusiones

Las descargas de iones de nitrógeno y fósforo durante el último año de muestreo, indican disminución en los aportes continentales de la mayoría de los departamentos costeros, sin embargo algunos mantienen sus concentraciones de aporte históricas. Estos casos se evidencian en los departamentos de Antioquia, San Andrés y Providencia, Bolívar y Atlántico, como consecuencia de las descargas de ríos y las actividades productivas que las influyen.

La calidad microbiológica de las aguas costeras del País se encuentra influenciada principalmente por los vertimientos de aguas residuales y las descargas de los ríos, encontrando mayor deterioro durante la época de lluvias. Los departamentos que han presentado mayor recurrencia de condiciones no aptas para actividades recreativas son Antioquia, Sucre y Córdoba en el Caribe; y Valle del Cauca, Choco y Nariño en el Pacífico.

Los vertimientos de hidrocarburos dispersos disueltos HDD y plaguicidas OC desde el 2001 muestran una disminución importante en sus concentraciones tanto en el Caribe como en el Pacífico. Durante el 2009, los sitios donde se registraron valores mayores a los de referencia (10 µg/L para HDD) y (30 ng/L para OC) son de carácter puntual. Este comportamiento esta asociado en primer lugar al aumento de controles en los puertos para vertimientos desde buques y en el segundo aspecto a la implementación de buenas prácticas agrícolas que disminuyen el uso de plaguicidas en cultivos tradicionales tanto de la región Caribe como Pacífica.

Las fuentes principales de contaminación por hidrocarburos Tanto en el Caribe como el Pacífico Colombiano esta asociado con los afluentes que posiblemente aportan cantidades considerables de hidrocarburos al ser vías de tránsito marítimo, turístico, comercial y de actividades en torno a la exportación de cultivos agrícolas, usando lanchonetas, embarcaciones; además en la rivera de estos ríos se hace mantenimiento de motores, generando acumulación de residuos oleosos y recipientes de aceites sobre el agua, asimismo son comunes los surtidores de combustibles en las orillas de los cursos de agua, sumado a esto, también las descargas residuales de poblaciones ribereñas. Para el caso de plaguicidas las principales fuentes son los cultivos de banano, arroz, pastos, algodón, maíz y frutales; la manufactura de los mismos en las ciudades; los residuos de estas actividades que son transportados por los ríos y escorrentías; tal es el caso del río Magdalena y los ríos que cruzan la zona bananera de Urabá y Magdalena. En el Pacífico se identifican como fuentes de plaguicidas las escorrentías de los ríos de la parte sur, principalmente en Tumaco, que es el único municipio costero donde se desarrolla agricultura intensiva de palma africana, las campañas de erradicación de la malaria, las actividades de inmunización de la madera en aserríos y en los últimos años la aparición de cultivos ilícitos. En la actualidad también se plantea la hipótesis de transporte por las corrientes marinas desde otros sectores incluso transnacionales como ocurre en San Andrés.

Las zonas costeras del país, presentan tendencia general a disminuir la presencia de contaminación con metales pesados, a excepción de los departamento de Bolívar, Córdoba y Nariño, en cuyas costas parece sostenerse los aportes de estos contaminantes o incluso aumentar.

Costa Caribe



Playas del Distrito de Cartagena

COSTA CARIBE

4. ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS EN LA COSTA CARIBE

Las aguas marinas del Caribe reciben constantemente vertimientos de aguas residuales que contienen nutrientes inorgánicos, sólidos y otras sustancias, entre las cuales se encuentran principalmente, las aguas costeras de los departamentos de Bolívar (amonio y sólidos en suspensión), San Andrés (nitratos y fosfatos) y Sucre (silicio), cuyas concentración fueron las más altas durante el último año de muestreo. Las playas más afectadas por la presencia de Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) en el periodo 2008 -2009 fueron: playa Arboletes (Antioquia), Coveñas Coquerita y playa Tolú en Sucre, playa Buritaca y Mendihuaca en Magdalena, Puerto Escondido en Córdoba y playa Riohacha en La Guajira. Los contaminantes de hidrocarburos, organoclorados y metales pesados siguen evidenciando disminución de sus concentraciones en las aguas costeras, aunque existen puntos donde se debe incrementar la vigilancia sobre estas sustancias, para prevenir el aumento de la contaminación al medio marino.

4.1 FUENTES TERRESTRES DE CONTAMINACIÓN

4.1.1 CASO ESTUDIO: CARTAGENA

El distrito turístico y cultural de Cartagena se ubica al norte del departamento de Bolívar sobre el mar Caribe entre latitud 10°26' – 10°16' N y longitud 75°30' – 75°36' W (CIOH, 1997) con un área de 60 9,1 km². La bahía de Cartagena tiene un área superficial de 82 Km² y 16 m de profundidad promedio, con un cerramiento natural por las islas de Tierra Bomba y Barú y dos entradas que la comunican con el mar: Bocagrande y Bocachica. En la bahía desemboca el Canal del Dique (tributario del río Magdalena) con sedimentos y materiales que han mantenido la bahía en condiciones estuarinas donde dominan condiciones de agua de mezcla (CIOH, 1997). Además, está la ciénaga de la Virgen donde se descarga gran parte de las aguas residuales domésticas de la ciudad y el cerro de la popa, formación montañosa elevada en cuya cima se levanta un antiguo convento y en sus faldas se asienta la población más deprimida de Cartagena (Figura 4.1-1).

Asentamientos humanos – Residuos domésticos

Cartagena con sus 933946 habitantes es la segunda ciudad más poblada del Caribe (DANE, 2009), población que se distribuye entre el perímetro urbano, las islas de Barú (Ararca) y Tierra Bomba (Tierra Bomba, Bocachica, caño de oro, punta Arena) y la zona industrial de Mamonal (Membrillal, Policarpa, Pasacaballos), con la mayor proporción concentrada en esta última parte (Mamonal, 214 hab/ha) debido a las múltiples oportunidades de empleo que se pueden obtener en las empresas establecidas en la zona industrial y los desplazamientos forzosos en regiones vecinas (CARDIQUE, 2006). Cartagena es una ciudad de contrastes (Figura 4.1-2), Bocagrande ubicada muy cerca al área amurallada es el sector de mayor desarrollo hotelero, comercial y turístico; sectores como Manga o Papayal en el centro de la ciudad están más orientados al uso residencial del suelo; Mamonal es el sector que presenta una creciente urbanización debido a la coyuntura del empleo y al desplazamiento desde otras poblaciones, mientras que los barrios cercanos al pie del Cerro de la Popa y los adyacentes a la Ciénaga de la Virgen revelan una situación de pobreza con escasa o nula infraestructura de saneamiento básico.

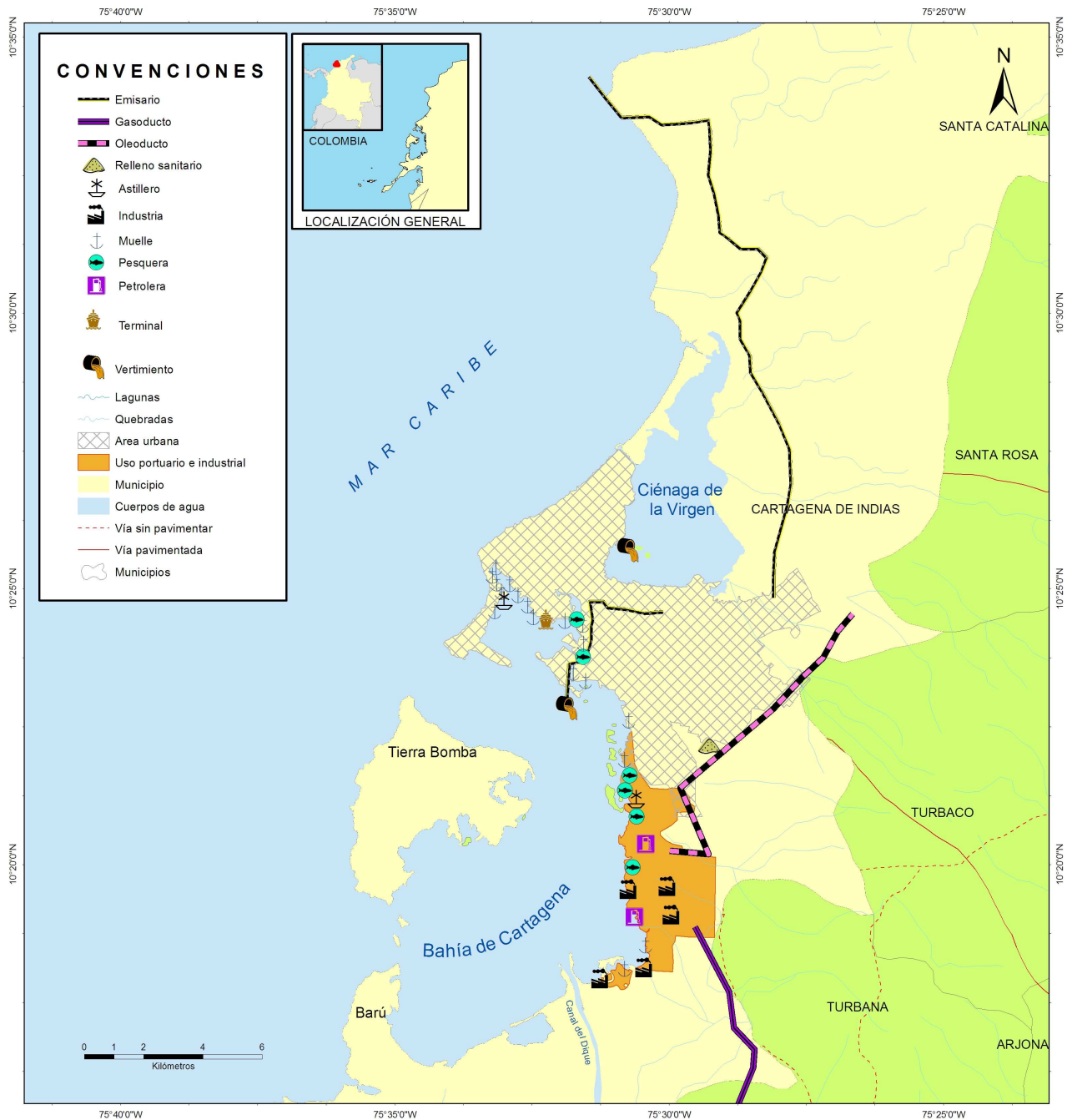


Figura 4.1-1. Mapa del distrito de Cartagena con las principales actividades y fuentes de contaminación. Fuente POT Cartagena.

Según los cálculos derivados de la población (MinDesarrollo, 2002) en Cartagena se generan aproximadamente 142894 m³/día de ARD, de los cuales el 77% va al sistema de alcantarillado (Censo general, DANE 2005) y el resto utilizan otros sistemas de disposición o se vierten directamente a los cuerpos de agua; aunque en los últimos dos años la cobertura ha aumentado al 85.3% a través de obras

de ampliación del alcantarillado (ACUACAR, 2009). Tanto la Bahía de Cartagena como la Ciénaga de la Virgen son los principales cuerpos receptores de las descargas de ARD e industriales del municipio (SSPD, 2009), pero la Ciénaga de la Virgen es el caso más preocupante por el carácter lentic, la baja renovación de agua y la fuerte presión ambiental ejercida por la población circundante, que llevó a crear en el año 2000 la Bocana de estabilización para el intercambio de aguas entre la Ciénaga y el Mar Caribe (Beltrán, 2003).



Figura 4.1-2. Tipo de edificaciones y contraste en zonas del distrito de Cartagena

Los residuos líquidos de la ciudad se manejaban a través de redes de colectores y más de 12 puntos de vertido entre emisarios submarinos y descargas directas. En la actualidad, las descargas a la bahía de Cartagena se hacen únicamente por el emisario de Manzanillo que vierte cerca de 23200 m³/día de ARD del perímetro urbano de Cartagena mientras que la Ciénaga de la Virgen recibe 3 descargas a través de las impulsiones del Oro y Paraíso Ciénaga y la descarga de las redes del barrio San Francisco con un vertido total de 43.148 m³/día de ARD, sin embargo, estas redes no favorecen los barrios ubicados en las faldas del cerro de la Popa o el sector industrial de Mamonal (ACUACAR, 2009). Para aliviar esta problemática, está en marcha un proyecto orientado a mejorar la infraestructura de saneamiento básico y el vertido de aguas residuales por medio de la instalación de un emisario submarino de alta tecnología, anexo a una planta de tratamiento de aguas residuales en Punta Canoa a una distancia de 2.85 Km mar adentro y 20 m de profundidad (MAVDT, 2009), se espera que esta obra de ingeniería solucione de forma definitiva los problemas de vertidos domésticos en la Bahía de Cartagena y la Ciénaga de la Virgen como primer paso hacia la recuperación de dichos ecosistemas (Figura 4.1-3).

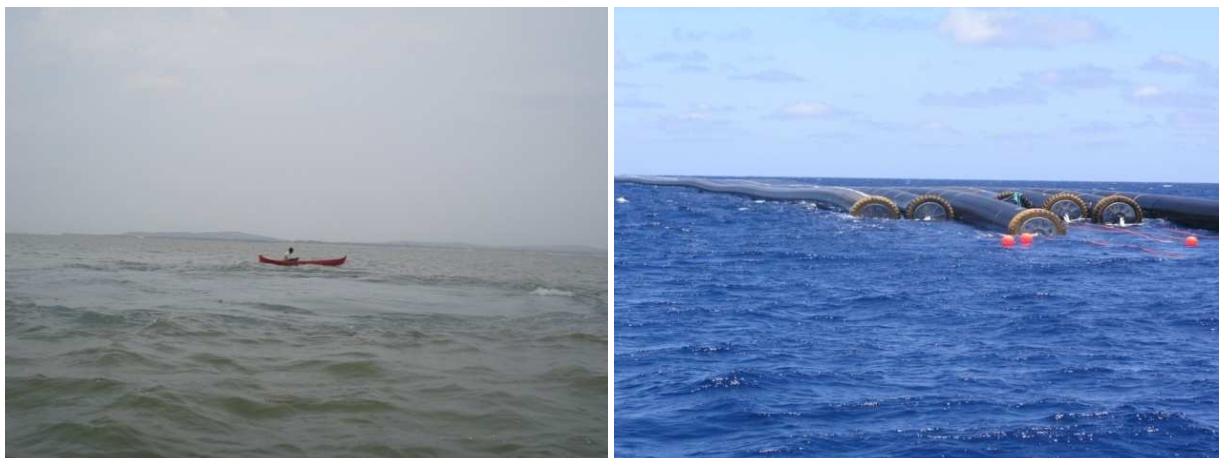


Figura 4.1-3. Sistemas de vertido a) afloramiento de agua residual en el emisario submarino de Manzanillo en la Bahía de Cartagena; b) instalación del nuevo emisario submarino en Punta Canoa. Fuente: MAVDT, 2009

Las poblaciones de Isla Barú y Tierra Bomba carecen de sistema de alcantarillado sólo algunas casas poseen pozo séptico y las que no, arrojan los desechos a campo abierto. La zona de Mamonal por su parte, cuenta con un subsistema que tiene la misma disposición final de las AR de la ciudad de Cartagena, constituido por los sistemas de vertimiento que tiene cada empresa bajo la supervisión de CARDIQUE y EPA, (CARDIQUE, 2006).

Los residuos sólidos (RS) que genera la población de Cartagena son recolectados por el servicio de aseo que prestan dos empresas, las cuales reportaron para el 2008 un promedio total de recolección en el distrito de 24255 ton/mes y frecuencias semanales de recolección para los RS domésticos y los RS comerciales de 3 y 6 veces respectivamente. Una vez colectados los residuos se transportan al relleno sanitario Parque Ambiental Loma de los Cocos (SSPD, 2009). No obstante, en la zona urbana existen muchos residuos que no son recolectados por ninguna empresa y se abandonan en diferentes vías de la ciudad como es el caso de los barrios aledaños a la vía perimetral o se desechan indiscriminadamente al mar o a la Ciénaga de la Virgen ahondando en su deterioro (Figura 4.1-4). Las islas Barú y Tierra Bomba no cuentan con servicio de recolección de basuras, por lo tanto, los RS son quemados, dispuestos en cuerpos de agua o utilizados en el relleno de terrenos para construir casas (CARDIQUE, 2006).



Figura 4.1-4. Disposición inadecuada de residuos sólidos en algunos sectores de Cartagena

Actividades productivas y socioeconómicas

La actividad económica de Cartagena es principalmente industrial, representada por la zona de Mamonal, que cubre la manufactura de sustancias químicas básicas, productos plásticos, bebidas no alcohólicas, curtición de pieles, cementeras, ladrilleras, procesadoras de lácteos, carnes, aves, pescados y mariscos,

abonos químicos y compuestos nitrogenados, industria metalmecánica, petróleo, eléctrico, plaguicidas y actividades portuarias de tipo comercial e industrial (CARDIQUE, 2006). En el área, la zona industrial de Mamonal concentra el sector petroquímico y el mayor porcentaje de industrias, seguido de El Bosque, con cerca del 70% de la producción de granos, arroceras y harinas, entre otros; las islas de Tierra Bomba y Barú se dedican básicamente al turismo, agricultura y pesca.

Turismo

Una de las actividades más importantes de la zona corresponde a la vocación turística, Cartagena es un destino por excelencia a nivel mundial y uno de los puertos de veraneo más visitados en América latina. Según el Informe de Coyuntura Económica Regional del Departamento de Bolívar (2006), el turismo representaba el 8.4% del número de empresas, con una capacidad hotelera promedio de 4445 habitaciones (Figura 4.1-5; CARDIQUE, 2006). Desde el 2007 se inició la reactivación de la industria de cruceros en Cartagena y en el 2009 la ciudad ha tomado medidas para recibir las embarcaciones y estar a la altura de los mejores destinos internacionales de cruceros, doblando el personal de aseo, guías, taxistas, etc. y se espera que en los próximos meses arriben 193 embarcaciones con 360 mil turistas y 139 tripulantes.



Figura 4.1-5. Turismo en las playas de Cartagena y llegada de cruceros a los puertos de la ciudad de Cartagena

Actividad marítima y portuaria

La ciudad tiene uno de los principales puertos de comercio exterior del país, cuenta con infraestructura portuaria de 3 terminales públicos y 48 privados distribuidos en la Sociedad Portuaria Regional de Cartagena – SPRC, Muelle el Bosque y Muelle Contecar, todos sobre la bahía de Cartagena, 11 sitios de atraque acondicionados para maniobras de atención de barcos de carga y de pasajeros (SPRC, 2009), además la SPRC dispone de la infraestructura y eficiencia necesarias para atender barcos hasta de 5500 TEUs, El puerto moviliza en promedio 17 millones de toneladas anuales de carga entre hidrocarburos, carbón, carga general, pesqueros y graneles, al mismo tiempo son la entrada de productos y transporte de materias primas a las diversas industrias del sector de Mamonal (CARDIQUE, 2006; Supertransporte, 2008). Igualmente Cartagena tiene varios muelles pequeños en donde atracan las embarcaciones menores que transportan mercancía o pasajeros, así como el embarcadero turístico (Figura 4.1-6).



Figura 4.1-6. Actividades marítimas, portuarias y muelles pequeños para embarcaciones menores dedicadas al comercio o al turismo en Cartagena

Agricultura

La agricultura de Cartagena se encuentra en un proceso de disminución de la capacidad productiva debido a que se viene realizando de forma artesanal desde hace muchos años y por ende el proceso genera rentabilidades bajas, obligando a los pobladores a adoptar diferentes alternativas de subsistencia. El distrito tiene capacidad de 350000 hectáreas para actividad agrícola, de las cuales en la actualidad solo el 48% está siendo utilizado. Los cultivos de yuca, plátano, coco, maíz y frutales, entre otros son los más importantes de la zona y son transportados en su gran mayoría a través del terminal El Bosque en el extremo norte de la ciudad (CARDIQUE, 2006).

Industrias

El desarrollo industrial del distrito está representado por la zona industrial de Mamonal la cual reúne más de 92 instalaciones industriales correspondientes a diversos sectores de manufactura y producción (Figura 4.1-7), entre ellos se encuentran: sustancias químicas básicas, productos plásticos, petróleo y actividades de tipo comercial e industrial (CARDIQUE, 2006).



Figura 4.1-7. La zona industrial de Mamonal reúne diversidad de instalaciones de tipo manufacturero y de producción.

Los valores de las cargas que produce el sector industrial de Cartagena, corresponden a resultados del monitoreo y caudales de descarga de cada empresa, suministrados por CARDIQUE de las diferentes actividades productivas de la zona en el 2008.

La Figura 4.1-8 muestra que las variables con mayor cantidad de información (>100 datos) son aceites y grasas, DBO₅, DQO, amonio (NH₄), nitrógeno total Kjeldahl (N_{kje}), fósforo total (P_{tot}), sólidos sedimentables (S_{sed}), sólidos suspendidos totales (SST) y la Figura 4.1-9 muestra que la elaboración de productos lácteos, elaboración de abonos, procesamientos pesqueros, elaboración de bebidas, productos de refinación del petróleo, resinas y PVC, sustancias químicas básicas y otras industrias (no clasificadas) son las industrias con mayor información disponible (>100 datos).

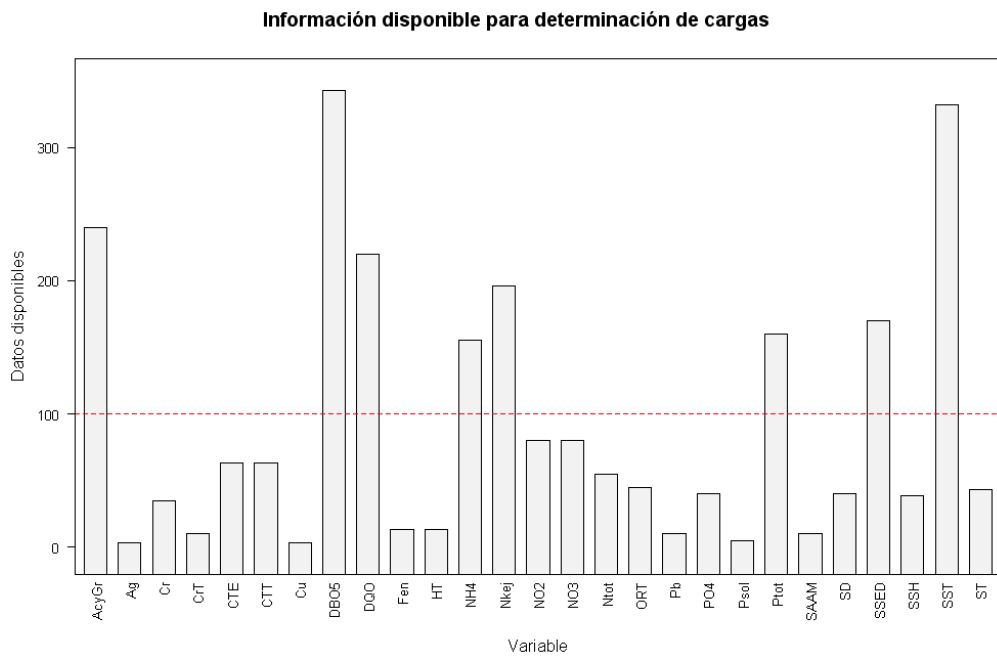


Figura 4.1-8. Variables con más de 100 datos disponibles: **aceites y grasas, DBO₅, DQO, NH₄, N_{kje}, P_{tot}, S_{sed}, SST.**

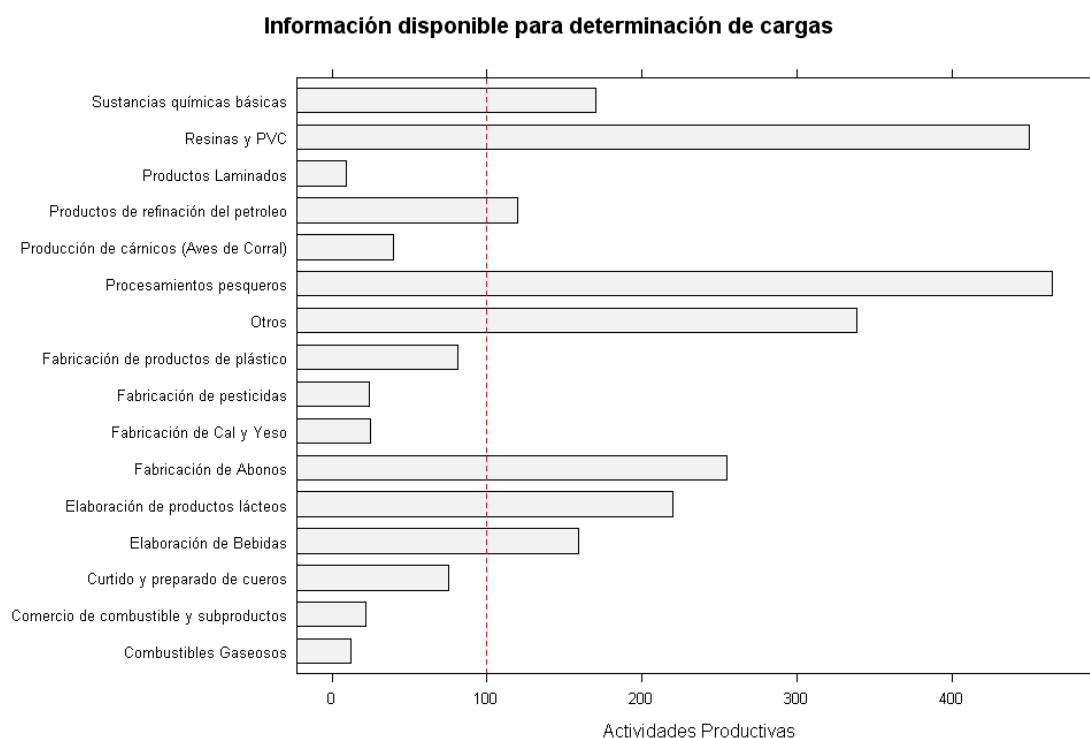


Figura 4.1-9. Cantidad de datos disponibles por actividad productiva según los códigos industriales internacionales uniformes (CIIU ver. 3). Fuente: CARDIQUE.

Inicialmente se compararon las descargas anuales con el tipo de actividad que realiza cada empresa, para ver la influencia y monitorear de mejor forma los riesgos a los que puede estar expuesto el ambiente.

La Figura 4.1-10 muestra las cargas por actividad, considerando sólo tendencias significativas si la actividad y el parámetro evaluado correspondían a grupos con suficiente información de acuerdo a la metodología planteada. Se destaca la actividad de *procesamiento de productos pesqueros* por presentar las mayores descargas y una alta variabilidad en grasas y aceites, DBO₅, sólidos suspendidos, amonio, fósforo y nitrógeno total Kjeldhal. También se observaron cargas importantes en la elaboración de productos derivados del refinamiento del petróleo, principalmente de sólidos suspendidos, DBO₅, amonio y nitrógeno total Kjeldhal. El análisis refleja comportamientos similares entre las demás variables, siendo la industria de procesamiento pesquero la que mayores valores registra, seguida de la industria de refinados del petróleo. Adicionalmente se encontró que:

- El comportamiento de las descargas de amonio y nitrógeno total Kjeldhal siguieron patrones similares como era de esperarse, el amonio producido individualmente por las empresas pesqueras osciló entre 200-300 ton/año, mientras que las industrias de derivados del petróleo registraron cargas entre 150-180 ton/año.
- Los sólidos sedimentables fueron las descargas más variables entre los registros, sin embargo se sigue manteniendo una media general entre las empresas. Las industrias de procesamiento pesquero muestran valores superiores a los registrados para las demás empresas, incluso se encontró un atípico de 4000 L/año.

- Las descargas de sólidos suspendidos fueron mayores en empresas dedicadas a derivados del petróleo con valores que oscilan entre 1000 y 2000 ton/año seguidas de las industrias de procesamiento pesquero.
- La DQO no tiene una gran variabilidad entre las empresas registradas, se puede considerar una variable estática entre las industrias.

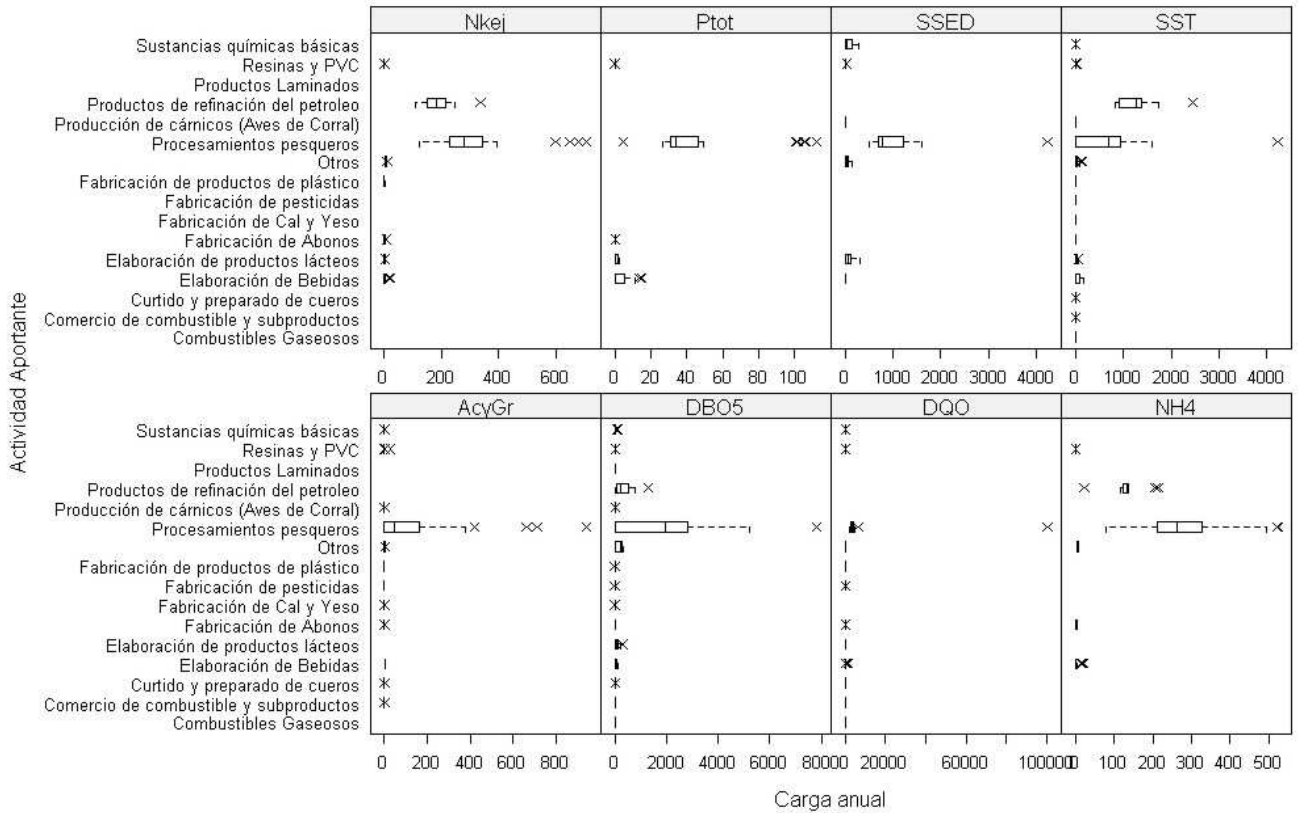


Figura 4.1-10. Cargas aportadas por las principales actividades productivas de Cartagena. AcyGr = Aceites y grasas, DBO₅= Demanda bioquímica de oxígeno, DQO = Demanda química de oxígeno, NH₄ = Nitrogeno Amoniacal, N_{kje} = Nitrógeno total kjeldhal, P_{tot} = Fósforo total y SST = Sólidos suspendidos totales en [T/año], S_{sed} = Sólidos sedimentables en [L/año]. Fuente de información: CARDIQUE

4.2 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS

La contaminación de las aguas marino-costeras del Caribe colombiano, están generados principalmente por los vertimientos que realizan las zonas urbanas y desembocaduras de ríos debido al las descargas de aguas servidas, lixiviados de basuras y residuos agroindustriales (CIMAB, 2008).

Durante el último año de muestreo, los valores de oxígeno disuelto en las aguas de los ríos que drenan al Caribe, se han encontrado en su mayoría buenos para la conservación de flora y fauna al presentar valores que superan lo que establece la norma, entre 4.5 – 9.0 respectivamente (MinSalud, 1984), las excepciones son los ríos Magdalena (en la estación de Canal del Clarín) y el Arroyo Villeros en Sucre,

que presentaron valores inferiores a 4 mg/L. En estos casos, el problema se presenta por la acumulación de materia orgánica en los cuerpos de agua, que además presentan disminución de sus flujos. El pH de sus aguas en promedio fue de 6.6 ± 0.38 , que se ubica dentro del rango que señala la norma colombiana (6.5 – 9.0; decreto 1594 de 1984). Los sólidos en suspensión presentan un promedio de 245 mg/L, pero los departamentos que mayor concentración presentaron para este parámetro fueron Bolívar, Atlántico y Antioquia. Las descargas de algunos ríos y caños de estos departamentos, están influidas por las actividades agrícolas y las lluvias, que generan el arrastre de sedimentos aumentando las concentraciones de nutrientes en las aguas continentales. Las concentraciones promedio de nitritos $10.9 \pm 6.8 \mu\text{g/L NO}_2$ y el departamento que más aportes hizo fue Bolívar con promedio de $43 \pm 19.4 \mu\text{g/L NO}_2$; los nitratos $203.4 \pm 150.1 \mu\text{g/L NO}_3$ con los mayores aportes realizados por el río Magdalena, el canal del Dique y los ríos de Antioquia; para el amonio $67.9 \pm 22.6 \mu\text{g/L NH}_4$, otra vez Antioquia y Bolívar presentaron las mayores concentraciones; los fosfatos $103.8 \pm 79.8 \mu\text{g/L PO}_4^{3-}$ con los ríos de Antioquia y Córdoba don de se midieron las mayores concentraciones.

Las aguas estuarinas del Caribe presentaron promedios de salinidad 9.4 y 34.2 ± 11.4 ; los valores del pH oscilaron entre promedios de 7.7 y 8.2 ± 0.45 ; el oxígeno disuelto presentó valores entre 5,3 y $8,6 \pm 1.79 \text{ mg/L}$, que son valores normales para el uso del recurso en preservación de flora y fauna. Las concentraciones promedio de nitritos estuvieron entre 2.3 y $66. \pm 40.5 \mu\text{g/L NO}_2$ donde el río Magdalena fue el de mayor concertación del parámetro; los nitratos fluctuaron entre 10.6 y $171.1 \pm 93.7 \mu\text{g/L NO}_3$ las aguas de Sucre y Bolívar presentaron los mayores valores medidos; el amonio fluctuó entre 10,7 y $666 \pm 142 \mu\text{g/L NH}_4$ el valor máximo fue registrado en el departamento de Sucre; los fosfatos estuvieron entre 11.1 y $166.8 \pm 141.6 \mu\text{g/L PO}_4^{3-}$ en promedio más alto de concentración se encontró en el departamento de sucre, específicamente en los caños Guainí, Alegría y Pechelín. Las concentraciones de silicio en el Caribe, fluctuaron entre 204 y $4441 \pm 1861 \mu\text{g/L Si}$, con los valores más altos medidos en el departamento de La Guajira. Los sólidos en suspensión han registrado promedios entre 8 y $221 \pm 183.8 \text{ mg/L}$, con el valor máximo encontrado en el río Magdalena (Atlántico). Generalmente las aguas estuarinas sufren una disminución de los flujos de agua, por lo que muchas de las sustancias que llegan, son retenidas, causando aumento en la concentración de las mismas. Esa es la situación en las ciénagas alrededor del río Magdalena, como la Ciénaga Grande de Santa Marta y Mallorquín.

En las aguas marinas del Caribe, los nutrientes inorgánicos han fluctuado durante el primer semestre del 2009 entre 6.8 y $95 \pm 35.5 \mu\text{g/L NH}_4$ el valor máximo promedio se encontró en las aguas del departamento de Bolívar; en nitrito fluctuó entre 0.4 y $3.9 \pm 1.28 \mu\text{g/L NO}_2$; las concentraciones promedios de nitratos han variado entre 4.8 y $54.2 \pm 8.5 \mu\text{g/L NO}_3$ en este caso el promedio más alto se encontró en las aguas del departamento de San Andrés (Figura 4.1-2); las concentraciones promedios del ortofosfatos han estado entre 4.3 y 67.3 ± 17.7 y el valor más alto se encontró en el departamento de San Andrés; para el silicio las concentraciones promedio extremas han estado entre 5 y $560 \pm 150 \mu\text{g/L}$, con el valor máximo registrado en el departamento de Sucre. Las condiciones del oxígeno disuelto se han presentado entre 6.5 y $8.3 \pm 0.53 \text{ mg/L}$, que denotan buenas condiciones de sus aguas al compararse con el decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984); el pH de las aguas ha estado entre 7.9 y 8.1 ± 0.04 unidades ajustado al rango que dice la norma para este tipo de aguas naturales; los sólidos en suspensión han presentado promedios entre 10.5 y $120 \pm 42 \text{ mg/L}$, el máximo valor promedio se registró en las aguas del departamento de Bolívar.

A pesar de que los mayores aportes continentales de nutrientes inorgánicos, se registran en las costas de los departamentos de Bolívar, Sucre, Antioquia y Atlántico, son las aguas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, las que presentaron aumento de nutrientes, posiblemente causados por la actividad turística que se ha incrementado en los últimos años y que produce cargas importantes de aguas residuales.

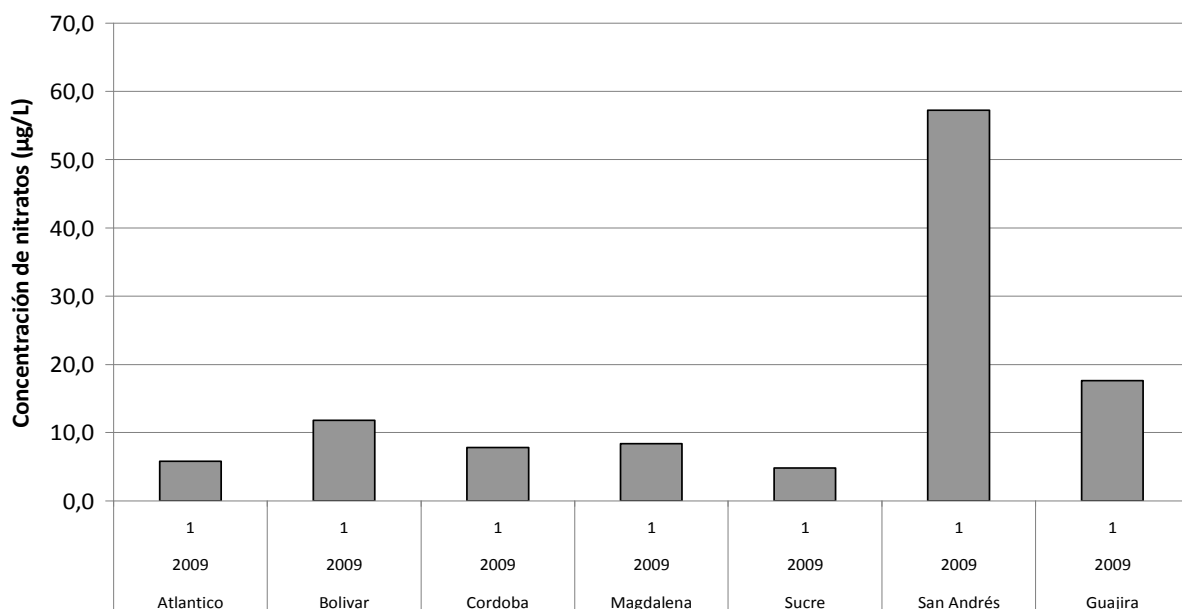


Figura 4.2-1. Concentraciones promedio del nitrato en las aguas marinas de los departamentos del Caribe colombiano.

4.3 PRESENCIA DE CONTAMINANTES

4.3.1 Microorganismos de Origen Fecal

El turismo es una de las actividades económicas más importantes y de mayor crecimiento en el mundo actual. Los países de la costa del Caribe como Cuba, Colombia y Puerto Rico atraen anualmente millones de turistas que arriban con el ánimo de disfrutar sus playas, actividad que constituye una de las principales fuentes de ingreso económico a estas Naciones. El Caribe colombiano cuenta con una amplia oferta de balnearios costeros, de gran relevancia económica, social y cultural para las comunidades, razones por las cuales resulta fundamental mantener favorablemente las condiciones ambientales y sanitarias de estos ecosistemas.

A nivel sanitario, la calidad microbiológica de las aguas costeras recreativas juega un papel fundamental, teniendo en cuenta que garantiza la salud de los visitantes y las playas adquieren un valor agregado para el desarrollo del turismo. En Colombia desde el año 2001, se ha monitoreado la calidad microbiológica de las aguas marinas y los resultados revelan que el mayor número de casos de playas no aptas para actividades recreativas se ha presentado en Antioquia (60%) y Sucre (56%). Los balnearios de estos departamentos al igual que en otras zonas de la región, se encuentran próximos a las descargas de efluentes continentales, reciben el impacto de las aguas de escorrentías, se ven influidos por episodios de precipitaciones fuertes y albergan cientos de turistas al año sin un manejo planificado de las áreas; estos factores de manera individual y conjunta han sido descritos como causantes del deterioro de la calidad de las playas (González *et al.*, 2003; OMS, 2003).

Durante el periodo de evaluación vigente, II-2008 y I-2009, el 25 % de las playas presentó condiciones no aptas para actividades recreativas de acuerdo a los límites establecidos en la legislación nacional (MinSalud, 1984), de los cuales el 39% se registró en época seca y el 61% en época lluvias. Por lo general durante la época de lluvias, la afectación de la calidad sanitaria de las playas es mayor, ya que

los caudales de los ríos y las escorrentías aumentan, trayendo consigo los contaminantes retenidos en el suelo y generando la re-suspensión de sedimentos que originan un incremento en las concentraciones de microorganismos indicadores de hasta 500% (Anh *et al.*, 2005; Brownell *et al.*, 2007).

Los valores más altos de Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) en el periodo II-2008 y I-2009, se encontraron en: playa Arboletes (22.000) en Antioquia, Coveñas Coquerita (14000) y playa Tolú en el sector del hotel Playa Mar (9200) en Sucre, playa Buritaca y Mendihuaca (13.000) en Magdalena, Puerto Escondido en Córdoba (11000) y playa Riohacha (4900 NMP /100 ml) en Guajira. La presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal supone la presencia de organismos patógenos, causantes de enfermedades, los cuales pueden transmitirse al hombre durante la natación, el baño y otras actividades en la que se pueda presentar contacto o ingestión involuntaria de agua. Los riesgos aumentan cuando el tiempo y número personas expuestas es mayor (OMS, 2003).

Generalmente las aguas recreativas de las playas contienen una mezcla de microorganismos patógenos y no patógenos, provenientes de diversas fuentes puntuales y no puntuales tales como los ríos y efluentes de aguas doméstica e industriales sin tratar, además de fuentes difusas como las descargas de la agricultura, la actividad forestal, escorrentías urbanas, escorrentías silvestres y bañistas (Elmir *et al.*, 2007; Savichtcheva y Okabe, 2006; Noble *et al.*, 2003; OMS, 2003). Los ríos son una fuente importante en el aporte de contaminantes microbiológicos, ya que a lo largo de su cauce, reciben las descargas de aguas residuales de las poblaciones aledañas y las transportan hasta la zona costera. A nivel regional las máximas concentraciones de Coliformes totales (NMP/100 ml) se registraron en los ríos Hobo (2'800000), León (1'100000) y San Juan (1'100000) en Antioquia, río Sinú (1'600000) en Córdoba y río Magdalena a la altura de la Base Naval en el río Magdalena (1'300000) para ee Atlántico. Las aguas provenientes de estos tributarios son empleadas en múltiples actividades de pesca, domésticas, agrícolas e inclusive recreativas, por lo tanto los niveles de microorganismos obtenidos reflejan que las poblaciones están expuestas a un riesgo sanitario por su uso.

4.3.2 Hidrocarburos del Petróleo

Las concentraciones de hidrocarburos (HC) en la costa Caribe están directamente relacionadas con la exploración, explotación, transporte, refinación y usos del petróleo y sus derivados, como también en gran medida las actividades portuarias y marítimas. Existen problemas locales por derrames crónicos en los puertos, las refinerías de petróleo y por los buques de cabotaje, igualmente derrames accidentales por los buques de tráfico internacional (Garay, 1992). Se suma a esto el vertido de aguas servidas municipales que pueden contener cantidades considerables de aromáticos polinucleares (Harrison y Perry, 1975). La diversa industria manufacturera, localizadas 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 (MinAmbiente, 2000; Leyva, 2001).

Históricamente los sitios de la costa Caribe mas afectados por hidrocarburos disueltos y dispersos son las ciudades de Santa Marta (Magdalena), Barranquilla (Atlántico), Cartagena (Bolívar) y los golfos de Morrosquillo (Córdoba) y Urabá (Antioquia) se han encontrado valores de HDD que superan los 10 µg/L, establecidos como valor límite para aguas marinas y costeras no contaminadas (UNESCO 1984; Atwood *et al.*, 1988). Esto se relaciona con el desarrollo en los cinco departamentos de actividad marítima, actividades petroleras, parques industriales a orillas de los cuerpos de agua y los grandes centros urbanos. Además de zonas influenciadas por tributarios como Magdalena, Sinú, Turbo y León entre otros; donde es recurrente la entrada de residuos de hidrocarburos como resultado del aporte de los pueblos ribereños. En la actualidad, las concentraciones han presentado una marcada tendencia a disminuir, estando muy por debajo del valor de referencia, los sitios donde se siguen hallando las concentraciones más altas se encuentran cerca a las zonas costeras de las tres principales ciudades del Caribe y los golfos de Morrosquillo y Urabá, dadas en estos sectores sus crecientes actividades de tránsito marítimo, turístico, comercial.

El análisis de la información mostró en los últimos cuatro años una tendencia descendente, también se observa que las concentraciones más altas se presentan durante los segundos semestres (épocas lluviosas), lo que supone entradas adicionales del continente por efecto de escorrentías. En el 2001 se obtuvieron los rangos de concentración más amplios, alcanzando 33.0 µg/L (Magdalena) en la época seca, y 49.4 µg/L (Bahía Cartagena), en la temporada de lluvias; en el año 2002 las concentraciones no superaron los 17.8 µg/L (Córdoba) para la época seca y 25.17 µg/L (San Andrés), en lluvias; 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 el primer muestreo de 2005 de 4.7 µg/L nuevamente en el golfo de Morrosquillo (Playa Berrugas), en el segundo semestre 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 (5.92 µg/L) y el Golfo de Urabá (4.59 µg/L, Río Mulatos) en el primero y segundo semestre respectivamente; en el 2007 y 2008 nuevamente la concentración más alta se localiza en el Golfo de Morrosquillo en Playa Berrugas (4.75 µg/L) y la Boya de Ecopetrol TLU1 (9.0 µg/L). Ya para el primer semestre del año en curso, las concentraciones no superaron el valor de referencia, llegando incluso en su mayoría a valores inferiores a 6 µg/L (F. Manzanares 5.02 µg/L). Sin embargo se encontró un valor singular en la caño Pechelín que supera en más de tres órdenes de magnitud al valor límite permisible de HDD y fue de 38.18 µg/L obedeciendo posiblemente a un caso puntual de demarre de hidrocarburos en el lugar que concedió con el momento del monitoreo, por esta una estación sin ninguna relevancia histórica en cuanto a concentraciones altas de hidrocarburos.

Si se comparan las concentraciones actuales del Caribe (período 2008-2009), son bajas; esto ha sido posible a factores como la implementación de mecanismos de producción limpia, impulsada por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial desde el año 1995, 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, que 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 estos últimos años.

4.3.3 Residuos de Plaguicidas

Las principales fuentes que aportan plaguicidas al medio marino en el Caribe son los cultivos (banano, arroz, pastos, algodón, maíz y los frutales); así como, la manufactura de estos productos en Cartagena y Barranquilla, al ser arrastrados 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 la zona bananera de Magdalena y Urabá. Para el primer monitoreo de 2009 se identifican como las más importantes vías de ingreso de plaguicidas al mar Caribe a los ríos Magdalena, Palomino, Jerez, Mangle, San Juan y León al facilitar las escorrentías superficiales desde terrenos que han sido sometidos a la acción de los biocidas y la presencia de sedimentos en suspensión en los cuerpos de agua que facilitan la movilización de los contaminantes, permitiéndoles desplazarse a grandes distancias en el curso de los ríos.

Para evaluar las concentraciones de plaguicidas en el Caribe colombiano se han realizado algunas investigaciones sobre contaminación en los ecosistemas costeros, por parte de entidades como; Inderena; Ministerio de Salud; Universidad Jorge Tadeo Lozano; Universidad Nacional; CIOH en convenio con la OEA; Colciencias; IAEA; el INVEMAR; Corpourabá y la Universidad de Antioquia.

Las regiones en las cuales se identificó la presencia recurrente de OC, incluyen la zona costera de Bolívar, principalmente la Bahía de Cartagena y la Ciénaga la Virgen. También, se han reportado altas concentraciones de plaguicidas organoclorados en aguas, sedimentos y organismos en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Ramírez, 1988) y el Golfo de Urabá, en cuya cuenca existe una intensa actividad bananera que utiliza estos 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, utilizada durante algunas décadas al cultivo de arroz, se

detectaron compuestos OC como DDT, DDD, DDE, Heptacloro, Lindano, cuyos valores se encuentran entre 0.02 y 2.86 ng/g en la época seca y 0.07 y 21.0 ng/g en la época húmeda. Por lo tanto, debido a la persistencia de estos compuestos, la continua aplicación, los metabolitos de degradación siguen siendo vertidos a la Ciénaga tanto por arroyos del área, como por efecto del lavado del suelo o a través de canales de alcantarillado.

Los registros de OC obtenidos, muestran en estaciones de los departamentos como el Magdalena, Bolívar y Atlántico los valores históricos más altos, comprensible desde el punto de vista de que estos departamentos junto con Córdoba y Sucre presentan uno de los desarrollos agrícolas más importantes de las llanuras costeras; grandes extensiones de cultivos de arroz, plátano, palma africana y pastizales, que drenan corrientes de agua al mar Caribe. Los monitoreos revelan una tendencia a la disminución en las concentraciones de estos residuos, siendo cada vez menos el número de estaciones que contienen residuos OC a excepción de una estación en el departamento de San Andrés donde, en los años 2005 (Muelle Santa Isabel, 59.5 ng/L) y 2006 (Muelle Santa Isabel 148.6 ng/L) se han registrado concentraciones que superan el valor de referencia adoptado (30 ng/L; Marín, 2002).

En el 2001, 2002 y 2003 los registros máximos de OC fueron hallados en el departamento del Magdalena (87, 21 y 35 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 seguramente transportados por aguas del Río Sinú y el escurrimiento de las áreas adyacentes cultivadas. En el 2004 en el Golfo de Urabá se registró los niveles más altos para ese muestreo en la región Caribe (15.87 ng/L). En el 2005 en San Andrés se reportaron valores de 59.5 ng/L (*Muelle Santa Isabel*). Para el 2006 nuevamente sorprenden los registros en San Andrés de 24 y 148.6 ng/L en las estaciones de *Alcantarillado* y *Muelle Santa Isabel* respectivamente; y el hallado en Urabá de 43.5 ng/L OC. En el 2007 la concentraciones mas altas del país se registraron en el Golfo de Urabá (17.6 ng/L) evidenciando el impacto de las actividades agrícolas adyacentes al Golfo. Para el 2008 se detectaron pequeñas cantidades de organoclorados que no sobrepasan los 11.4 ng/L valor máximo en el Golfo de Morrosquillo.

Las concentraciones actuales de plaguicidas organoclorados para la costa Caribe (2008-2009) se pueden considerar bajas, sin embargo se siguen reportando en lugares puntuales valores por encima del limite de referencia, es el caso del Choco con el valor mas alto reportado 259.5 ng/L (río San Juan), en el departamento de la Guajira 42.0 ng/L (playa Riohacha); estos resultados son generados por la restricción en el uso de estos plaguicidas y los cambios en las practicas agrícolas.

Como diagnóstico general para el Caribe colombiano, en los últimos cuatro años los niveles de OC presentan una tendencia a disminuir, a excepción de zonas como Urabá y Guajira. Sin embargo, los niveles promedio de OC se han mantenido por debajo del valor de referencia de 30 ng/L, utilizado como indicador umbral de alto riesgo por estos tóxicos. Merecen gran atención los registros hallados en el Choco que corresponden a los más altos del Pacífico. Se aprecia igualmente, que en las épocas húmedas ocurren incrementos notables en la concentración de este tipo de plaguicidas, como se podría suponer debido al lavado de los suelos agrícolas y descarga final a las aguas costeras. Se pone así en evidencia un comportamiento complejo de estos tóxicos, para fines de la formulación del diagnóstico ambiental con base en las épocas climáticas.

4.3.4 Metales pesados

Durante las últimas décadas, la utilización masiva de muchas sustancias toxicas entre estas se cuentan los metales pesados, la comprobación de sus efectos negativos sobre los ecosistemas marinos hacen, que desde hace varios años se considere a este tipo de contaminantes como uno de los más perjudiciales para el medio ambiente. Esto ha llevado a la necesidad del estudio, comprensión de la evolución y destino de los contaminantes, así como sus posibles efectos sobre los organismos.

En la costa Caribe colombiana, se destaca la existencia de varias zonas sensibles, alteradas principalmente por el desarrollo de actividades antrópicas que son el producto de acelerados procesos de población e industrialización. Entre las áreas o zonas de mayor afectación y vulnerabilidad, es importante resaltar entre otros, la de influencia del río Magdalena considerado la principal arteria fluvial del país y por tanto la mayor fuente de contaminación en la zona Caribe. La bahía de Cartagena, sigue siendo de interés para el estudio de contaminación por metales pesados, consecuencia de la disposición de las aguas residuales derivadas de actividades industriales y domésticas.

La variabilidad y especificidad de las legislaciones ambientales nacionales e internacionales, según los criterios de cada región y el uso dado al recurso hídrico, Colombia no dispone de normas y estándares nacionales sobre los niveles permisibles de estos tóxicos en el medio marino; se utilizó como referencia para la evaluación, los criterios que establece normas internacionales como EPA (2002) y CONAMA (1986). Esta ha permitido evaluar la calidad ambiental de los ecosistemas (costeros y estuarinos). Los resultados mostraron que el sector de la bahía de Cartagena sigue siendo motivo de preocupación, las concentraciones registradas durante algunas épocas para Cd, Cr y Pb, las concentraciones se encuentran en rangos mayores de 200 µgPb/L en el 2009, de 90 µgCr/L en el 2008 y 70 µgCd/L en el 2007, valores que sobrepasan los referidos en normas internacionales como de riesgo, es relevante el hecho que las concentraciones de estos elementos en el departamento de Bolívar se hayan elevado a partir del 2006. De igual manera el departamento de Córdoba presenta un incremento en la presencia de este tipo de contaminantes a partir del 2003, aunque los valores registrados en esta zona no superan los referenciados como de riesgo en normas internacionales, es relevante evaluar las posibles fuentes de contaminación de estos elementos en la zona costera de este departamento.

Los departamentos de Sucre, La Guajira, Magdalena, Atlántico y Antioquia, presentan algunos valores atípicos que sobrepasan la tendencia general, se evidencia que en general dicha tendencia es hacia la disminución en la presencia de cadmio, plomo y cromo, es sus aguas costeras.

De acuerdo a los resultados expuestos y dado que en algunos casos las concentraciones de los metales analizados en aguas de algunas zonas se encuentran en ordenes de magnitud que pudieran generar preocupación, se propone la implementación de monitoreos en sedimentos que puedan reflejar de una mejor manera la existencia y grado de la contaminación en un área determinada. Es importante anotar que las concentraciones obtenidas en aguas pueden estar reflejando la acción de eventos puntuales, estos valores de concentración tienden a cambiar en varios órdenes de magnitud, en periodos muy cortos de tiempo, fenómeno que puede ser favorecido por los cambios que originan las descargas de agua y las variaciones de la carga de sólidos suspendidos. Finalmente son depositados por diferentes procesos fisicoquímicos en los sedimentos, de ahí el interés e importancia de su empleo en los estudios ambientales, por ser indicadores de contaminación.

4.3.5 Conclusiones

Los departamentos de Antioquia, Sucre, Bolívar y Atlántico presentan las mayores concentraciones de nutrientes inorgánicos en sus aguas continentales, sin embargo efectos de acumulación de estos iones sólo se evidencian en la zona costera del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

En el periodo de evaluación, el 25 % de los balnearios de la región no presentaron concentraciones microbiológicas óptimas para el desarrollo de actividades recreativas. La calidad microbiológica de las aguas marinas y costeras presentó un incremento en el incumplimiento de los límites permisibles establecidos en el decreto 1594 de 1984 durante la época de lluvias producto del aumento en el arrastre de contaminantes a través de diferentes afluentes continentales.

En la actualidad, las concentraciones han presentado una marcada tendencia a disminuir, estando muy por debajo del valor de referencia, los sitios donde se siguen hallando las concentraciones más altas se encuentran cerca a las zonas costeras de las tres principales ciudades del Caribe y los golfos de

Morrosquillo (caño Pechelín, Sucre) y Urabá, dadas en estos sectores sus crecientes actividades de tránsito marítimo, turístico, comercial.

En los últimos años las concentraciones de organoclorados han presentado tendencias a disminuir, con excepción de sitios específicos en Urabá y Guajira. Todos los valores promedio de OC se han mantenido por debajo del valor de referencia de 30 ng/L, que se utiliza como indicador umbral de alto riesgo por estos tóxicos.

Las concentraciones de metales pesados en aguas marino-costeras del país, han presentado disminución en los últimos años de seguimiento, sin embargo en puntos específicos de los departamentos de Sucre, Guajira, Magdalena, Atlántico y Antioquia, se han encontrado valores atípicos que sobrepasan la tendencia general.

San Andrés, Providencia y Santa Catalina



Playas de San Andrés

4.4 SAN ANDRES, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

Las características de las aguas costeras en San Andrés, Providencia y Santa Catalina presentaron buena calidad, en razón a que los valores de las variables fisicoquímicas salinidad, pH, temperatura, oxígeno disuelto y nitrógeno inorgánico, en el período 2008 – 2009 se encontraron dentro de los rangos normales para este tipo de aguas. Sin embargo, en algunos sitios cerca de la costa de las dos islas (Bahía Hooker, desembocadura del alcantarillado, McBean Lagoon y cerca de los ecosistemas de manglar) se presentan indicios de contaminación, debido a valores altos en fósforo y disminución del oxígeno hasta concentraciones por debajo del valor de referencia según la legislación colombiana. En estas zonas podrían estar ocurriendo aportes de materia orgánica provenientes de actividades costeras como las agropecuarias y vertimientos domésticos, entre otros.

El archipiélago es uno de los destinos preferidos para el turismo nacional y extranjero, por ello es importante vigilar la calidad microbiológica de las aguas marinas destinadas a recreación, que han demostrado históricamente óptimas condiciones sanitarias. Sin embargo, entre el 2008 y 2009 las playas de Casablanca y Jhonny Cay en San Andrés; Agua dulce y San Felipe en Providencia reportaron altos concentraciones de bacterias indicadoras de contaminación fecal, no deseables para el desarrollo de actividades de contacto primario como baño o natación. De manera puntual, también se hallaron valores altos de sólidos suspendidos, ortofosfatos, hidrocarburos del petróleo y plaguicidas organoclorados en sitios como Bahía Hooker (manglar y plantas), Muelle San Andrés, influencia Basurero y Alcantarillado, señalando que a los vertimientos de aguas residuales domésticas como la principal fuente de contaminación, teniendo en cuenta que San Andrés no tiene afluentes permanentes de agua dulce y en menor grado los residuos de hidrocarburos del petróleo proveniente de la actividad marítima y portuaria (vertimientos de aguas de sentinas y aceites lubricantes de embarcaciones).

4.4.1 Área de estudio

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina está situado en el norte del país, en el Mar Caribe entre los 12° y 16° de latitud norte y los meridianos 78° y 82° de longitud oeste. Posee una superficie de 44 km², que incluye las dos islas principales y una serie de cayos (IGAG, 2008). Las estaciones de muestreo de calidad de aguas no incluyen los cayos, sólo rodean San Andrés, Providencia y Santa Catalina, tomando los sitios de desarrollo económico y turístico de las islas con actividades que puedan generar algún impacto a la zona costera (Figura 4.3.1).

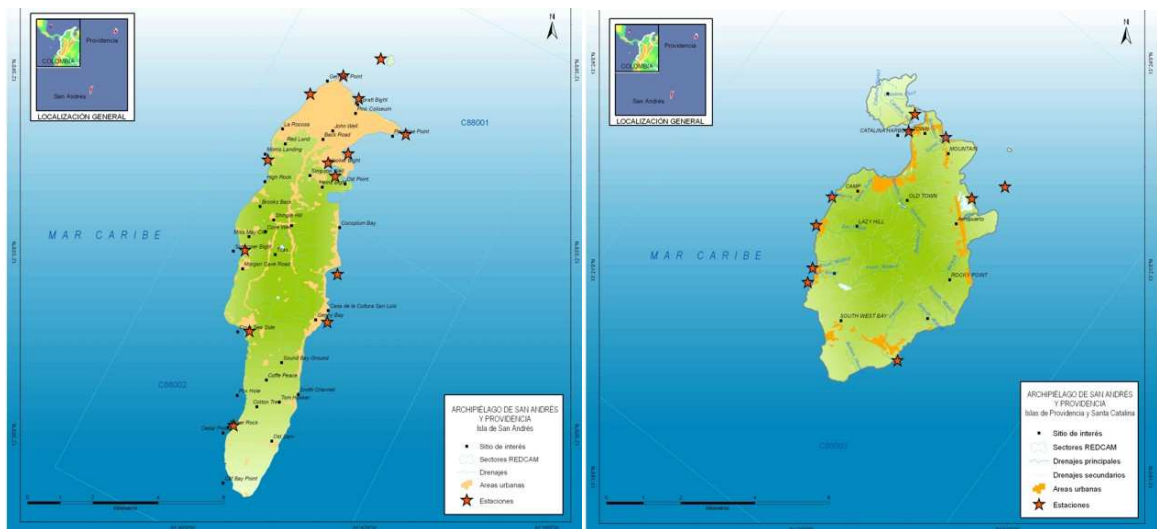


Figura 4.4-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

4.4.2 Variables fisicoquímicas

Las aguas costeras de las principales islas del archipiélago se consideran oceánicas y existen pocos sitios en condiciones estuarinas (Bahía Hooker), las cuales presentaron buenas condiciones fisicoquímicas en el primer muestreo de 2009 (época seca). Durante éste período Providencia presentó en Escuela Bomboná y muelle Santa Isabel en Providencia los registros más altos de sólidos en suspensión y ortofosfatos respectivamente (98 mg/L de SST y 364 µg/L de PO₄). En temporadas anteriores, los sólidos en suspensión en escuela Bomboná, no superaban los 29 mg/L, por lo tanto se deben revisar las posibles causas de este valor que excede en más del triple el máximo histórico. El fósforo por su parte, ha presentado valores extremos en el muelle Santa Isabel (730 µg/L de PO₄ en noviembre de 2006), aunque el promedio histórico es de 42 ± 70 µg/L de PO₄. Estos aumentos en las concentraciones de fósforo inorgánico, pueden indicar procesos de degradación o el ingreso de materia orgánica desde el continente, aunque la fuente puede ser otra como las actividades del tráfico marítimo (Begon *et al.*, 2006; CIMAB, 2008). Las concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas marino-costeras del archipiélago durante el segundo muestreo de 2008 y primero del 2009, son mayores a 4 mg/L que es la cantidad mínima que la norma considera para una buena calidad del agua (Decreto 1594 de 1984). El pH de las aguas marinas ha estado por encima de 8 unidades, que es un valor normal para el rango que establece el decreto 1594.

Históricamente la calidad de las aguas del archipiélago presentan variaciones, en función de los nutrientes inorgánicos, donde el nitrato documenta promedios cercanos a 50 µg/L de nitratos (aunque los rangos comunes están entre 11 y 90.7 µg/L), en aguas marinas (Figura 4.4-2), mientras que en aguas estuarinas el promedio fue de 62 µg/L NO₃, inferior al promedio nacional. Los registros de amonio por su parte, no mostraron diferencias entre tipos de agua, con promedios de 31.2 µg/L NH₄, en aguas marinas y de 32.7 µg/L NH₄ en las estuarinas. El ortofosfato desde el 2005 ha estado por encima de 30 µg/L, lo que indica un ingreso constante de aguas continentales con residuos de fósforo al medio marino.

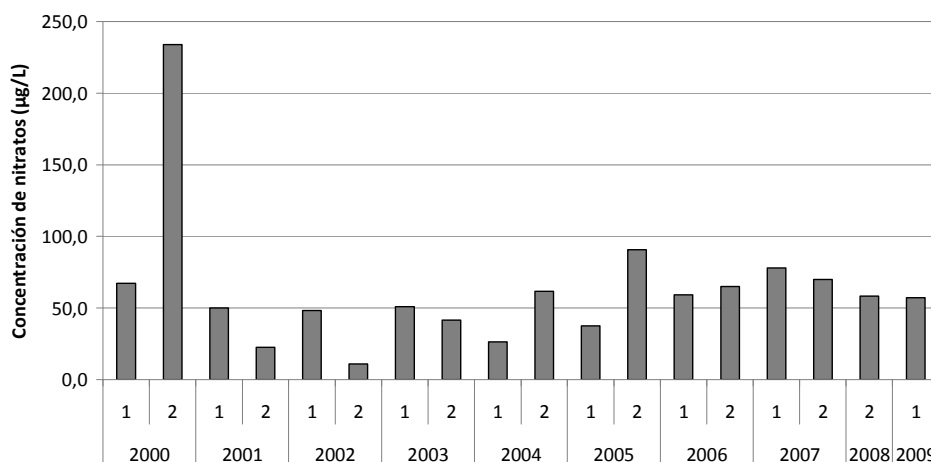


Figura 4.4-2. Comportamiento histórico de las concentraciones del nitrato inorgánico promedio (µg/L) en las aguas marinas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Los sólidos en suspensión se mantienen con promedios inferiores a 20 mg/L, siendo un buen indicador de la calidad de las aguas costeras del archipiélago, sólo algunas estaciones como Bahía Hooker con influencia estuarina, presentan mayores valores promedio. Al relacionar los sólidos en suspensión, nutrientes inorgánicos y el oxígeno disuelto en las aguas marinas de San Andrés, se puede inferir que las descargas directas de aguas residuales no son las responsables de las altas concentraciones de ortofosfatos, ya que los valores de SST, pH, salinidad y las concentraciones del oxígeno disuelto son propias de aguas oceánicas. Es decir, que los nutrientes inorgánicos llegan a las aguas costeras después

de un proceso de mineralización de la materia orgánica. Otro argumento son los datos de pH y de salinidad, que históricamente se han comportado de manera normal para este tipo de aguas.

4.4.3 Contaminación Microbiológica

A nivel nacional, este departamento ha mostrado condiciones microbiológicas óptimas en sus aguas marinas recreativas. Desde el año 2001, cuenta con solo un 6% de incumplimiento de los límites máximos permitidos nacionalmente para coliformes termotolerantes (CTE < 200 NMP/100 ml). Los mayores niveles de CTE se registraron en la estación Yellow Moon entre 2001 y 2003, posteriormente las concentraciones disminuyeron, gracias a la efectividad de las medidas de manejo que han sido implementadas para minimizar el efecto contaminante de las aguas residuales provenientes de las cabeceras municipales. Garantizar condiciones sanitarias adecuadas en las playas es un factor fundamental para proteger a los usuarios y contribuir al desarrollo del sector turístico teniendo en cuenta que los balnearios adquieren un valor agregado al presentar un nivel óptimo de calidad microbiológica y son un mecanismo para satisfacer el derecho fundamental a la recreación, como una alternativa para el disfrute de la población (Acuña *et al.*, 1998).

En el segundo muestreo de 2008 (época lluviosa), sólo la playa de San Felipe presentó concentraciones no aptas de CTE (1600 NMP/ 100 ml) para el desarrollo de actividades de contacto primario, mientras que en el primer muestreo de 2009 (época seca) las mayores concentraciones de CTE se obtuvieron en las playas de Agua Dulce (240 NMP/100 ml), Casa Blanca y Jhonny Cay, ambas con 1600 NMP/100 ml. Las bacterias indicadoras de contaminación fecal como los Coliformes, no suponen un riesgo en sí mismos, pero su presencia indica que los bañistas están en riesgo de entrar en contacto con otros microorganismos causante de enfermedades, que en función de la patogenicidad, el tiempo y frecuencia de exposición, así como el estado inmunológico de la persona puede afectarla en mayor o menor grado (OMS, 2003).

4.4.4 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados.

Hidrocarburos

Los resultados de hidrocarburos entre 2001 y 2007 mostraron promedios inferiores a la referencia de 10 µg/L para aguas no contaminadas (Figura 4.3.3; UNESCO, 1984; Atwood *et al.*, 1988), solo en el 2002 se reportaron promedios altos, tanto en época seca ($9.23 \pm 0.9\mu\text{g/L}$) como en época lluviosa ($12.26 \pm 3.3 \mu\text{g/L}$), valor que estuvo sesgado por los 25.17 µg/L medidos en Bahía Hooker – plantas. A partir del 2003 la tendencia ha sido decreciente hasta encontrar valores que no superan 1.46 µg/L como máximo en Muelle Santa Isabel

Es importante mencionar que en la época lluviosa es donde se reportan los valores más altos de hidrocarburos posiblemente por las escorrentías, siendo el sector norte de la isla el que presenta los mayores promedios entre 3.49 µg/L y 25.2 µg/L, superando el valor de referencia para aguas no contaminadas. En esta zona se realiza la mayor actividad portuaria de la isla, por lo tanto, las estaciones de Bahía Hooker y Muelle San Andrés son más susceptibles de recibir residuos de hidrocarburos, sin embargo, en la actualidad las concentraciones son mínimas y no muestra mayores impactos por el tráfico marítimo y las descargas de aguas residuales.

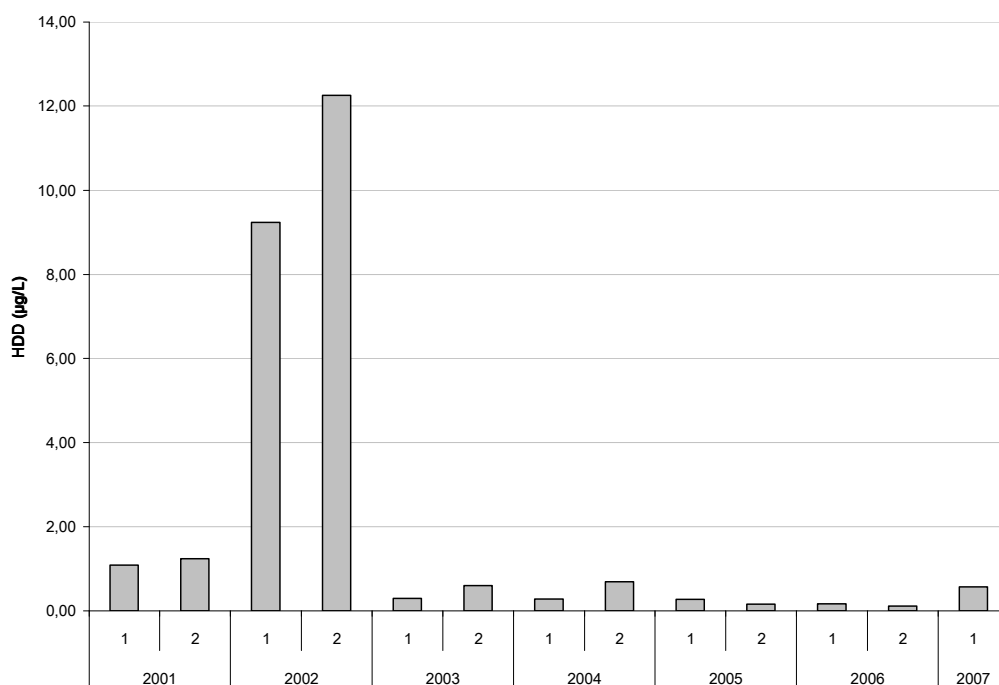


Figura 4.4-3 Comportamiento histórico de Hidrocarburos disueltos y dispersos - HDD promedio ($\mu\text{g/L}$) en San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Plaguicidas Organoclorados

En San Andrés el promedio histórico en las dos épocas climáticas del año estuvo por debajo del valor de referencia (30 ng/L; Figura 4.4-4), solo en el 2005 y 2006 se registraron concentraciones superiores de OC en Muelle Santa Isabel de 59 ng/L y 148 ng/L respectivamente superando las encontradas en el archipiélago y en otras aguas costeras del país, ya que los valores más altos se encontraban en bahía Hooker manglar (12.0 ng/L) y Alcantarillado (14.4 ng/L).

La Figura 4.4-4 ilustra la evolución histórica a partir del 2001 de los niveles promedio de OC en las dos épocas climáticas. El sector norte de San Andrés presentó las concentraciones más altas e incluso el mayor promedio histórico, debido a estaciones como *Bahía Hooker* y *Alcantarillado*, donde los residuos de plaguicidas se encuentran en concentraciones relativamente altas, quizás por los vertimientos de aguas residuales. En Providencia los registros de los años 2005 y 2006 en Muelle Santa Isabel, causan sorpresa, en vista de que las islas no poseen una actividad agroindustrial que pueda demandar alto consumo de agroquímicos, para atribuirle estas concentraciones de plaguicidas en sus aguas. La detección de OC, se puede deber en parte al posible transporte marino de estas sustancias al archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina desde las costas de Centroamérica, a los aportes domésticos locales, dado que las mayores contribuciones corresponden a aldrin y lindano (gama-HCH), empleados domésticamente para la eliminación de hormigas y piojos. Pese a lo anterior, la tendencia reportada desde el 2002, ha sido de disminución tanto en época seca como lluviosa, con un aumento considerable en el 2006, y en el 2007 las concentraciones registradas continúan siendo muy bajas, variando en un rango cuyo valor máximo es de 1.5 ng/L obtenido nuevamente en la estación, Muelle Santa Isabel.

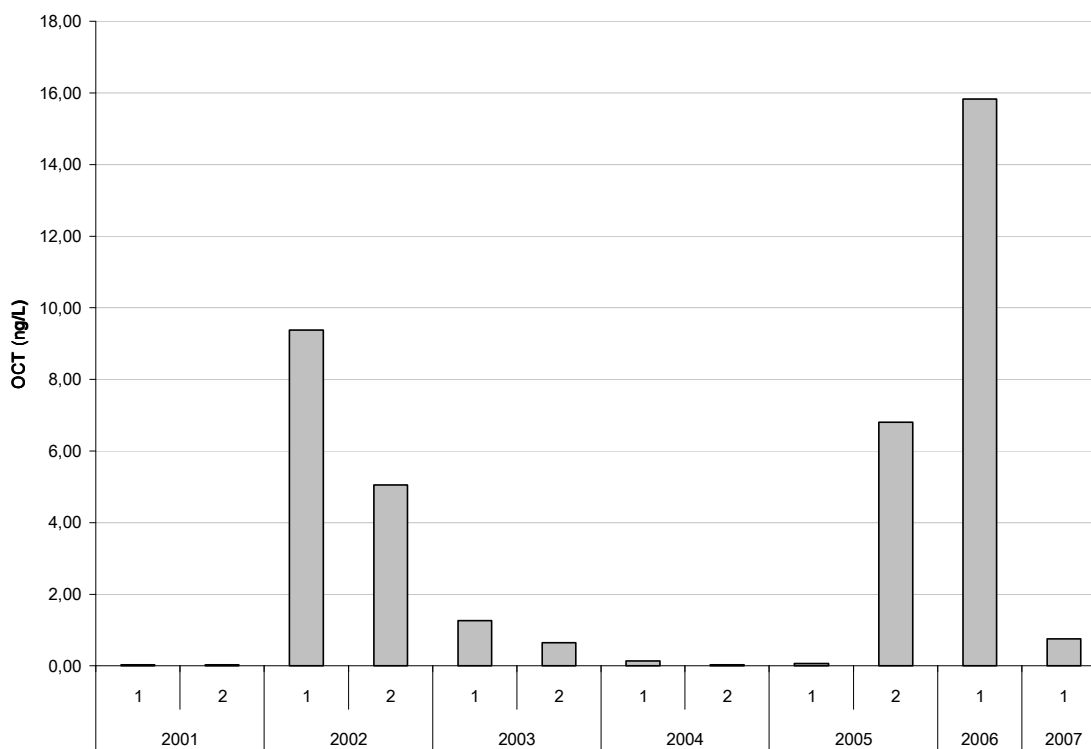


Figura 4.4-4 Comportamiento histórico de la concentración promedio de plaguicidas organoclorados (OC) en el Departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

4.4.5 Metales pesados

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

La concentración de cadmio para este departamento muestra importantes variaciones durante el periodo de muestreo comprendido entre marzo de 2001 y diciembre de 2004 teniendo un valor mínimo de 0.09 $\mu\text{g/L}$ y un máximo de 5.00 $\mu\text{g/L}$, y con una tendencia a disminuir hacia el 2007, sin embargo estas concentraciones están por debajo de lo referenciado en normas internacionales como niveles de riesgo (EPA, 2002; CONAMA, 1986). El valor máximo registrado se dio en el 2003 en Bahía Hooker (manglar), el cual puede ser un atípico en la zona. En cuanto al plomo las diversas actividades antropogénicas que se efectúan en la zona Sur y Norte de San Andrés pueden ejercer un efecto en la concentración y movilidad de plomo, constituyéndose este elemento en el de mayor presencia en la isla. El rango registrado a lo largo del monitoreo es de 1.20 a 56.49 $\mu\text{g/L}$, sin embargo, las mayores concentraciones se presentaron de 2001 a 2002 y, a partir de esta fecha la tendencia general ha sido disminuir. El cromo fluctúa en un rango de 0.05 a 2.10 $\mu\text{g/L}$. Entre las dos islas, Providencia presentó las menores concentraciones de metales, pero en general, los valores de cromo, plomo y cadmio analizados en estas aguas costeras están por debajo de los valores de referencia y no indican algún riesgo.

4.4.6 Conclusiones

Las condiciones fisicoquímicas de las aguas marino-costeras del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, posee buenas condiciones, en cuanto al oxígeno disuelto, pH, salinidad, sólidos en suspensión y los nutrientes inorgánicos del nitrógeno, pero con niveles de concentraciones en el nutriente del fósforo que se debe tener en cuenta para trabajos de prevención de la contaminación.

La calidad microbiológica de las aguas marinas destinadas a recreación ha mostrado históricamente condiciones sanitarias óptimas. Sin embargo, entre el año 2008 y 2009, las playas de Casa Blanca y Jhonny Cay, Agua dulce y San Felipe reportaron niveles de bacterias indicadoras de contaminación fecal no aptas para el desarrollo de actividades de contacto primario como baño o natación.

Los niveles de hidrocarburos en aguas costeras de San Andrés, Providencia y Santa Catalina son bajos; en la mayoría de estaciones se registran concentraciones menores a 1 µg/L inferior al valor de referencia establecido para aguas contaminadas que es 10 µg/L.

En la mayoría de las estaciones donde se evaluó la presencia de plaguicidas no se detectaron compuestos organoclorados; dado que el departamento no posee una actividad agrícola importante que pueda demandar el consumo de agroquímicos, la detección en algunas ocasiones de ciertos compuestos como aldrin y lindano dejan el interrogante sobre su procedencia si es debida a las corrientes marinas que los arrastran desde las costas centroamericanas o a consumos locales, estando en la mayoría de las estaciones por debajo del valor de referencia, sin embargo es importante mantener el monitoreo de las estaciones del sector norte de San Andrés como Bahía Hooker y Alcantarillado y la estación de Muelle Santa Isabel en Providencia.

En general las concentraciones promedio obtenidas para los metales pesados analizados (Cd, Cr, Pb) durante el periodo de muestreo son bajas y no superan los valores referenciados en normas internacionales.

La Guajira



Zona costera de El Pájaro (Ballenas)

4.5 LA GUAJIRA

Las aguas marinas y costeras de La Guajira, presentaron condiciones fisicoquímicas normales de calidad en variables como oxígeno, pH, temperatura y salinidad para preservación de flora y fauna de acuerdo con la legislación colombiana (MinSalud, 1984). Los sólidos en suspensión, silicatos, nitrógeno (nitritos, nitratos y amonio) y fósforo registraron los mayores valores en época de lluvias y alta variabilidad entre los períodos de muestreo, especialmente en aguas de las playas de Dibulla, Riohacha y Camarones, debido a la influencia de los vientos alisios y al fenómeno de surgencia característico de la península. En términos sanitarios, las aguas han demostrado aptitud para la realización de actividades de contacto primario y secundario como natación y pesca. Sin embargo, hay estaciones que en algunos muestreos superaron los niveles permisibles de Coliformes termotolerantes establecidos, como en el caso de playa Camarones, Cabo de la Vela y los tributarios Ranchería, Cañas, Palomino y Jerez, los cuales son la entrada de bacterias de origen fecal a la zona costera. Los residuos de hidrocarburos (HDD) reflejan un riesgo bajo de contaminación, pero su presencia aunque mínima en algunos tributarios de la baja Guajira, en Puerto Nuevo, Puerto Bolívar, Manaure y Riohacha, supone que pueden originarse de las actividades de poblaciones ribereñas o por la actividad marítima de la zona norte de la Guajira. Así mismo, los plaguicidas en el tiempo han presentado bajas concentraciones, coherentes con el incipiente desarrollo agrícola del departamento, pero en el 2008 el río Ranchería superó ampliamente el valor de referencia (30 ng/L) en comparación con la época lluviosa de años anteriores. Finalmente, los niveles medidos de metales pesados, no describen riesgos para las aguas marinas y costeras, aunque el cromo en los últimos muestreos, manifieste un leve aumento en los tributarios.

4.5.1 Área de estudio

La península de La Guajira está situada en el norte del país, en el Mar Caribe, entre los 10°20' y 12°30' de latitud norte; 71°01' y 73°41' longitud oeste, posee una superficie de 20848 km² de las cuales el 88% hace parte del clima cálido y seco tipo desértico (IGAG, 2008), el resto del territorio se reparte en pequeñas proporciones entre los pisos térmicos frío, muy frío y nival. Las principales fuentes de agua continental son los ríos Ranchería, Ancho, Cañas, Jerez y Palomino. Las estaciones de muestreo comprenden la extensión litoral, desde el Cabo de la Vela, las cuencas bajas de los tributarios entre el río Ranchería y el Palomino limitando con el departamento del Magdalena (Figura 4.5-1).

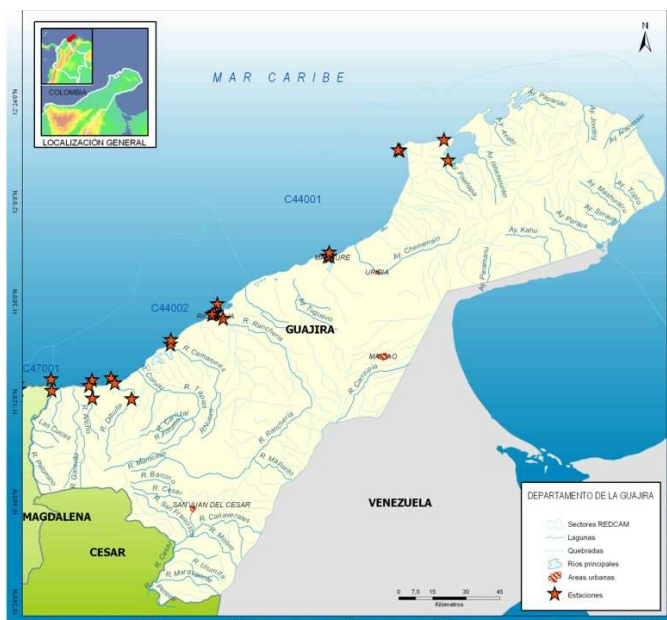


Figura 4.5-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento.

4.5.2 Variables fisicoquímicas

Los ríos que llegan a la zona costera de La Guajira, históricamente han presentado valores de oxígeno disuelto y pH normales para preservación de flora y fauna de acuerdo con la legislación colombiana (MinSalud, 1984). (> 4 mg/L de oxígeno y pH entre 4.5 – 9.0. La temperatura promedio del agua fluctuó entre 23 y 31 °C ± 0.13 seguramente influida por los vientos y la surgencia que se presenta en la época de secas (Bernal *et al.*, 2006). Los sólidos suspendidos totales (SST) se mueven en un rango entre 1.07 y 81,9 mg/L, con los valores más altos en el periodo de lluvias, por la resuspensión de sedimentos y arrastre de suelos, debido al aumento del caudal de los ríos (IDEAM, 2001). Las concentraciones de nitritos fluctuaron entre 0.3 y 14.7 µg/L NO₂; nitratos entre 1.2 – 306.2 µg/L NO₃, amonio entre 0,01- 150,1 µg/L NH₄; fosfatos entre 0.4 – 168.1 µg/L PO₄³⁻ y silicatos entre 91 – 12736 µg/L Si, registrando los niveles más altos de estos nutrientes en los ríos Cañas y Palomino. Pero en el segundo muestreo de 2008 (época lluviosa) las mayores concentraciones se encontraron en el río Ranchería (219 µg/L PO₄³⁻, 6.3 µg/L NO₂, 27 µg/L NO₃ y 19.3 µg/L NH₄), los altos registros de ortofosfatos, probablemente sean generados por el lavado de suelos y por el vertimiento sin ningún tipo de tratamiento de las aguas servidas de las poblaciones y localidades por donde transita.

Por otro lado, el agua de la zona costera en la Guajira presentó valores normales de temperatura (22.9 y 26.1 °C) principalmente en las épocas de secas, por la presencia de los vientos alisios y el fenómeno de surgencia que representan una función importante en la producción primaria de esta franja costera (Bernal *et al.*, 2006). El oxígeno disuelto osciló entre 5.8 y 8.2 mg/L y el pH entre 7.9 y 8.3, rangos considerados de buena calidad para preservación de flora y fauna (MinSalud, 1984). Los sólidos suspendidos fluctuaron entre 23.7 y 202 mg/L, presentando los registros más altos en las playas de Dibulla, Riohacha y Camarones (202, 108 y 102 mg/l, respectivamente), los cuales se ven influidos por los fuertes vientos que resuspenden el material sedimentario costero. El contenido de amonio en el agua superficial varió entre 1.6 y 20.5 µg/L NH₄; los nitratos entre 0.94 y 35.7 µg/L NO₃ (Figura 4.5-2), los nitritos oscilaron entre 0.67 y 10.2 µg/L NO₂ y el ortofosfato entre 2.2 y 16 µg/L PO₄; todos estos rangos se encuentran dentro de los valores considerados normales para conservación de aguas marinas y estuarinas propuestos por INVEMAR (2006).

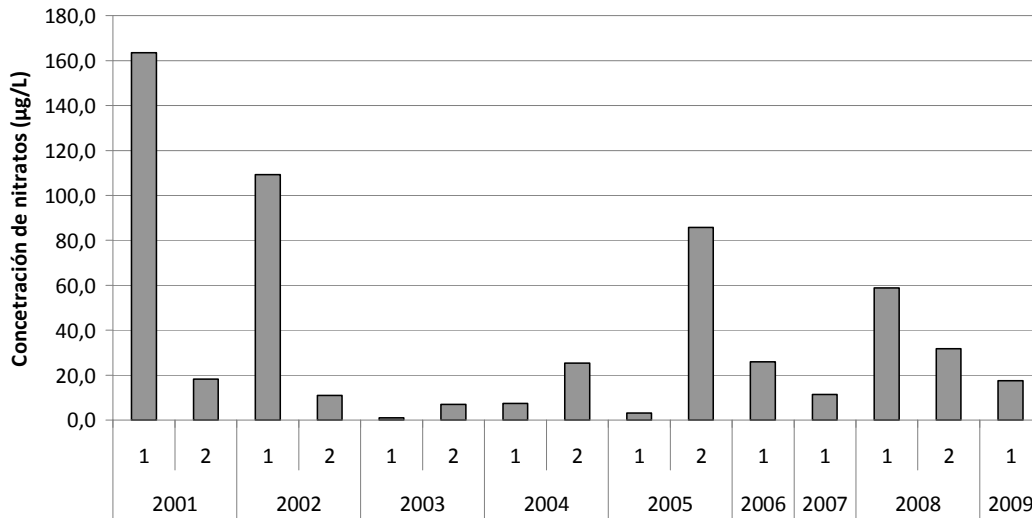


Figura 4.5-2. Variación temporal de nitrato inorgánico en las aguas marinas del Departamento de La Guajira.

La temperatura promedio es de 28.18 °C considerado normal, para las aguas del Caribe colombiano (Bernal *et al.*, 2006); los mínimos de temperatura se presentan durante la época de los vientos alisios entre 22.9 y 25.5 °C entre enero y marzo como consecuencia del fenómeno de surgencia que allí se

presenta (Crales-Hernández *et al.*, 2006; Bernal *et al.*, 2006). La salinidad superficial ha oscilado entre 18.2 y 39.3, con los valores más bajos en época de lluvias, especialmente en playa Riohacha en el 2006, donde llegan las aguas dulces del río Ranchería. La concentración de SST estuvieron en el rango entre 2,7 y 597 mg/L, los valores mas altos se han observado de manera frecuente en la estación cercana al vertimiento de las aguas residuales de Riohacha (Invemar, 2009).

4.5.3 Contaminación Microbiológica

Históricamente, las aguas recreativas de este departamento han presentado de manera general condiciones sanitarias aceptables, aunque desde el 2002, las playas de Riohacha (47%) y Manaure (30%) vienen registrando mayor porcentaje de incumplimiento de la norma. Sumado a estos balnearios, las estaciones de playa Camarones y Cabo de la Vela tuvieron durante este periodo 2009 un riesgo potencial para la salud de los usuarios, teniendo en cuenta que superaron los niveles admisibles de Coliformes termotolerantes establecidos en la normatividad colombiana (MinSalud, 1984). En La Guajira, las aguas costeras destinadas a recreación son afectadas por diversas fuentes de contaminación, al igual que en otras zonas de América Latina y el Caribe, que se encuentran generalmente próximas a áreas urbanas, donde reciben los vertimientos de las poblaciones sin tratamiento (González *et al.*, 2003). Por ejemplo, los asentamientos de Riohacha y Manaure tienen una cobertura de alcantarillado aproximada de 53% y 7%, respectivamente (DANE, 2009); razón por la cual gran parte de los residuales crudos de la población llegan finalmente al mar. Las aguas residuales contienen una mezcla de microorganismos con diferente grado de patogenicidad y se ha estimado que globalmente cada año, se presenta por lo menos 120 millones de casos de enfermedades gastrointestinales y 50 millones de enfermedades respiratorias, causadas por la exposición de personas a aguas costeras contaminadas con aguas residuales (Shuval, 2003).

Otra fuente de contaminación importante son los ríos, los cuales recogen a lo largo de su cauce los desechos de los asentamientos ribereños cercanos y los transportan a la zona marina. Los tributarios Ranchería, Cañas, Palomino y Jerez constituyen las principales entradas de bacterias de origen fecal a la costa con un rango de coliformes totales entre 400 y 1'100000 NMP/100 ml. En el tiempo han mostrado una tendencia similar en el aporte de cargas, sin diferencias entre época, ni entre los ríos ($p > 0.05$). Estos ríos aunque no tiene como uso principal el contacto directo, debido a aspectos socio-culturales, sus aguas son empleadas en labores domésticas y actividades de pesca, que involucran el contacto directo y generan riesgo en la salud de los pobladores (Figura 4.5-3).

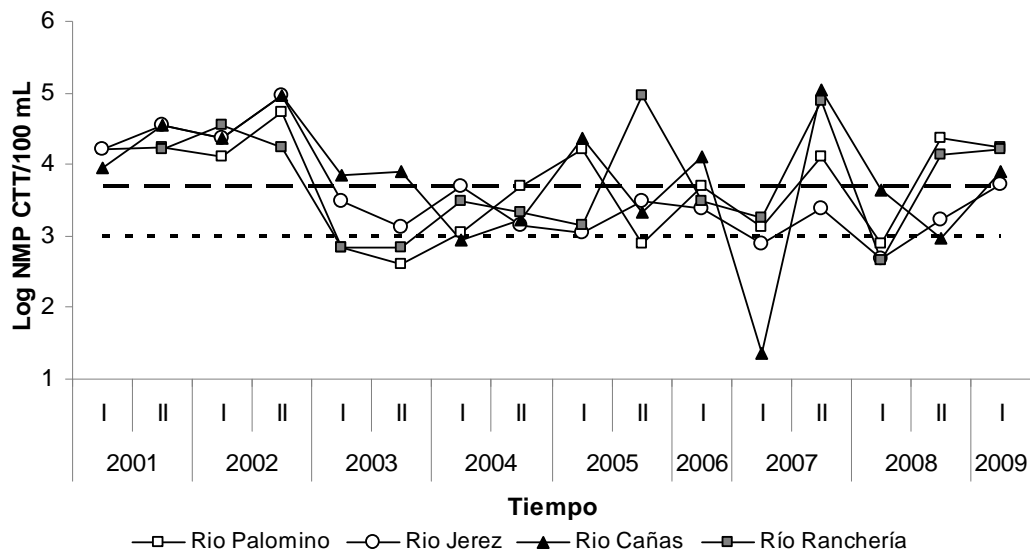


Figura 4.5-3. Concentración histórica de Coliformes totales y comparación con los niveles permisibles establecidos en el decreto 1594 de 1984. - - - - contacto primario < 1000 NMP/ 100 ml. - - - - Contacto secundario (pesca) <5000 NMP/100 ml.

4.5.4 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 y portuario, el arribo de contaminantes provenientes de otras sitios marinos y la descarga de aguas residuales, así como de materiales recolectados por los ríos a lo largo de su cuenca hidrográfica.

Los muestreos realizados por la REDCAM desde el 2001 a la fecha documentan concentraciones por debajo del valor de referencia 10 µg/L (UNESCO, 1984; Atwood, 1988) representando un riesgo bajo de contaminación con HDD para la región (Figura 4.5-4). Históricamente la mayor variación corresponde a la época seca de los años 2001, 2008 y 2009 en estaciones como Río Jerez y Frente Río Palomino con un mismo valor de 8.8 µg/L, seguido por un 7.32 µg/L en el frente al Río Cañas todos en el periodo 2001. En el 2008, se detectó el máximo valor (1.16 µg/L) en Manaure aumentando en la actualidad estas concentraciones de HDD con respecto al año anterior, en estaciones como Frente Río Cañas (3.29 µg/L), Frente Río Camarones (2.41 µg/L), Puerto Nuevo (2.03 µg/L), Río Jerez (1.57 µg/L), Frente Río Palomino (1.41 µg/L) y Río Ranchería (1.28 µg/L); estos valores altos se presentan en estaciones al frente o en los efluentes, indicando que la contaminación por HDD presenta un origen continental.

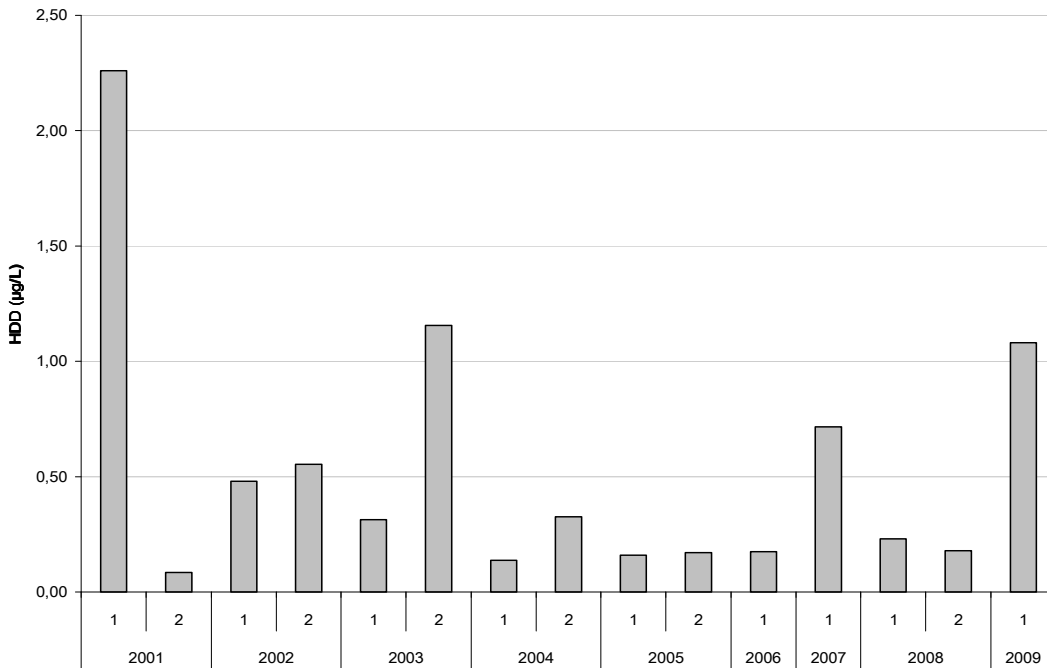


Figura 4.5-4 Comportamiento histórico de la concentración promedio de HDD en el Departamento de La Guajira.

En la época húmeda todos los niveles estuvieron por debajo de 3.15 µg/L (Puerto Bolívar), lo cual puede sugerir un efecto de dilución con relación a los valores mayores en la época seca o que se presente un proceso de adsorción en el material suspendido y sedimentando hacia el fondo de la columna de agua. Sin embargo, en el año 2003, se reportaron los valores más altos 8.64 y 4.90 µg/L en las estaciones de Cabo de la Vela y Punta Cabo de la Vela respectivamente; considerando con esto, la probabilidad de un ingreso de hidrocarburos desde el golfo de Maracaibo en donde hay explotación intensiva de petróleo,

dando a entender un factor muy importante de entrada de sustancias tóxicas, ya que no se había considerado el transporte marítimo de estos compuestos desde el vecino país.

Se observó un comportamiento de las concentraciones promedio de HDD para el 2009 en época seca similar a lo expuesto en años atrás, con valores que oscilan en un rango de 0.32 - 3.29 $\mu\text{g/L}$, este valor máximo lo registra la estación Frente al Río Cañas estando su concentración muy por debajo del valor máximo permisible de 10 $\mu\text{g/L}$ (UNESCO, 1984; Atwood, 1988).

La información obtenida no refleja una actividad portuaria que genere riesgos de contaminación; si bien, los resultados encontrados desde el 2003 han sido inferiores al valor de referencia de 10 $\mu\text{g/L}$, el sector norte presenta una concentración promedio más alta que el sector sur del departamento, esto debido a la actividad marítima generada en estaciones de muestreo como Puerto Nuevo, Bolívar, Manaure y Riohacha.

Se estima que gran parte de estos residuos provienen del continente, tanto así, que en las campañas de monitoreo del 2002 y 2003, los máximos de HDD se hallaron en los ríos Ranchería (2.42 $\mu\text{g/L}$), y Cañas (0.74 $\mu\text{g/L}$), al igual que lo ocurrido en el 2001 para el Río Jerez (8.8 $\mu\text{g/L}$) y Frente al Río Cañas (3.29 $\mu\text{g/L}$) y Río Ranchería (1.28 $\mu\text{g/L}$) para el 2009; esto nos permite confirmar, que muchas de las fuentes de estos residuos tienen su origen en el continente en las poblaciones o caseríos y en actividades desarrolladas en las riveras de los mismos.

Plaguicidas Organoclorados

Al sintetizar los resultados obtenidos con relación a la contaminación por plaguicidas organoclorados (OC) en el departamento de la Guajira, para los años 2001 a 2009; se tiene que las concentraciones de estos plaguicidas en época húmeda reflejan un ligero aumento en los niveles con relación a la seca, reportando las mayores concentraciones en el año 2001 en los ríos Palomino (5.0 ng/L) y Ranchería (7.0 ng/L) y para el 2008 estos valores aumentan en los ríos Ranchería (32.4 ng/L) y Cañas (17.0 ng/L), debido a que la temporada lluviosa facilita el escurrimiento de residuos de plaguicidas al mar, contrario a esto, en la época seca las concentraciones en la mayoría de los efluentes monitoreados se encontraron dentro de niveles normales (3 – 10 ng/L); sin embargo, el valor más alto se encontró en el primer muestreo de 2009 en el Río Palomino (15.7 ng/L), y para el del río Ranchería 6.6 ng/L esto se debe a que la cuenca del Ranchería y Palomino son las de mayor desarrollo agrícola del departamento y donde se cultiva principalmente arroz, el cual es uno de los cultivos que más demanda el uso de agroquímicos (Garay 1993). Para el 2004 se presentó una situación particular y es que la concentración en todas las estaciones fueron menores al límite de detección de la técnica analítica (0.03 ng/L), a excepción del registro para las estaciones Punta Cabo de la Vela en la cual se encontró un valor de 7.9 ng/L y Cabo de la Vela 1.1 ng/L, solamente explicable a el arribo marino y atmosférico de estas sustancias desde otras latitudes costeras, incluyendo el de carácter transfronterizo.

En la mayoría de estos años hasta la fecha, 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 atribuible probablemente a actividades agrícolas de estas zonas. Solo para el 2009 los valores de plaguicidas organoclorados han aumentado con relación a los años 2001 al 2008, en puntos de muestreo como; Frente Camarones (17.1 ng/L), Muelle Riohacha (16.4 ng/L), Río Palomino (15.7 ng/L), Frente Río Cañas (15.22 ng/L) y Río Jerez2 (13.3 ng/L) estando en el nivel de 10 a 30 ng/L de OC, que representa un riesgo medio de contaminación, además se registra durante todo el historial 2001 a 2009, una concentración que supera el valor de referencia adoptado (30 ng/L; Marín 2002) es en Puerto Riohacha (42.0 ng/L), producto posiblemente de la actividad de intercambio portuario en el lugar.

La variación promedio en los niveles de residuos OC en la Guajira se presenta en la (Figura 4.5-5) durante los últimos años no se han presentado valores por encima del valor de referencia a excepción del año 2009 donde se registro un valor superior. Sin embargo, las concentraciones en todas exceptuando Puerto Riohacha son muy inferiores a las obtenidas desde el inicio del proyecto en 2001, aunque aún se sigan detectando estos compuestos en algunos sectores del departamento. La presencia de OC y su

tendencia variable supone que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aun se encuentran en el medio debido a su persistencia.

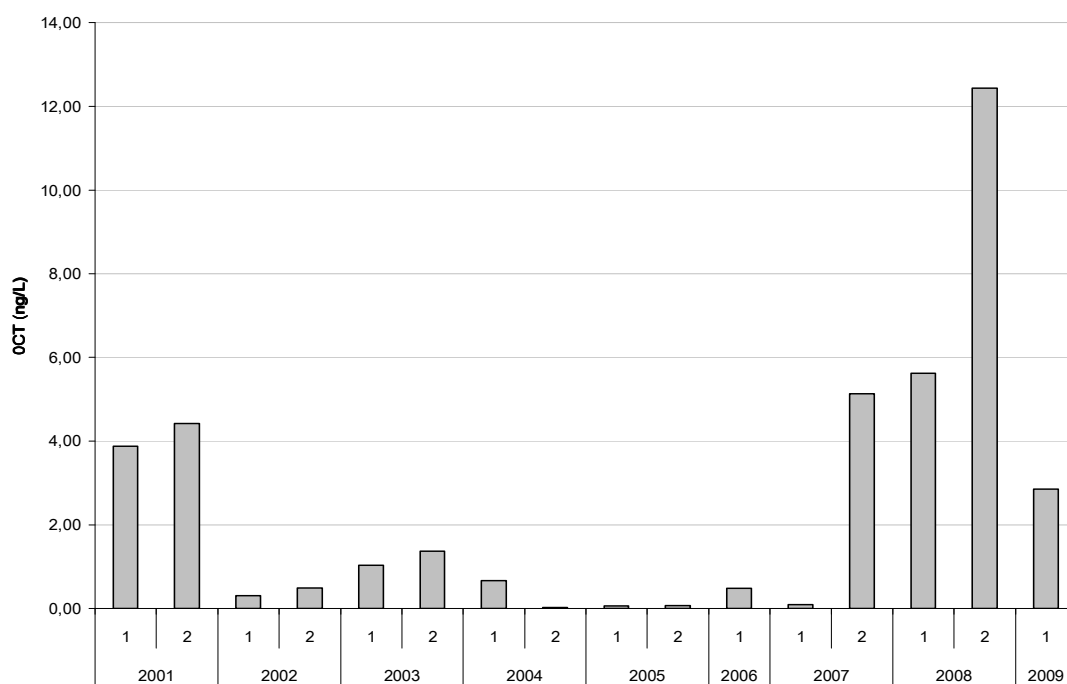


Figura 4.5-5 Comportamiento histórico de la concentración promedio de plaguicidas organoclorados (OC) en el Departamento de la Guajira.

El déficit hídrico, especialmente en la época húmeda influye en el escurrimiento de estos residuos hacia la zona costera, ya que las lluvias lavan los terrenos donde anteriormente se han aplicado plaguicidas. Por esta razón, los promedios son ligeramente mayores en el segundo muestreo comparados con los de las épocas secas del 2001, 2002 y 2003 (4.4, 0.5 y 1.37 ng/L para la época húmeda; 3.88, 0.31 y 1.03 ng/L en la seca). En el 2004 y 2005, 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. Para los años 2007 y 2008 continúa el mismo comportamiento con promedios ligeramente más altos en época húmeda (5.13 - 12.43 ng/L) y 0.1 - 5.62 ng/L para época seca respectivamente. En el 2009 con relación a el ultimo año en temporada seca, muestra un valor promedio menor siendo de 2.86 ng/L.

En general el departamento de la Guajira se clasifica en riesgo bajo de contaminación por residuos de OCT 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 se tiene en promedio la menor concentración de residuos 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 plaguicidas.

4.5.5 Metales pesados

La problemática de contaminación por metales pesados en esta región costera, ha sido poco estudiada, no existen a la fecha reportes históricos de fuentes importantes de estos tóxicos químicos en la región, esto debido a la poca actividad industrial y minera desarrollada en el departamento que pudiera dar lugar a la contaminación por este tipo de elementos, se prevé que la problemática ambiental que se pueda

presentar puede estar relacionada a las tensiones originadas por diversas actividades de carácter antropogénico, como ha sido la disposición de basuras a cielo abierto y disposición de aguas servidas, pudieran constituirse en la principal fuente de estos elementos en la región.

El comportamiento de los elementos analizados (cadmio, plomo y cromo) en el departamento de la Guajira, no muestran una tendencia general, mientras el cadmio (Cd) evidencia una disminución a partir de un máximo concentración registrado en el 2001 hacia el 2009, a excepción segundo y primer periodo del 2002 y 2003 respectivamente que registraron los valores mínimos de este elemento; el rango en el que se ha registrado el Cd en este departamento a lo largo del monitoreo 2001-2009 ha sido de 0.02 a 2.86 µg/L. La concentración de Cromo de igual manera como el Cd tiene los mayores valores hacia el 2001 y 2002, pero evidencia un aumento en la frecuencia de determinación y en las concentraciones registradas, la mayor valor registrado (2.65 µg/L) en el río Palomino en el primer periodo de 2009, a pesar de estos valores el rango registrado de 0.05 a 2.65 µg/L esta muy por debajo del valor referenciado como de riesgo (50 µg/L) por normas internacionales (EPA, 2002; CONAMA, 1986). Con referencia al plomo como en otras regiones costeras del Caribe en la Guajira se denota una mayor influencia en la calidad ambiental presentando las mayores concentraciones frente al Cd y Cr, este fenómeno puede ser incidido principalmente por las actividades antropogénicas ubicadas en las riveras de los ríos, esto se puede corroborar al analizar los resultados, en donde las estaciones ubicadas en el río Palomino y el río Ranchería presentan concentraciones en el año 2002. A pesar de esto durante el periodo 2003 a 2004, se presenta como tendencia general a disminuir la concentración de este metal que se mantiene a lo largo del monitoreo manteniendo el rango de 0.05 a 59.10 µg/L, concentraciones que no sobrepasan los valores referenciados como de riesgo en la normatividad internacional.

Las principales fuentes de contaminación identificadas en este departamento son las basuras, los vertimientos de aguas residuales (domésticos o industriales), la actividad marítima y portuaria y los residuos de agroquímicos. Las vías de entrada de los contaminantes son los vertimientos directos y los ríos, siendo el principal el Ranchería, seguido por los ríos Cañas, Jerez y Palomino (Garay *et al.*, 2004), los cuales pueden incidir en la calidad de las aguas costeras del departamento de la Guajira y concretamente en la concentración de metales.

4.5.6 Conclusiones

Las aguas marino-costeras del departamento de La Guajira, presentaron buenas condiciones en todos los parámetros fisicoquímicos de las aguas marinas, sin embargo los afluentes continentales, deben ser vigilados para evitar descargas de nutrientes o sólidos en exceso.

En el año de evaluación las playas Riohacha, Manaure, Camarones y Cabo de la Vela registraron concentraciones de bacterias indicadoras de contaminación fecal superiores a los límites establecidos en la legislación nacional para aguas destinadas a actividades de natación o baño. En el departamento la calidad microbiológica de la zona costera se encuentra influenciada principalmente por los aportes de contaminantes microbiológicos a través de los ríos Ranchería, Cañas, Palomino y Jerez con concentraciones de indicadores microbiológicos por encima de los 5000 NMP/100 ml

La actividad marítima de Puerto Bolívar, Manaure y Riohacha; además de las descargas de aguas servidas constituyen la principal fuente de HDD al medio marino, es así como, los registros muestran una mínima entrada de estos compuestos hacia el medio marino y desde el 2001 presentan una tendencia a disminuir.

El departamento presenta un riesgo bajo de contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados como consecuencia del déficit hídrico, el escaso desarrollo agrícola y la poca población asentada en la costa, situación que se hace evidente en el sector norte del departamento donde se registran en promedio las menores concentraciones de OC. La detección de algunos residuos de plaguicidas en este

sector puede estar asociada al transporte por las corrientes marinas desde la zona sur donde existe mayor probabilidad de contaminación por estos compuestos.

Las concentraciones promedio de Cd Cr y Pb medidas en este departamento durante el periodo 2001 a 2009, se han enmarcado muy por debajo de los límites establecidos internacionalmente como de riesgo; aunque la tendencia presentada por el cromo es aumentar su concentración especialmente en las estaciones ubicadas en los ríos Cañas, Jerez y Palomino lo que se puede inferir como una incidencia continental en la concentración de este elemento en el departamento.

Magdalena



Playa Blanca (Rodadero).

4.6 MAGDALENA

Las aguas marinas y costeras al norte del departamento del Magdalena, presentaron condiciones fisicoquímicas normales de calidad en variables como oxígeno, pH, temperatura y salinidad para preservación de flora y fauna de acuerdo con la legislación colombiana (MinSalud, 1984). En la parte que inicia con el Distrito de Santa Marta, existen sitios donde la influencia de las actividades humanas, afectan esas condiciones; entre los sitios con influencia sobre las condiciones de las aguas se encuentran el emisario submarino, el río Manzanares y el Muelle de Cabotaje del Puerto de Santa Marta. Los indicadores sanitarios para estas aguas han demostrado aptitud para la realización de actividades de contacto primario y secundario, sin embargo los indicadores mostraron que puede haber presencia de bacterias patógenas que representan un riesgo para estas actividades, sobre todo durante los períodos de lluvias. Se deben vigilar los ríos y escorrentías, que son la entrada de bacterias de origen fecal a la zona costera. Los residuos de hidrocarburos (HDD) reflejan un riesgo bajo de contaminación, pero es notable que el río Manzanares se constituye en una fuente de este contaminante. Así mismo, los plaguicidas han presentado años tras año disminución en sus concentraciones, coherentes con el cambio de sustancias usadas para el control de plagas agrícolas. Finalmente, los niveles medidos de metales pesados, no describen riesgos para las aguas marinas y costeras, aunque el cromo en los últimos muestreos, manifieste un leve aumento en los tributarios.

4.6.1 Área de estudio

El departamento del Magdalena se encuentra ubicado al norte del país, en el Mar Caribe, entre los 09° 00' y 11° 28' de latitud norte; 73° 39' y 73° 51' l o longitud oeste, posee una superficie de 23.188 km² que hacen parte del clima cálido en una proporción del 84,5% (IGAG, 2008), el resto del territorio se reparte en pequeñas proporciones entre los pisos térmicos templado frío, muy frío y nival. Los principales ríos del departamento son Don Diego, Buritaca, Guachaca, Piedras, Manzanares, Sevilla y Fundación. Las estaciones de muestreo comprenden la extensión litoral, desde el río Don Diego hasta la Ciénaga Grande de Santa Marta (Figura 4.6-1).

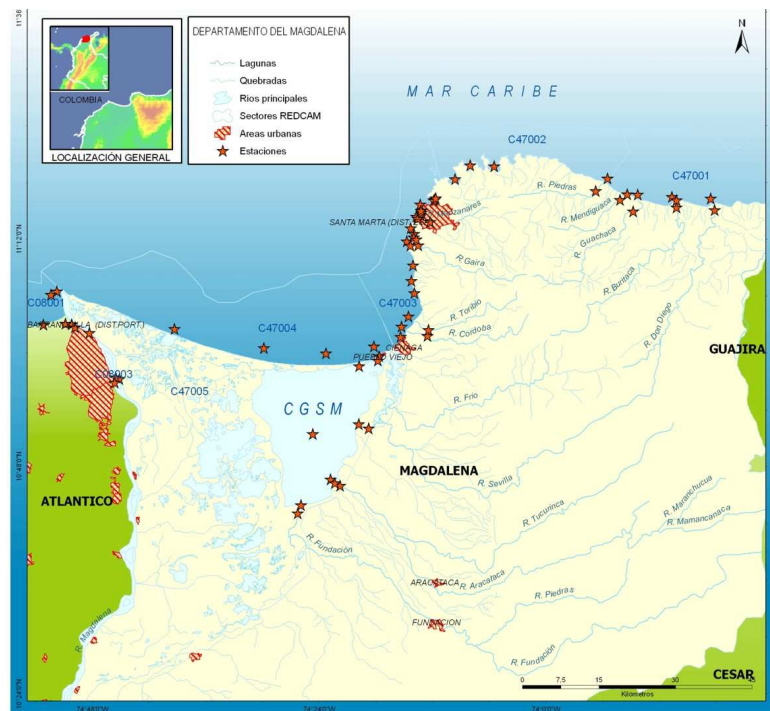


Figura 4.6-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento.

4.6.2 Variables fisicoquímicas

Las aguas continentales que drenan a la zona costera del departamento durante el período entre el segundo muestreo 2008 al primero del 2009, presentaron condiciones de amonio entre 2.5 y 74.4 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el nitrato entre 8.3 y 396.1 $\mu\text{g/L}$ NO_3 , el nitrito entre 0.7 y 6.4 $\mu\text{g/L}$ NO_2 , el fosfato entre 14.9 y 114.3 $\mu\text{g/L}$ PO_4 ; el río con mayor concentración para cada uno de ellos siempre fue el río Manzanares, que recoge parte de las aguas residuales del municipio de Santa Marta. El oxígeno disuelto presentó un rango entre 6.4 y 8.5 mg/L, que representa buenas condiciones al compararse con la norma colombiana (Decreto 1594 de 1984); el pH presentó valores entre 6.6 y 7.8 unidades también cumple con lo estipulado en la norma. Los sólidos en suspensión entre 1.4 y 47.2 mg/L, que representan valores bajos de aportes a las aguas marinas, nuevamente los registros más altos se presentaron en el río Manzanares. La salinidad siempre fue cero, la temperatura estuvo entre 23 y 29.5 °C y los aportes de silicio entre 176 y 9123 $\mu\text{g/L}$ Si, donde el valor más alto fue medido en el río Toribio durante el segundo muestreo del 2008.

Durante el mismo período, las aguas estuarinas específicamente en la Ciénaga Grande Santa Marta (CGSM), tuvieron concentraciones de amonio entre 0.15 y 60.8 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , los valores más altos se observaron en la durante el segundo muestreo del 2008 en cercanías del río Sevilla. Para el nitrato las concentraciones fueron entre 0.14 y 47.6 $\mu\text{g/L}$ NO_3 , en el caso de los nitritos las concentraciones estuvieron entre 1.3 y 43.5 $\mu\text{g/L}$ NO_2 y para los fosfatos el rango de valores encontrados fue entre 2.6 y 200 $\mu\text{g/L}$ PO_4 . Las concentraciones del nitrógeno se encuentran dentro de límites considerados como normales, al comparar con la propuesta de norma para esos iones (Troncoso *et al.*, 2006), con excepción del valor más alto de nitritos medido durante el segundo semestre del 2008 en la influencia del río Sevilla. Este río drena una parte importante de la zona agrícola más grande del Magdalena, donde la producción de banano y aceite de palma alcanza valores de 350000 toneladas año (IGAC, 2008) y que influyen sobre los nutrientes inorgánicos de los cuerpos de aguas naturales. Los valores del oxígeno disuelto han fluctuado entre 0.9 y 11.8 mg/L, los valores bajos fueron medidos en cercanías de las bocas de los ríos Fundación y Sevilla, que generalmente traen una carga de materia orgánica que descargan sobre la CGSM y que influyen sobre las mediciones del parámetro. El pH fluctuó entre 5.4 y 8.9 el registro más bajo se presentó en el segundo semestre del 2008 en la salida del río Sevilla a la CGSM, que evidencia los aportes del agua dulce y la descomposición de materia orgánica, con salinidades que han fluctuado entre 0 y 34.3 y los aportes de materia orgánica que influyen sobre el oxígeno (3.9 mg/L). La temperatura de las aguas estuarinas ha fluctuado entre 26.3 y 33.4 °C, que revela parte de los procesos que sufren las aguas de la CGSM, en sitios con poca profundidad y lenta velocidad de circulación (Perdomo, 2008).

Para las aguas marinas durante el período 2008-2009, las concentraciones de amonio entre 1.6 y 508.5 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el máximo valor fue registrado en la estación del muelle de cabotaje durante el primer muestreo del 2009, en este sitio existe una descarga no permanente de aguas residuales que procede de los colectores de aguas lluvias ubicados en la vía de ingreso al puerto de Santa Marta, cerca de la estación norte de Metroagua; el nitrato entre 0.5 y 40.8 $\mu\text{g/L}$ NO_3 (Figura 4.6-2), el sitio de mayor concentración fue el canal de la Escollera; el nitrito osciló entre 0.4 y 9.7 $\mu\text{g/L}$ NO_2 con el máximo registro encontrado en Costa Verde y para los fosfatos las concentraciones han fluctuado entre 1 y 109 $\mu\text{g/L}$ PO_4 , con el valor máximo encontrado en el muelle de cabotaje. El muelle de Cabotaje, es uno de los puntos de ingreso de nutrientes inorgánicos a la zona costera del distrito de Santa Marta, por lo que se recomienda hacer un seguimiento a las actividades que allí se desarrollan. El oxígeno disuelto presentó concentraciones entre 5.0 y 8.4 mg/L, los cuales cumplen la norma nacional; el valor del pH fluctuó entre 7.9 y 8.2 unidades que también se ajusta al rango de la directriz; los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 7.9 y 72.6 mg/L, la máxima concentración se encontró en la playa de los Alcatraces.

Históricamente las aguas marino-costeras del departamento, presentaron concentraciones de amonio entre 1.8 y 37.2 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el máximo valor fue registrado en la estación del emisario submarino de Santa Marta durante el primer muestreo del 2007; el nitrato entre 0.5 y 907 $\mu\text{g/L}$ NO_3 registrando el máximo en la estación frente al río Manzanares en el segundo semestre del 2001 aunque los promedios para las

aguas marinas sean menores (Figura 4.6-2); el nitrito osciló entre 0.05 y 49.2 µg/L NO₂ con el máximo registro encontrado en playa Batallón en el primer semestre del 2004 y para los fosfatos las concentraciones han fluctuado entre 0.17 y 387.8 µg/L PO₄. El oxígeno disuelto presentó concentraciones entre 3.8 y 12 mg/L, donde los valores más bajos se presentaron en las estaciones del emisario submarino y frente al río Manzanares como consecuencia de la influencia que estas fuentes de agua continental realizan sobre la zona costera; el valor del pH fluctuó entre 6.9 y 8.4 unidades que se ajusta al rango del decreto 1594; los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 1.2 y 120.3 mg/L, en los que se aprecia la resuspensión en zonas donde la influencia de los vientos alisios es importante, como ocurre en Playa Mendihuaca.

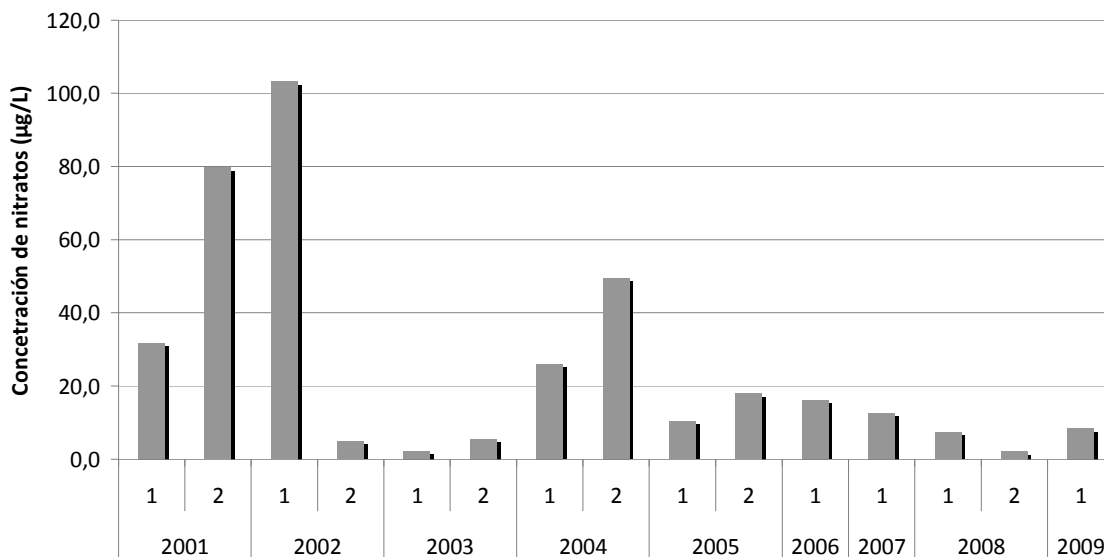


Figura 4.6-2. Concentraciones del nitrato inorgánico para los muestreos realizados, en las aguas marinas del Departamento del Magdalena.

4.6.3 Contaminación Microbiológica

La calidad sanitaria de las playas juega un papel fundamental para garantizar la salud de los usuarios, así como el bienestar de las comunidades costeras que dependen de los ingresos del turismo, razones que resaltan la importancia económica, social y ambiental que tienen estos ecosistemas marinos (Pendleton *et al.*, 2001). El departamento cuenta con una gran variedad de playas destinadas a actividades recreativas y aunque el porcentaje de casos no aptos registrado históricamente, ha sido bajo (26%), algunas zonas como playa Municipal requieren especial atención. Este balneario localizado sobre la Bahía de Santa Marta cuenta con el mayor índice de incumplimiento de la zona, ya que recibe descargas de contaminantes microbiológicos a través de diversas fuentes: a) aguas residuales provenientes de los desbordamientos del sistema de alcantarillado b) escorrentías intermitentes de la calle 10 y 22 y c) desbordamiento de los colectores de aguas lluvias y d) descarga del río manzanares. El aporte de estas fuentes han conllevado a que esta playa, de afluencia principalmente local, tenga valores de Coliformes termotolerantes hasta 390.000 NMP /100 ml.

Al igual que otros departamentos, el incremento en las fallas por Coliformes se ha observado principalmente en el segundo semestre, temporada donde predominan las precipitaciones. Durante éstos eventos climáticos se genera un arrastre de contaminantes desde el suelo hasta los cauces de agua, así como la re-suspensión de sedimentos que originan un incremento en las concentraciones de microorganismos indicadores de hasta 500% (Noble *et al.*, 2003; Anh *et al.*, 2005).

Durante este año de evaluación, muestreo II-2008 a I-2009, las playas Municipal, Rodadero, Bahía Concha, Batallón, Buritaca, Mendihuaca y Salguero presentaron niveles de indicadores de contaminación fecal para actividades de baño, natación u otro contacto directo fuera de los límites establecidos en la norma nacional y la guía internacional de la Organización Mundial de la Salud (MinSalud; 1984; OMS, 2003). La presencia de las bacterias indicadoras no supone un riesgo para la salud de los humanos, pero sí sugieren la existencia de patógenos peligrosos que constituyen una amenaza, especialmente en zonas tropicales, donde la proporción de portadores es muy elevada (Acuña *et al.*, 1998).

Los ríos son un vehículo para el transporte de contaminantes al mar. Son reconocidos como una fuente importante en el aporte de contaminantes microbiológicos, al ser receptores de los residuos generados por las poblaciones ubicadas a lo largo de la cuenca. Las concentraciones obtenidas por los tributarios del departamento están relacionadas con la distribución espacial de los mismos. De este modo, en la zona sur se localizan el Córdoba y el Toribio, los cuales han aportado una concentración máxima de 240000 y 540000 NMP CTT/ 100 ml. En la zona centro, los ríos con mayor concentración histórica de Coliformes son Gaira (350.000 NMP/ 100 ml) y Manzanares (3'500000 NMP/100 mL); éstos tienen cobertura en la zona urbana de Santa Marta y sus niveles difieren de los demás tributarios del departamento ($p < 0.05$). En el caso de los ríos de la Sierra Nevada, los cuatro presentaron su máxima concentración en el primer periodo del año 2002, con valores desde 24000 a 240000 NMP/ 100 mL. Sin embargo, aunque están localizados en un área próxima, el río Buritaca y Piedras presentan diferencias en los niveles de coliformes con el río Guachaca ($p < 0.05$; Figura 4.6-3). El agua de estos cuerpos de agua es empleada en labores domésticas, recreación y pesca. En el último año de evaluación conforme a los niveles obtenidos todos presentaron un riesgo para estas actividades, a excepción del río Mendihuaca y Don Diego, que registraron niveles óptimos para contacto secundario (CTT < 5000 NMP/ 100 ml; MinSalud, 1984).

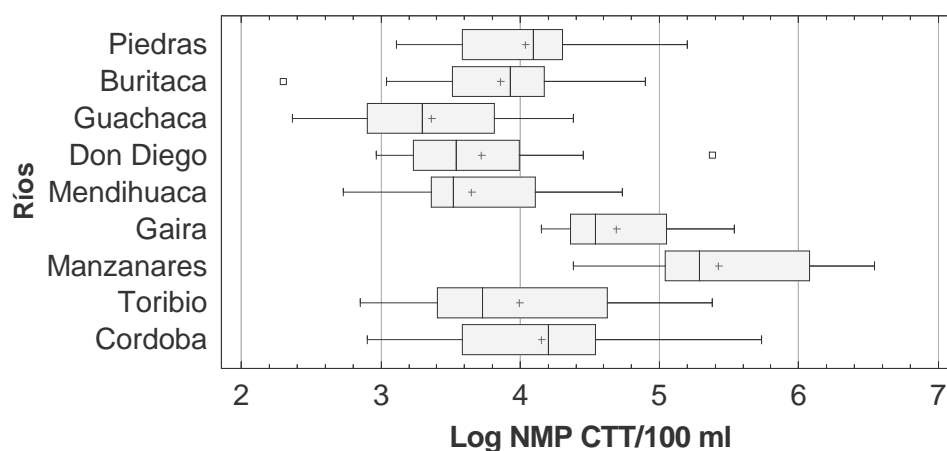


Figura 4.6-3. Concentración histórica de Coliformes totales (Log NMP/100 ml) en los principales ríos del departamento del Magdalena.

4.6.4 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados.

Hidrocarburos

El sector de Santa Marta presenta un riesgo alto de contaminación por hidrocarburos, generado por su movimiento marítimo y el vertimiento de aguas residuales, lo que puede amenazar los ecosistemas frágiles y actividades productivas. En los últimos años han ocurrido eventos de derrame de hidrocarburos, el hundimiento de la draga "Mary" en enero de 2005, el choque de dos buques en el puerto de Santa Marta en Mayo de 2005 y el ocurrido en agosto de 2003 en el puerto carbonífero de PRODECO. Estos incidentes han afectado de manera puntual el medio marino, porque han sucedido en zonas abiertas

donde los fenómenos de dilución han jugado papel importante en la recuperación del medio. Una sinopsis de los resultados hallados desde 2001 hasta el primer monitoreo de 2009 muestran que en el 2001 en época seca se reporta el promedio más alto de hidrocarburos de forma puntual, en sitios como 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 pero, para los años siguientes, los niveles de HDD en el resto de la franja costera estudiada del Magdalena, tienden a ser inferior a 6.0 µg/L, que es menor 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). Igualmente se aprecia en años como 2002, 2003, 2004 y 2008 un comportamiento de aumento en los promedios de HDD en época húmeda (0.93, 0.64, 0.36, 0.86 µg/L respectivamente) con relación a la época seca (0.52, 0.45, 0.26 y 0.33 µg/L respectivamente), infiriendo procesos de escurrimiento de estos compuestos al mar Caribe (Figura 4.6-4).

La concentración de HDD en la estación Río Manzanares a reportado valores significativos de aporte de estas sustancias toxicas a lo largo de los años 2001-2003 y del 2005-2009 con el segundo valor histórico para este afluente, más alto de 5.02 µg/L; atribuible principalmente a las actividades antropogénicas del sector. Así mismo, puntos de muestreo como las playas del Rodadero, Taganga, Neguanje y Buritaca también aportan en temporada alta concentraciones apreciables de HDD debida a la actividad náutica asociada al turismo que se desarrolla en estas playas.

Las concentraciones de hidrocarburos exhiben el rango de variación más alto en el 2001 y a partir del año 2002 muestran una tendencia a disminuir (Figura 4.6-4). Al comparar estas concentraciones registradas en los años estudiados, con los valores reportados en estudios para aguas superficiales en distintos 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. Sin embargo, la zona comprendida entre Punta aguja y Boca de la Barra es la de mayor afectación por vertimientos de hidrocarburos, precisamente en este sector se desarrollan actividades económicas y se encuentra los asentamientos mas poblados, es así que las estaciones Bahía Taganga, Río Manzanares y Río Gaira con sus respectivos frentes presentan las mediciones mas altas pero, con valores que aun no superar el limite permisible de 10 µg/L.

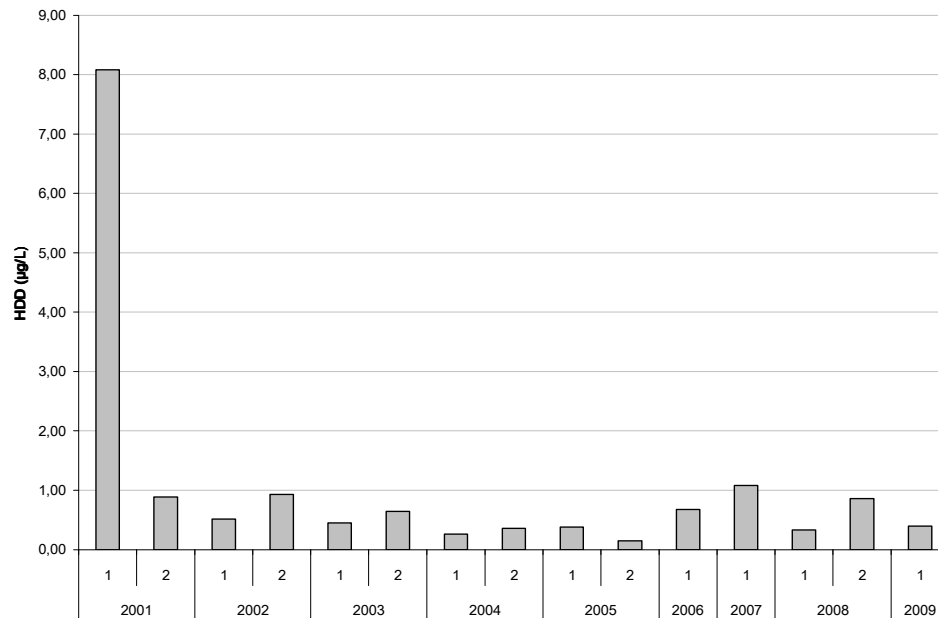


Figura 4.6-4 Comportamiento histórico de la concentración promedio de HDD en el Departamento del Magdalena.

En la actualidad, se encuentra una tendencia de disminución en las concentraciones promedio de HDD con respecto a años anteriores, oscilando en un rango cuyo valor máximo fue de 0.73 µg/L en el Río Gaira, con la excepción de los 5.02 µg/L del Río Manzanares.

Plaguicidas Organoclorados

En el departamento del Magdalena, las partes 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, están identificados como los mayores aportantes de estos compuestos los ríos que desembocan en la CGSM y recorren la zona bananera del departamento, algunos ubicados al norte del departamento y los que descargan en la zona costera de Santa Marta como el Toribio, Córdoba y Manzanares, que en su recorrido recogen vertimientos producidos por la actividad cafetera, bananera 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 (12000 ha) y palma africana (16000 ha). Residuos de los agroquímicos usados en estos cultivos llegan por escorrentía a varios afluentes, principalmente 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), 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).

Esta zona también se han realizado el mayor número de estudios al respecto; en una revisión cronológica se encontró que, las primeras evaluaciones corresponden a estudios en la Bahía de Cartagena (Pagliardini *et al.*, 1982), Martínez (1978) describió cualitativamente la incidencia de los plaguicidas aplicados en la zona bananera del departamento del Magdalena. Análisis cuantitativos realizados posteriormente 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).

Un análisis de la información desde 2001- 2009 revela que los OC de mayor presencia en las aguas son los compuestos del DDT y sus metabolitos, seguido por los compuestos del Aldrin, los Heptacloros y finalmente los HCH. Esto indica, que en estos años la totalidad de muestras positivas en el análisis de organoclorados contenían algún metabolito del DDT; esta recurrencia de DDT y sus metabolitos ratifican claramente su reconocida persistencia en los ecosistemas acuáticos.

Desde 2001 a 2006 se observa que la tendencia es la de una disminución en la presencia de estos compuestos, reportándose los valores máximos en el año 2001 que oscilaron entre 0.03 – 87.0 ng/L de OCT pasando ya hasta el año 2006 a un rango de 0.2 a 2.8 ng/L OCT, estando muy por debajo del valor de referencia adoptado de 30 ng/L; no obstante, para el 2007 en temporada de lluvias el valor aumenta a 13.5 ng/L, detectado en el Río Gaira y por último, en el año 2008 de 19.7 ng/L registrado igualmente en época húmeda en el Río Guachaca, indicando que el aporte de estos tóxicos es debido a los afluentes que recorren zonas agrícolas del departamento, principalmente en época de lluvias, Finalmente para el año 2009 se reportan concentraciones inferiores al límite de detección de la técnica analítica, por lo cual no existe riesgo apreciable de contaminación por OCT en la actualidad.

Es importante mencionar, la detección de residuos de plaguicidas organoclorados en la estación Bahía Chengue, ubicada en el Parque Nacional Natural Tayrona, considerada un sector costero de bajo riesgo de contaminación antropogénica, en donde se encontró un valor máximo en el año 2008 de 6.35 ng/L (época seca) lo que demuestra el transporte de estos tóxicos desde otras zonas costeras por acción de las corrientes o deposición atmosférica.

El diagnóstico general para la zona costera indica que los niveles de contaminación del agua por residuos agrícolas de tipo organoclorados, al menos hasta el 2003 y continuando desde el 2007 hasta el 2008 (Figura 4.6-5), se presentan 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 no existe riesgo de contaminación por OCT y esta disminución puede ser gracias a la legislación al respecto y su presencia puede deberse a que aunque no se estén aplicando, los suelos pueden estar drenando sustancias que fueron hace tiempo aplicadas y que se encuentran en el terreno por su persistencia y baja degradabilidad.

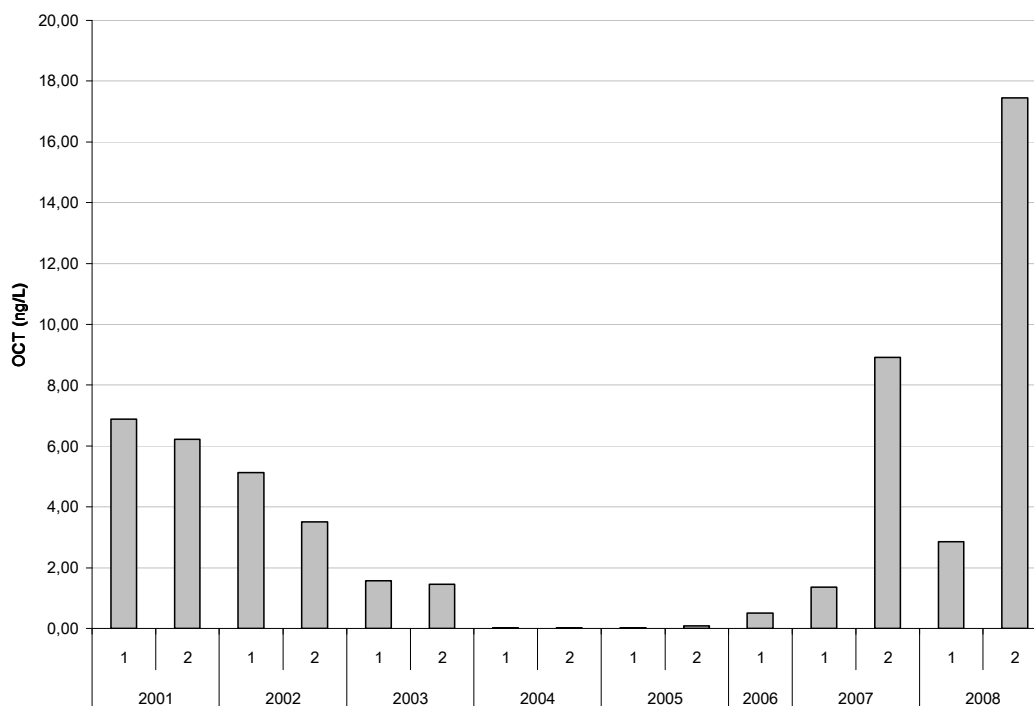


Figura 4.6-5 Comportamiento histórico de la concentración promedio de plaguicidas organoclorados (OC) en el departamento del Magdalena.

Actualmente se emplean otro tipo de productos para el control de las plagas en los cultivos, por ejemplo, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) certificó desde 1993 la relación de plaguicidas aplicados en los cultivos de banano y palma africana. En los cuales solo se incluyen compuestos organofosforados y carbamatos, que son plaguicidas menos persistentes en el ambiente.

4.6.5 Metales pesados

En el departamento del Magdalena se han realizado importantes estudios sobre la entrada de este tipo de contaminantes al medio acuático especialmente en la Ciénaga Grande de Santa Marta, en estos estudios

no se han encontrado concentraciones que revistan peligro al medio acuático (Parra y Espinosa, 2007). Durante el monitoreo RED CAM se han analizado los metales cadmio (Cd) plomo (Pb) y cromo (Cr), en general las mayores concentraciones de estos elementos se han registrado en el año 2001 y primer periodo de 2002, y para los tres elementos se registro los menores valores en el segundo periodo de 2002 y primero de 2003.

La concentración de Cd luego de registrarse las mayores concentraciones en periodo 2001 – 2002 con un máximo de 3.20 µg/L, valor inferior al reportado por CONAMA (1986) y EPA (2002) como de riesgo para el ecosistema acuático (10 µg/L), la concentraciones se han mantenido por debajo de 1.50 µg/L, excepto en el segundo periodo de 2003 donde se registro un valor de 2.80 µg/L. De igual manera el cromo luego de presentar las mayores concentraciones en el periodo 2001 – 2002, con máximo valor de 5.70 µg/L, muy por debajo del valor referenciado en normas internacionales como de riesgo de 50 µg/L, la tendencia general para este elemento es concentraciones por debajo de 1.50 µg/L, a partir del segundo periodo de 2002.

El plomo ha presentado una mayor variabilidad que el cadmio y cromo, la mayor concentración de 31.70 µg/L, registrada en el primer periodo de 2002, y las menores concentraciones en el 2003 – primer periodo 2004, luego se evidencia un aumento en las concentraciones sin rebasar los 10 µg/L, estando estos valores muy por debajo de los referenciados como de riesgo.

4.6.6 Conclusiones

Las aguas marino-costeras del departamento del Magdalena, presentan fuerte influencia en el área del distrito de Santa Marta sobre todo en la zona del emisario submarino, las descargas del río Manzanares y en el sitio conocido como muelle de cabotaje.

Durante el segundo semestre del 2008 y el primer semestre del 2009, las aguas recreativas de las playas Municipal, Rodadero, Bahía Concha, Batallón, Buritaca, Mendihuaca y Salguero presentaron niveles de microorganismos indicadores de contaminación fecal superiores a los límites establecidos en la norma nacional y la guía internacional de la Organización Mundial de la Salud. La calidad microbiológica de la zona costera es afectada por los ríos, entre los que se destacan por registrar la mayor concentración bacteriana los tributarios Gaira y Manzanares, que desembocan en la zona urbana de Santa Marta

El diagnóstico general de la zona costera del Magdalena indica un estado de calidad favorable respecto a la contaminación por hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD), en especial en el sector norte del departamento, donde se encuentra ubicado el parque PNN – Tayrona; caso contrario sucede con el sector de Santa Marta presentando un riesgo medio de contaminación por HDD dada su actividad marítima y los vertimientos de aguas residuales, presentándose una contaminación por hidrocarburos en las aguas costeras del departamento de tipo puntual.

El impacto por plaguicidas organoclorados cada vez es menor y las concentraciones mantienen la tendencia de disminuir en el tiempo, gracias a las restricciones en materia de fabricación y comercialización de compuestos organoclorados y al cambio en las formulaciones de agroquímicos, reflejándose en la actualidad en valores inferiores al límite de detección de la técnica analítica.

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

Atlántico



Ciénaga de Mallorquín.

4.7 ATLÁNTICO

Las aguas marinas y costeras al norte del departamento del Atlántico, presentaron condiciones fisicoquímicas normales de calidad en variables como oxígeno, pH, temperatura y salinidad para preservación de flora y fauna de acuerdo con la legislación colombiana. La zona costera cercana a la desembocadura del río Magdalena, se ve afectada por la descarga de nutrientes inorgánico y los sólidos en suspensión se dieron en Puerto Colombia debido a los fuertes vientos que generalmente influyen sobre este sitio. Los indicadores sanitarios para estas aguas han demostrado aptitud para la realización de actividades de contacto primario y secundario, sin embargo los indicadores mostraron que para las playas de Puerto Colombia, Caño Dulce y Pradomar los niveles sobrepasan los valores de la norma, sobre todo durante los períodos de lluvias; se deben vigilar y controlar los establecimientos cercanos a las playas, que por mala disposición de basuras y aguas residuales posiblemente estén generando estos problemas. Los residuos de hidrocarburos (HDD) reflejan un riesgo bajo de contaminación, por su tendencia en los últimos años a presentar menores concentraciones. Los plaguicidas han presentado años tras año disminución en sus concentraciones, coherentes con el cambio de sustancias usadas para el control de plagas agrícolas. Finalmente, los niveles medidos de metales pesados, no presentan riesgos para las aguas marinas y costeras, aunque el cromo parece estar aumentando ligeramente sus concentraciones en el río Magdalena.

4.7.1 Área de estudio

El departamento del Atlántico se encuentra ubicado al norte del país, en el Mar Caribe, entre los 10° 15' y 11° 00' de latitud norte; 74° 45' y 75° 18' lo long itud oeste, posee una superficie de 3.388 km² que hacen parte del clima cálido en una proporción del 100% (IGAG, 2008). La principal fuente continental la constituye el río Magdalena, así como un grupo de arroyos y caños. Las estaciones de muestreo comprenden la extensión litoral, desde el río Magdalena hasta Boca Tocino en cercanías a límite con el departamento de Bolívar (Figura 4.7-1).

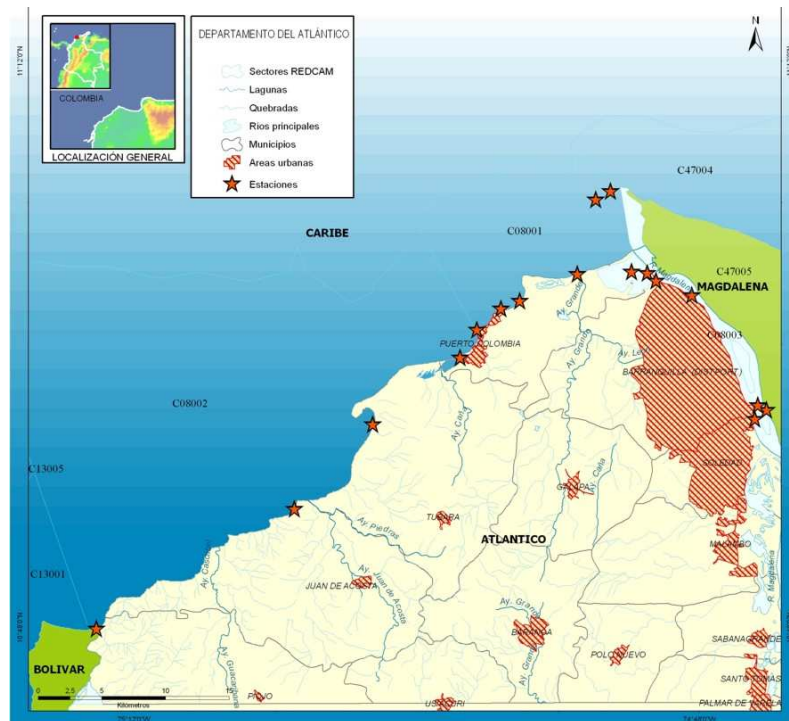


Figura 4.7-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento del Atlántico.

4.7.2 Variables fisicoquímicas

Las aguas del río Magdalena que drenan a la zona costera del departamento durante el período entre el segundo muestreo 2008 al primero del 2009, presentaron condiciones de amonio entre 4.9 y 172.6 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el nitrato entre 3.7 y 331.4 $\mu\text{g/L}$ NO_3 , el nitrito entre 0.9 y 10 $\mu\text{g/L}$ NO_2 , el fosfato entre 1.3 y 225.1 $\mu\text{g/L}$ PO_4 ; todas las concentraciones se registraron sobre río Magdalena, que recoge las aguas residuales de los municipios ribereños de una gran parte del país. El oxígeno disuelto presentó un rango entre 3.8 y 7.5 mg/L, que representa buenas condiciones al compararse con la norma colombiana (Decreto 1594 de 1984) con excepción de un registro tomado cerca de las Flores; el pH presentó valores entre 7.0 y 8.1 unidades también cumple con lo estipulado en la norma. Los sólidos en suspensión entre 0.9 y 596.2 mg/L, que representan importantes valores de aportes a las aguas del Caribe. La salinidad siempre fue cero, la temperatura estuvo entre 24.8 y 30.9 $^{\circ}\text{C}$ y los aportes de silicio entre 198 y 5997 $\mu\text{g/L}$ Si. Este río es el que mayor actividad presenta en el país, en cuanto a vertimientos, transporte, pesca artesanal y otras; por esta razón, es el de mayor aporte a la zona costera del Caribe colombiano.

Durante el mismo período, las aguas estuarinas, tuvieron concentraciones de amonio entre 3.6 y 22.1 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , los valores más altos se observaron en el primer muestreo del 2009 para Bocas de Cenizas. Las concentraciones del nitrato estuvieron entre 0.14 y 47.6 $\mu\text{g/L}$ NO_3 , en el caso de los nitritos las concentraciones estuvieron entre 0,6 y 62,8 $\mu\text{g/L}$ NO_2 y para los fosfatos el rango de valores encontrados fue entre 3.1 y 54.9 $\mu\text{g/L}$ PO_4 . Las concentraciones del nitrógeno inorgánico en aguas del río Magdalena, son generalmente altas (INVEMAR, 2009), pero durante este periodo de muestreo se encuentran dentro de rangos aceptables. Los valores del oxígeno disuelto han fluctuado entre 4.3 y 9.2 mg/L, los valores bajos fueron medidos en la ciénaga de Mallorquín, que generalmente tiene una carga de materia orgánica en sus aguas que afectan al oxígeno. El pH fluctuó entre 7.1 y 8.8 unidades, que denotan buen estado según las especificaciones del decreto 1594 de 1984; la salinidad han fluctuado entre 0 y 39 como es de esperarse en sistemas estuarinos cenagosos (Mallorquín y Balboa). La temperatura de las aguas estuarinas ha fluctuado entre 27.9 y 31.5 $^{\circ}\text{C}$; la concentración de sólidos en suspensión ha fluctuado entre 0.11 y 531.5 mg/L que permiten inferir procesos de mezcla de aguas y productividad de las ciénagas que generan aumento del parámetro (Perdomo, 2008).

Para las aguas marinas durante el período 2008-2009, las concentraciones de amonio entre 3.1 y 40.4 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el máximo valor fue registrado en la estación de Punta Roca durante el primer muestreo del 2009; el nitrato entre 1.2 y 121.5 $\mu\text{g/L}$ NO_3 (Figura 4.7-2), el sitio de mayor concentración fueron las playas de Puerto Colombia (bajo el muelle); el nitrito osciló entre 0.6 y 5.8 $\mu\text{g/L}$ NO_2 con el máximo registro encontrado en playa Salgar; para los fosfatos las concentraciones fluctuaron entre 1 y 26.6 $\mu\text{g/L}$ PO_4 , con el valor máximo encontrado en Punta Roca. La estación de Punta Roca, esta ubicada cerca de la desembocadura del río Magdalena, por lo que la influencia de nutrientes inorgánicos sobre sus aguas, es permanente. El oxígeno disuelto presento concentraciones entre 7.4 y 8.5 mg/L, los cuales cumplen la norma del decreto 1594; el valor del pH fluctuó entre 7.9 y 8.2 unidades que también se ajusta al rango del decreto; los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 0.3 y 121.1 mg/L, la máxima concentración se encontró en la playa de Puerto Colombia.

Históricamente las aguas marino-costeras del departamento, han presentado concentraciones de amonio entre 0.3 y 84.6 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el máximo valor fue registrado en la estación de Punta Roca durante el primer muestreo del 2007 como resultado de la influencia de las aguas del río Magdalena; el nitrato entre 0.3 y 82.5 $\mu\text{g/L}$ NO_3 registrando el máximo en la estación de playa Prado Mar en el primer semestre del 2004; el nitrito osciló entre 0.3 y 13.8 $\mu\text{g/L}$ NO_2 con el máximo registro encontrado en Punta Roca durante el primer semestre del 2007; para los fosfatos las concentraciones han fluctuado entre 0.8 y 240 $\mu\text{g/L}$ PO_4 medido en playa Santa Verónica durante el primer muestreo de 2007. La zona costera del Atlántico al sur de Bocas de Cenizas es influida por las descargas del río Magdalena. El oxígeno disuelto presento concentraciones entre 6.0 y 8.5 mg/L, donde todos los valores cumplen con la normativa nacional (MinSalud, 1984); el valor del pH fluctuó entre 7.8 y 8.2 unidades que se ajusta al rango del decreto 1594; los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 0.5 y 348.9 mg/L, en el que los registros mas altos se han presentado en la estación de Punta Roca, durante el segundo muestreo del 2004 (INVEMAR, 2009).

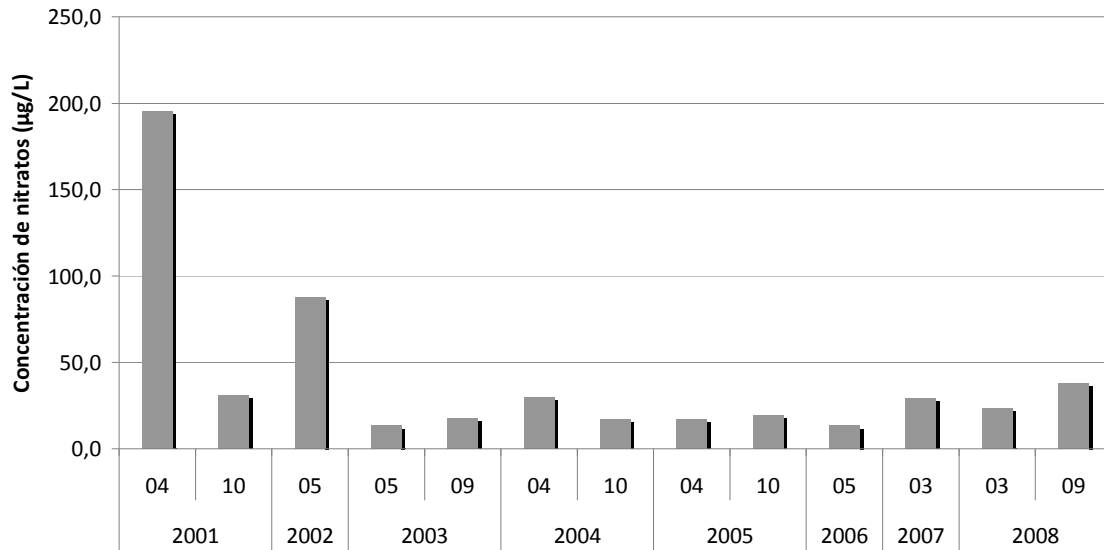


Figura 4.7-2. Concentraciones del nitrato inorgánico, durante los muestreos realizados en las aguas marinas del Departamento del Atlántico.

4.7.3 Contaminación Microbiológica

El uso de los recursos hídricos para fines recreativos requiere especial atención, principalmente en los asentamientos de máxima concentración poblacional e industrial, en los que se presentan las mayores necesidades de medios de esparcimiento por parte de una población. En este sentido, las playas del departamento han registrado históricamente un comportamiento aceptable, con un porcentaje de incumplimiento de las condiciones óptimas de coliformes establecidas en la legislación nacional del 26 % (MINSALUD, 1984). Las Playas con el mayor porcentaje de fallas a nivel microbiológico son Puerto Colombia y Salgar, con un 43% de casos de aguas no aptas para el desarrollo de actividades de contacto primario como natación y baño.

En el periodo de evaluación vigente, II 2008 y I 2009, de acuerdo con las concentraciones de Enterococos (UFC/100 ml) y Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml), se encontró que las aguas recreacionales de las playas Pradomar (228 UFC y 540 NMP), Caño Dulce (72 UFC y 350 NMP) y Puerto Colombia (131UFC y 490 NMP) presentaron riesgos para la salud de los usuarios que realizaron actividades de contacto primario, especialmente durante la época de lluvias. Posiblemente los niveles obtenidos sean producto de las descargas de residuos generados en los establecimientos cercanos y por el arrastre y resuspensión de los contaminantes retenidos en el suelo, lo cual genera un incremento en los niveles dentro de la columna de agua (Noble *et al.*, 2003).

Al igual que en otras zonas costeras, los ríos constituyen una de las fuente más importantes de contaminación al mar. Tal como se observa en la estación del río Magdalena, ubicada a la altura de la Base Naval, que registró en el último año la segunda concentración más alta desde el inicio del monitoreo, con un nivel de Coliformes totales de 1'300000 NMP/ 100 ml y de termotolerantes de 340000 NMP/ 100 ml. El río Magdalena es la vertiente hídrica más importante del País y recibe el 70 % de los residuos industriales y domésticos que se generan a nivel nacional (Marín *et al.*, 2004). Sus aguas son empleadas en diferentes labores agrícolas, domésticas y de pesca, que teniendo en cuenta los niveles indicadores fecales obtenidos semestralmente, revelan condiciones no aptas para su desarrollo.

4.7.4 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 semicerrado, 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 algunos valores de 36.25 µg/L de HDD en la zona del río Magdalena en el año 1994 (Garay, 1994). Esto refleja el riesgo al cual esta sometida la zona costera. Aunque en la actualidad la situación es más favorable ambientalmente, reflejando una disminución de dichas concentraciones. A modo de síntesis los resultados hallados permiten observar una tendencia de disminución en la concentración de HDD a partir del año 2002 hasta el 2008 (Figura 4.7-3), presentando los mayores promedios en el año 2001 de 5.54 µg/L en época seca y 7.47 µg/L en época húmeda, los valores máximos tanto en época seca como húmeda se presentaron en la urbanización la Playa en la Ciénaga de mallorquín (11.88 µg/L) y las Flores (12.40 µg/L), evidenciando en este año, que 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, mantenimiento de maquinaria pesada, la industria metalmeccánica, el cambio de aceite de automóviles, entre otras; siendo 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. Se observa igualmente que en los años 2003, 2004, 2005 y 2008 la época húmeda es la que mas aporta hidrocarburos, asociados a escorrentías de estos compuestos de la zona continental al mar Caribe, ya para los años 2002, 2006, 2007 y 2009 se aprecia una aparente disminución en los valores promedio de HDD en época húmeda y un aumento en época seca indicando que las concentraciones están sometidas a efectos de dilución y que la procedencia puede ser terrestre.

El rango de concentración de HDD, a partir del año 2002 a 2009 fue de 0.01- 3.1 µg/L, este ultimo medido en Bocas de Ceniza en el 2006, demostrando condiciones ambientalmente favorables, sin embargo en el 2001 la mayoría de las estaciones presentaban un riesgo alto de contaminación (>10.0 µg/L), actualmente los valores son menores a 2.65 µg/L, lo que indica riesgo bajo.

De acuerdo a lo anterior, este departamento ha mostrado mejorías en la calidad del agua con respecto a los niveles de HDD y la tendencia general de estas concentraciones es descendente, se observa además, un efecto sobre las concentraciones relacionado con la época climática; es así, como las concentraciones incrementan al pasar del primero al segundo muestreo (época seca a la lluviosa). Este hecho puede significar que la mayoría de los residuos de HDD en el agua costera provienen del continente por medio de escorrentías, lo cual relaciona los resultados del Río Magdalena y estaciones cercanas como las áreas más afectadas por el vertimiento de hidrocarburos a causa de las aguas servidas de la ciudad de Barranquilla y su actividad marítima.

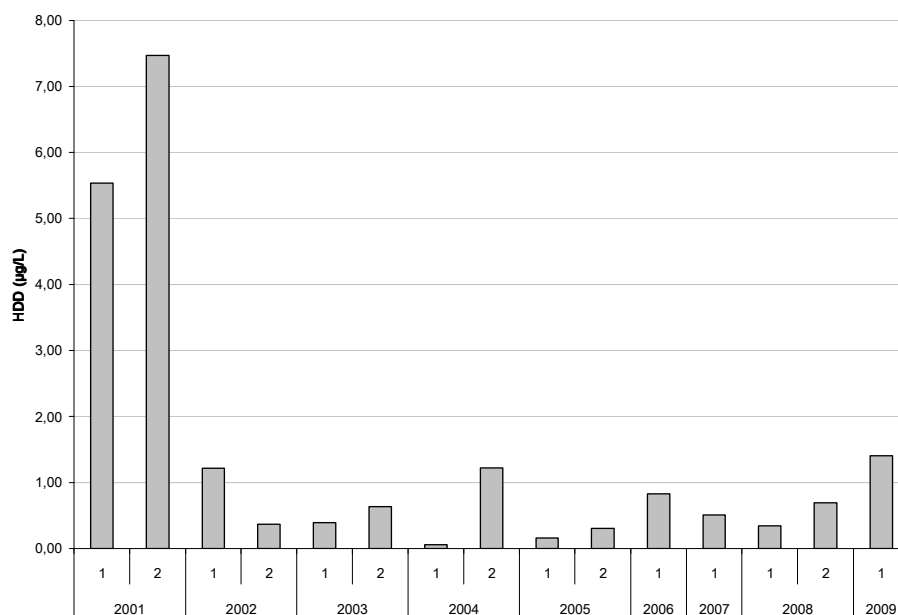


Figura 4.7-3. Comportamiento histórico de la concentración promedio de HDD en el Departamento del Atlántico.

Plaguicidas Organoclorados

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 1972-1974 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 de concentraciones en agua y especies vivas. En un estudio realizado por Cala y Sodergren (1999), sobre 20 especies de peces del Río Magdalena se detectaron residuos de plaguicidas organoclorados en 10 de ellas, con rangos de concentración en músculo entre 20-1060 ng/g de lípidos, 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.

Para el periodo comprendido entre 2001 y 2009 se observan valores promedio altos en los años 2001, 2002, 2007 y 2008 en el segundo monitoreo (Figura 4.7-4), lo cual está asociado a procesos de escorrentías ocasionados por el desarrollo económico de la ciudad de Barranquilla, convertida en una fuente de contaminantes, debido a la actividad industrial que se desarrolla en 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 como de HDD en la totalidad de la zona costera del departamento y tramo final del río Magdalena. En el 2003 sucede lo contrario, un valor promedio mayor de OCT en época seca que en húmeda de 1.76 ng/L para todo el periodo, debido a que los niveles de OC en este departamento para esta temporada pueden ser atribuidos a la actividad doméstica y al sector industrial. En los años 2004, 2005, 2006 y 2009 los niveles detectados son bajos, llegando actualmente a concentraciones indetectables en las estaciones monitoreadas sin embargo siguen apareciendo trazas, especialmente de isómeros del DDT.

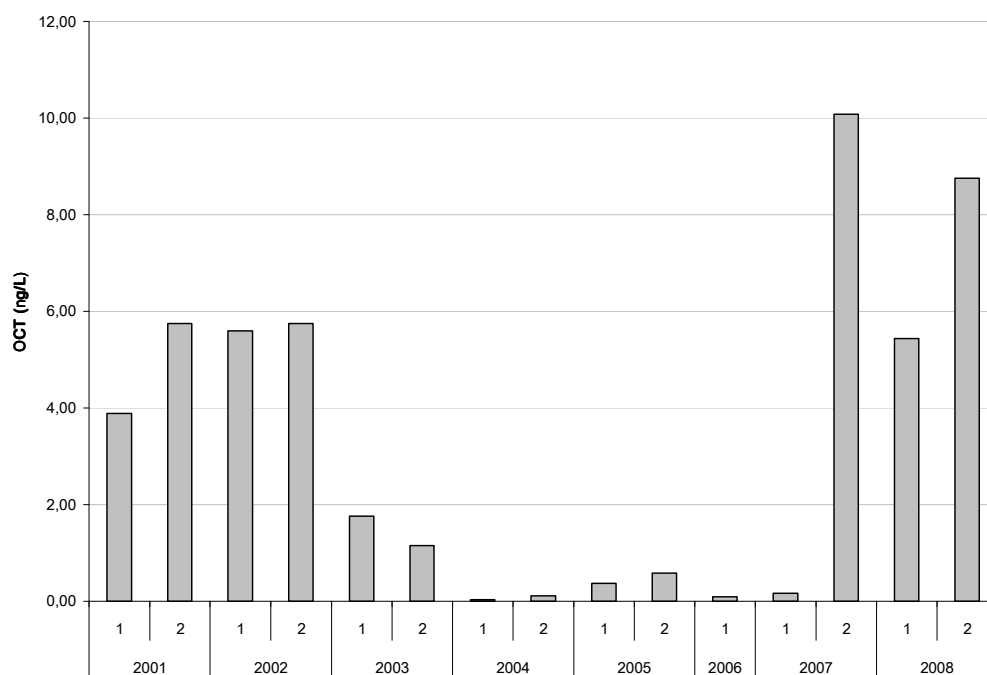


Figura 4.7-4 Comportamiento histórico de la concentración promedio de plaguicidas organoclorados (OC) en el Departamento del Atlántico.

En comparación con lo registrado al inicio del proyecto, actualmente las concentraciones de OC en todas las estaciones monitoreadas son muy bajas, 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 dichos compuestos en cantidades alarmantes.

Si bien, las aguas del río Magdalena recorren 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 a su paso, sin embargo, su caudal esta cumpliendo bien con el papel de servir de disposición final para la mayoría de aguas residuales de nuestro país. Lo que respecta a OCT los 8000 m³/s de flujo están permitiendo la dilución de estas sustancias a concentraciones por debajo de los límites de detección de las técnicas analíticas.

4.7.5 Metales pesados

La influencia del río Magdalena en la calidad de las aguas costeras de este departamento es conocida, aunque la información sobre contaminación por metales pesados sobre las mismas y el impacto que han generado los efluentes de la Vía 40 y la zona Franca Industrial, es aun incompleta. Se presume que el río Magdalena es la principal fuente de contaminación por este tipo de tóxicos en la zona litoral costera de este departamento al tener su desembocadura en esta área, trayendo consigo las descargas provenientes de los desechos industriales y de aguas negras de las principales ciudades del país (Cedeño *et al.*, 2001). Se suma la contribución directa de las industrias metalúrgicas, productoras de químicos, curtiembres, agroquímicos, entre otras, de la zona industrial de la ciudad de Barranquilla (INVEMAR, 2000).

Con referencia a los metales analizados cadmio (Cd), plomo (Pb) y cromo (Cr), se evidencia durante el monitoreo realizado desde 2001 hasta la fecha, que las mayores concentraciones de estos elementos se registraron en el primer periodo de 2002 para el Cd y Pb, mientras para el Cr se registro en el primer periodo de 2001, la tendencia general de estos elementos ha sido a disminuir a lo largo del monitoreo. En general para el Cd las mayores concentraciones se han registrado en sector del río Magdalena donde se han dado valores puntuales que sobrepasan los límites de riesgo establecidos por normatividad internacional (8.8 µg/L EPA, 2002; 10 µg/L CONAMA, 1986); el rango en el cual se han registrado las concentraciones de Cd ha sido de 0.04 a 50.0 µg/L.

En el caso del Cr, las concentraciones promedio de este elemento son relativamente altas, comparadas con otros departamentos de la costa Caribe; la mayor influencia en el resultado de este departamento en referencia al cromo durante el periodo muestreado 2001 a 2009 es el sector del río Magdalena, el rango de concentración registrado en este departamento de Cr ha sido de 0.05 a 49 µg/L, aunque la tendencia general ha sido a disminuir la concentración de este elemento a lo largo del monitoreo. Mientras para el Pb se han registrado datos muy superiores a otros departamentos de la región Caribe con concentración en el rango de 0.05 a 300 µg/L, las mayores concentraciones han sido determinadas en la zona del río Magdalena, no obstante estas concentraciones no han sobrepasado los valores referenciados como de riesgo en la normatividad internacional.

Las estaciones que ejercen mayor influencia sobre la concentración promedio de estos metales para el departamento del Atlántico durante el periodo muestreado son las ubicadas en el sector del río Magdalena, como se había mencionado antes las aguas de este río posiblemente traen contaminantes químicos que pueden influir de una manera directa la calidad de las aguas en esta zona. Las concentraciones registradas en el departamento del Atlántico, aunque no pasan los límites de las normatividad internacional si son concentraciones que se deben vigilar y por lo tanto es indispensable continuar con su monitoreo y extenderlo a otras matrices ambientales como son los sedimentos los cuales pueden dar un mejor indicativo del comportamiento y destino final de estos contaminantes.

4.7.6 Conclusiones

Las aguas marino-costeras del departamento del Atlántico, presentan una fuerte influencia del río Magdalena, por todo lo que el río arrastra a lo largo de la cuenca. Las corrientes y vientos favorecen los movimientos de las masas de aguas, que permiten la dilución de los nutrientes inorgánicos y la oxigenación de las mismas.

Históricamente, el departamento ha presentado condiciones microbiológicas óptimas en las aguas destinadas a recreación. Durante el periodo de evaluación las playas Pradomar, Caño Dulce y Puerto Colombia presentaron concentraciones de microorganismos indicadores por encima de los límites nacionales como internacionales, para actividades recreativas como baño y natación. Mientras el río Magdalena ha registrado permanentemente concentraciones de coliformes no aptas para la pesca y uso agrícola.

Desde el 2002 el departamento presenta mejoría en la calidad de sus aguas con respecto a los niveles de HDD; y actualmente las concentraciones son por lo general menores a 2.65 µg/L, clasificando estas aguas costeras y estuarinas como de riesgo bajo por contaminación con hidrocarburos. En el tramo final del Río Magdalena, expuesto directamente a descargas industriales y domésticas de la ciudad de Barranquilla, los monitoreos iniciados a partir del 2002 por la REDCAM, han demostrado riesgos y concentraciones bajas para estos contaminantes orgánicos (< 1.0 µg/L) muy por debajo del valor de referencia.

Las concentraciones de OCT presentan una tendencia desde el 2003 a descender casi a niveles indetectables por la técnica analítica usada. Este comportamiento histórico permite concluir riesgos bajos por organoclorados en las aguas costeras del departamento.

Las concentraciones promedio de Cd y Cr en el departamento del atlántico durante el periodo muestreado 2001 a 2009, a mostrado una tendencia general a disminuir a lo largo del periodo monitoreado. No obstante se han registrado concentraciones que aunque no rebasan los niveles indicados como de riesgo en normas internacionales, es conveniente continuar su monitoreo y extenderlo a otras matrices como son los sedimentos.

Bolívar



Isla Tesoro (Islas del Rosario)

4.8 BOLÍVAR

Las aguas marinas y costeras en el departamento de Bolívar presentaron influencia de las actividades realizadas en el continente y de las descargas de aguas continentales. Específicamente las descargas del Canal del Dique y la de aguas servidas, parecen influir sobre las concentraciones de nutrientes inorgánicos, en sitios como Punta Canoa, la Bahía de Cartagena y frente a isla Arena. Los indicadores sanitarios para estas aguas han demostrado aptitud para la realización de actividades de contacto primario y secundario, sin embargo los indicadores mostraron que para las playas de Isla Barú y Bocagrande se han detectado niveles que sobrepasan los valores de la norma. Los residuos de hidrocarburos (HDD) no se han evaluado en los últimos años, pero la tendencia histórica hace suponer que las diferentes actividades que se desarrollan en la zona costera del departamento, puedan estar generando riesgo medio de contaminación. Los plaguicidas han presentado disminución histórica en sus concentraciones, por lo que se infiere que en la actualidad sus concentraciones siguen disminuyendo. Las concentraciones medidas de metales pesados, generan riesgos para las aguas marinas y costeras, debido a que sobrepasan los valores de referencia para legislaciones otros países. Esto puede estar generado por la actividad industrial y las descargas del canal del Dique.

4.8.1 Área de estudio

El departamento de Bolívar se encuentra ubicado al norte del país, en el Mar Caribe, entre los 07° 00' y 10° 50' de latitud norte; 73° 45' y 75° 37' lo longitud oeste, posee una superficie de 25.978 km² que hacen parte del clima cálido en una proporción del 89.1%, el resto del territorio esta en piso térmico templado (10.9%; IGAG, 2008). La principal fuente continental la constituye el río Magdalena, a través del Canal del Dique así como un grupo de arroyos y caños. Las estaciones de muestreo comprenden la extensión litoral, desde Galerazamba en cercanías a límite con el departamento del Atlántico hasta las Islas del Rosario abarcando la Bahía de Cartagena (Figura 4.8-1).

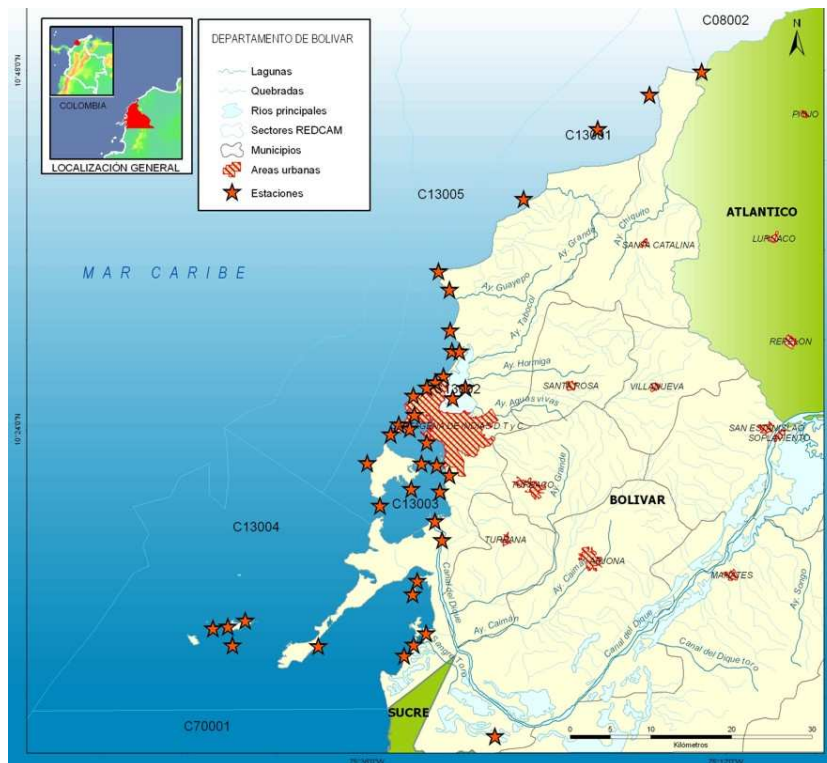


Figura 4.8-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de Bolívar.

4.8.2 Variables fisicoquímicas

Las aguas continentales que drenan a la zona costera del departamento, para el período entre el segundo muestreo 2008 al primero del 2009, presentaron condiciones de amonio entre 65 y 420 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el nitrato entre 53 y 381.7 $\mu\text{g/L}$ NO_3 , los valores máximos de estos parámetros se registraron en el caño Lequerica durante el primer muestreo del 2009, el nitrito entre 11.9 y 69.1 $\mu\text{g/L}$ NO_2 medido en el caño Matunilla también en el primer semestre de 2009. Los caños Lequerica y Matunilla drenan ciénagas y tierras de cultivos ubicadas al sur de la zona costera del departamento, que son las principales fuentes de nutrientes inorgánicos a las aguas continentales, aunque no las únicas. El oxígeno disuelto presentó un rango entre 4.6 y 6.1 mg/L, que representa buenas condiciones al compararse con la norma colombiana (Decreto 1594 de 1984); el pH presentó valores entre 6.8 y 7.3 unidades también cumple con lo estipulado en la norma. Los sólidos en suspensión entre 82.8 y 1082 mg/L, que representan importantes valores de aportes a las aguas del Caribe por causas de los procesos de erosión y labores agropecuarias de la región.

Durante el mismo período, las aguas estuarinas principalmente en la bahía, tuvieron concentraciones de amonio entre 0,6 y 600 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , los valores más altos se observaron en el segundo muestreo del 2008 para una estación cercana a Tierra Bomba. Las concentraciones del nitrato estuvieron entre 11.2 y 574.2 $\mu\text{g/L}$ NO_3 , en el caso de los nitritos las concentraciones estuvieron entre 2 y 78 $\mu\text{g/L}$ NO_2 donde los mayores aportes los hizo el Canal del Dique y para los fosfatos el rango de valores encontrados fue entre 3.1 y 54.9 $\mu\text{g/L}$ PO_4 . Las concentraciones del nitrógeno inorgánico en la bahía de Cartagena, están influidas por las descargas del Canal del Dique y los vertimientos de aguas servidas que realiza el distrito. Los valores del oxígeno disuelto han fluctuado entre 3.9 y 11.4 mg/L, los valores bajos fueron medidos en la desembocadura del arroyo Plata durante el primer muestreo del 2009; estos arroyos generalmente transportan una carga importante de materia orgánica en sus aguas que afectan las concentraciones del oxígeno. El pH fluctuó entre 6.4 y 8.7 unidades, cuyo rango mas bajo esta por fuera lo que especifica el decreto 1594 de 1984; la salinidad han fluctuado entre 0 y 35.6 como es de esperarse en sistemas estuarinos activos. La temperatura de las aguas estuarinas ha fluctuado entre 27.4 y 32.4 $^{\circ}\text{C}$; la concentración de sólidos en suspensión ha fluctuado entre 5,6 y 578 mg/L, con el valor máximo medido en la desembocadura del caño Matunilla que permiten inferir procesos de erosión o escorrentías desde zonas de cultivos.

Para las aguas marinas durante el período 2008-2009, las concentraciones de amonio entre 70 y 550 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el máximo valor fue registrado en la estación del balneario de Punta Canoa durante el segundo muestreo del 2008; el nitrato entre 11.8 y 89.3 $\mu\text{g/L}$ NO_3 (Figura 4.8-2), el sitio de mayor concentración fue frente al faro de Galerazamba durante el segundo muestreo del 2008; el nitrito osciló entre 2.4 y 44.5 $\mu\text{g/L}$ NO_2 con el máximo registro encontrado en la estación frente a Isla Arena. El oxígeno disuelto presento concentraciones entre 5.7 y 9.0 mg/L, los cuales cumplen la norma del decreto 1594; el valor del pH fluctuó entre 7.9 y 8.5 unidades que también se ajusta al rango del decreto; los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 0.1 y 695.3 mg/L, la máxima concentración se encontró en las playas de Boca Grande durante el segundo muestreo del 2008.

Históricamente las aguas marino-costeras del departamento, han presentado concentraciones de amonio entre 0.5 y 763 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el máximo valor fue registrado en la estación de Isla Grande durante el segundo muestreo del 2004; el nitrato entre 0.1 y 740 $\mu\text{g/L}$ NO_3 registrando el máximo en la estación frente a Isla Arena en el segundo semestre del 2004; el nitrito osciló entre 0.1 y 44.5 $\mu\text{g/L}$ NO_2 con el máximo registro encontrado frente a Isla Arena en el segundo semestre del 2008; para los fosfatos las concentraciones han fluctuado entre 0.1 y 140 $\mu\text{g/L}$ PO_4 medido en la estación de Punta Canoa durante el primer muestreo de 2008. El oxígeno disuelto presento concentraciones entre 5.6 y 12.0 mg/L, donde todos los valores cumplen con la normativa nacional (MinSalud, 1984); el valor del pH fluctuó entre 7.4 y 8.7 unidades que se sale del rango del decreto 1594 (en aguas marinas debe estar entre 6,5, y 8,5); los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 0.1 y 695.3 mg/L, en el que los registros mas altos se han presentado en la Playa de Boca Grande, durante el segundo muestreo del 2008 (INVEMAR, 2009).

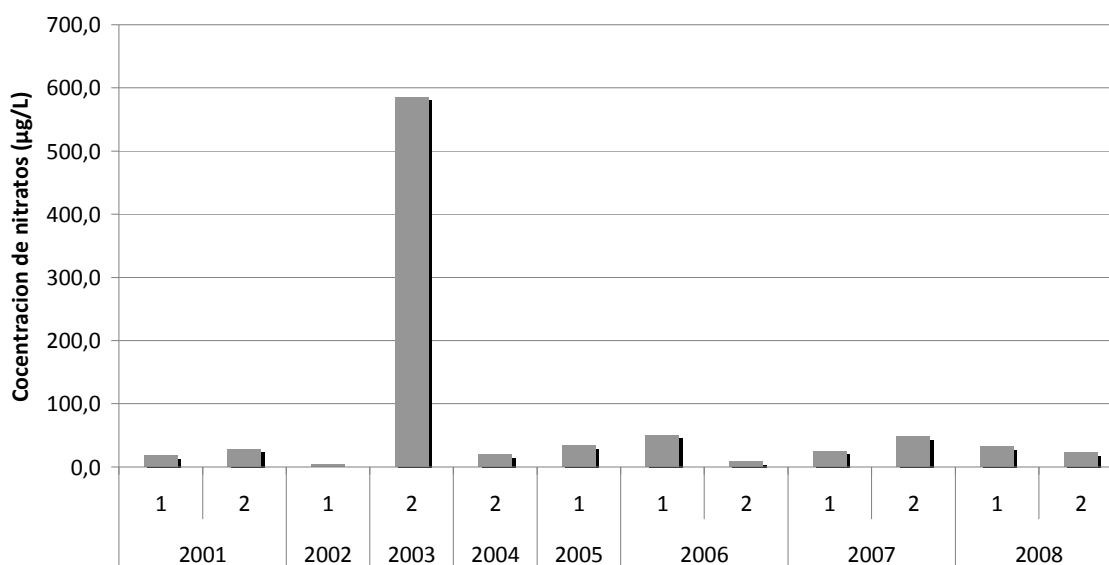


Figura 4.8-2. Tendencia temporal de las concentraciones del nitrato inorgánico, en las aguas marinas del Departamento de Bolívar.

4.8.3 Contaminación Microbiológica

A nivel mundial, la actividad turística ha generado un crecimiento urbanístico de las zonas costeras de manera desmesurada, con el fin de satisfacer la demanda de esta industria. En los países de América Latina éste crecimiento acelerado ha traído como consecuencia el menoscabo de las aguas recreacionales producto del deficiente sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en los poblados, la inadecuada disposición de excretas y al manejo no sostenible del recurso (Gonzalez *et al.*, 2003). En Colombia el departamento de Bolívar cuenta con la ciudad más importante a nivel turístico en el País y la calidad sanitaria de las playas es fundamental para garantizar la salud de los visitantes y mejorar la oferta ambiental y turística del departamento.

Desde el año 2001, este departamento ha reportado por parte de su Corporación Autónoma Regional niveles de indicadores de contaminación fecal en aguas recreativas acordes con los límites de Coliformes establecidos en la legislación nacional. A excepción de la Isla Barú, en el año 2001 con una concentración de 240 NMP/100 ml y las Playas de Bocagrande, en el año 2008 con 350 NMP/100 ml, todos los balnearios han presentado condiciones óptimas sanitarias.

4.8.4 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados.

Hidrocarburos

En los estudios realizados por Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), se ha identificado que el sector de mayor riesgo por contaminación con hidrocarburos corresponde, como es de esperar, a la zona costera de Cartagena, debido a las actividades de transporte y manejo portuario de petróleo (Garay, 1993).

El departamento de Bolívar y principalmente su capital Cartagena, cuentan con una gran actividad marítima y portuaria, mas de 50 muelles y cinco astilleros son muestra de ello. Igualmente, cerca de 5000 embarcaciones al mes se movilizan por la bahía de Cartagena, de ellas un 90 % corresponden a

embarcaciones menores de 100 toneladas dedicadas principalmente al turismo, recreación, transporte de alimentos, y apoyo logístico. Por lo cual, el mayor porcentaje de residuos de hidrocarburos (lastre, residuos de sentinas, lubricantes quemados, residuos de combustibles, etc.) son vertidos a la bahía provienen de este tráfico marítimo. Es así como los buques de cabotaje, pesqueros y de carga no poseen sistemas de tratamiento a bordo, como tampoco los terminales donde arriban poseen la infraestructura para recibir estos residuos, por tal razón los vierten directamente al mar.

Los residuos de HC son uno de los contaminantes que mayor presencia hacen en este departamento, la refinera de petróleo junto con los buques petroleros y no petroleros que arriban al puerto son responsables del 80% de las cargas contaminantes de petróleo (Garay *et al.*, 1992). Además, de los derrames accidentales como el ocurrido en junio de 2005 por el buque Saetta.

Los niveles encontrados en los periodos comprendidos entre 2001 al 2003 muestran un comportamiento descendente en cuanto a concentraciones promedio de HDD encontrándose los valores máximos en el año 2001 en el primer muestreo variaron de 1 a 5 µg/L para la Bahía de Cartagena (Figura 4.8-3). En la época de transición se presentaron valores medios y altos detectados en la Bahía de Cartagena, probablemente 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. Adicionalmente, en Islas del Rosario se advirtieron valores moderadamente riesgosos, en las épocas de transición y humedad que ameritan vigilancia continua, considerando la importancia ecológica de este sector insular. En el 2002 los valores bajan reportándose el máximo valor de concentración, tanto en época seca como húmeda en 3.86 y 1.36 µg/L respectivamente, localizado en la desembocadura del caño Matunilla, como consecuencia de los vertimientos que se hacen a este caño aguas arriba. En este mismo año las concentraciones en la desembocadura del Canal del Dique descendieron drásticamente de valores > 20 µg/L a valores inferiores a 1.0 µg/L, asociado muy probablemente a la disminución que experimentó el caudal ese mismo año. La tendencia general observada desde el 2001 ha sido de disminución en las concentraciones de HDD. En el primer muestreo de 2002 los valores fueron inferiores a 5 µg/L con un máximo de 4.29 µg/L, lo cual significa una menor presencia de HDD sobre el ambiente considerando un nivel de riesgo medio por este aspecto. En el 2003 en el monitoreo efectuado en temporada de lluvias registro valores inferiores a 0.2 µg/L, Finalmente en los años venideros, no se tiene información sobre residuos de hidrocarburos del petróleo en aguas costeras del departamento.

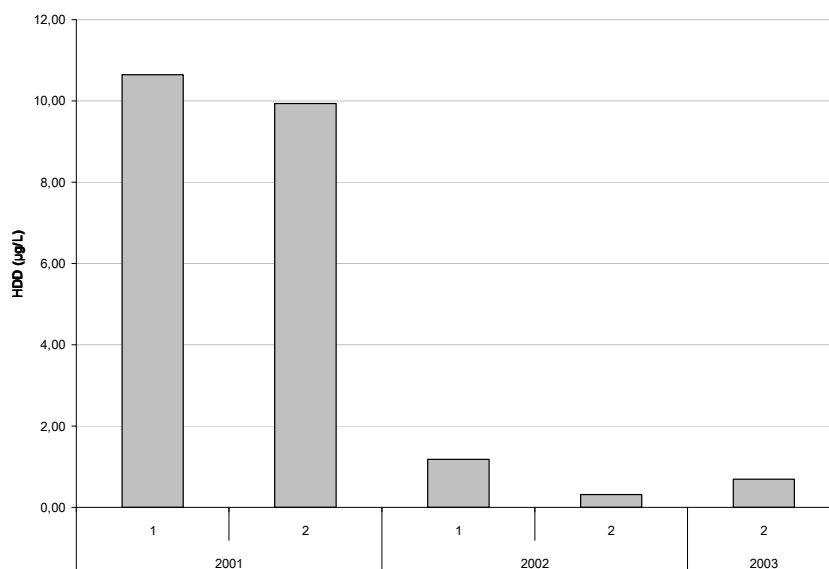


Figura 4.8-3 Comportamiento histórico de la concentración promedio de HDD en el Departamento de Bolívar.

Históricamente la mayoría de los valores sobrepasa el valor máximo permisible de 10 µg/L para el año 2001, presentándose los mayores valores en el Distrito de Cartagena y el Canal del Dique, lo que permite clasificar este departamento como de medio y alto riesgo de contaminación por HDD en este año, generando una constante entrada de residuos oleosos al mar con el riesgo que esto implica para el medio marino, afortunadamente para los años 2002 y 2003 esta situación cambia siendo favorable para los ecosistemas marinos.

Plaguicidas Organoclorados

Este es uno de los pocos departamentos que cuenta con estudios sobre el tema de los 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 en estudios para el área de Cartagena, señalan que el DDT altera el comportamiento y muda del *P. Hawaiensis* ocasionando necrosis y deformación.

Los estudios realizados en la franja costera del departamento por la REDCAM definen que la contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados se centraliza principalmente en el sector de Cartagena y concretamente en la Ciénaga de la Virgen debido a las actividades agrícolas en sus alrededores (Garay, 1993). Como prueba de la utilización de estos compuestos, en 1989, en inmediaciones de la ciudad de Cartagena y en un predio donde funcionaba una de las instalaciones de la Federación Nacional de Algodoneros, se encontró un entierro de plaguicidas que contenía entre otros productos DDT, aldrin, metil paration, paration, toxafeno y aldicarb. Según estudios contratados por el Banco de Colombia con entidades nacionales e internacionales, la alternativa más viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental era el confinamiento “*in situ*”. (MMA/PNUMA/UCR/CAR, 2000). Los años en los que se registraron presencia de OCT fue en los años 2001 y 2003, con concentraciones por debajo del límite de detección del método (0.03 ng/L) y condiciones favorables para el ecosistema marinos. En el periodo 2004 – 2009, no se recolectaron muestras de agua para el análisis de plaguicidas OCT, se estima que la situación en el departamento debe ser similar a la del resto de la región Caribe, con valores actuales inferiores al límite permisible de 30 ng/L.

La información histórica sobre residuos de plaguicidas OC permitió establecer que los niveles de residuos en la época seca se encontraban entre 10 y 30 ng/L, estando los mayores registros en la Ciénaga de la Virgen. En la época de lluvias el rango se reduce a valores entre los 3 - 10 ng/L y aumenta nuevamente de 10 - 30 ng/L para la época húmeda. Debido a estos resultados, a la actividad industrial de la zona y al aporte del Canal del Dique; Bolívar presenta un riesgo de contaminación por residuos de plaguicidas.

4.8.5 Metales pesados

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

Por estos antecedentes se evidenció la necesidad de realizar el monitoreo de estos contaminantes en las aguas costeras de este departamento, analizando en especial cadmio (Cd), cromo (Cr) y plomo (Pb), los resultados obtenidos durante el monitoreo (2001 a 2009) han evidenciado que en este departamento se registran las mas altas concentraciones de estos elementos en la región Caribe colombiana. Las concentraciones de Cd se ubicado en el rango de 0.02 a 100.0 µg/L, la tendencia general que ha mostrado este elemento es a aumentar a partir del primer periodo de 2005, los niveles registrados sobrepasan los valores referenciados en normas internacionales de 8.8 µg/L EPA (2002) y 10 µg/L CONAMA (1986). En el caso del Cr de igual manera la tendencia ha sido aumentar a partir del 2003, el rango registrado de estos elemento fue de 0.05 a 132 µg/L, la mayor concentración se ha determinado en la bahía de Cartagena, el valor establecido por CONAMA (1986) como máximo permitido se ha superado en varias estaciones durante el monitoreo por lo cual es reiterada la entrada de este elemento a las aguas costeras del departamento. De igual manera que el Cd y Cr, el Pb ha mostrado un incremento en las concentraciones determinadas a partir del año 2003, ubicándose en el rango de 0.05 a 1350 µg/L, sobrepasando el límite referenciado en CONAMA (1986) de 500 µg/L, los mayores valores se han registrado en la Bahía de Cartagena.

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

4.8.6 Conclusiones

Las aguas marino-costeras del departamento de Bolívar, presentan una influencia de las actividades terrestres, en sitios como frente a Isla Arena y la Bahía de Cartagena, por descargas de aguas servidas que influyen sobre las concentraciones nutrientes inorgánicos y variaciones en el pH del agua que se deben vigilar para evitar situaciones de daños en los ecosistemas allí presentes.

Históricamente se han registrado condiciones microbiológicas adecuadas en las playas para el desarrollo de actividades recreativas, sin embargo en el segundo semestre del 2008, la zona de Bocagrande presentó niveles de coliformes fuera de los límites establecidos en la legislación nacional

A partir de 2001 y hasta el segundo muestreo de 2003 se observó una tendencia minima de HDD en las aguas costeras de Bolívar, manteniéndose los promedios generales por debajo del valor de referencia, pero es necesario advertir que algunas estaciones de monitoreo pueden registrar individualmente concentraciones por encima de este valor (10 µg/L).

La información disponible de 2001 y 2003 indica valores notoriamente menores a la norma aplicada (30 ng/L). Sin embargo, es necesario hacer mediciones para saber el estado actual del recurso en relación a estos compuestos

Los resultados obtenidos de la concentración de los metales analizados a partir del 2003, muestran una tendencia aumentar, lo cual despierta interés, ya que se han registrado datos que sobrepasan valores indicados como de riesgo por normas internacionales, por lo cual se plantea la necesidad de realizar monitoreo en sedimentos especialmente en el sector de la bahía de Cartagena.

Sucre



Playas de Tolú

4.9 SUCRE

En el departamento de Sucre, las aguas marinas y costeras presentaron influencias por las descargas de aguas continentales. Específicamente las descargas de los caños Francés, Pechelín y Guainí, cuyas aguas aportan importante concentraciones de nutrientes inorgánicos al mar. Pero las condiciones de circulación, permiten la dilución de estos aportes. Los indicadores sanitarios para estas aguas han demostrado que esta agua no es apta para la realización de actividades de contacto primario y secundario, por los altos valores para microorganismos presentes en aguas residuales, que se han detectado y cuyos niveles sobrepasan los valores de la norma. La presencia de residuos de hidrocarburos (HDD), presentó tendencia histórica a disminuir, pero las actividades marítimas y de exportación de crudo, pone a esta zona costera en riesgo medio de contaminación. Los plaguicidas han presentado disminución histórica en sus concentraciones, por lo que se infiere que en la actualidad sus concentraciones fueron indetectables, por lo que no preocupa estos contaminantes en la zona costera. Las concentraciones de metales pesados, no generan riesgos para las aguas marinas y costeras, debido a que no alcanzan los valores de los límites previstos en legislaciones para otros países, como de riesgo ambiental.

4.9.1 Área de estudio

El departamento de Sucre se encuentra ubicado al norte del país, en el Mar Caribe, entre los 07° 00' y 10° 50' de latitud norte; 73° 45' y 75° 37' lo longitud oeste, posee una superficie de 10.917 km² que hacen parte del clima cálido en una proporción del 100% (IGAG, 2008). Las fuentes continentales al mar la constituyen varios arroyos y caños. Las estaciones de muestreo comprenden la extensión litoral, desde Barbacoas en el límite con el departamento de Bolívar hasta Coveñas (Figura 4.9-1).

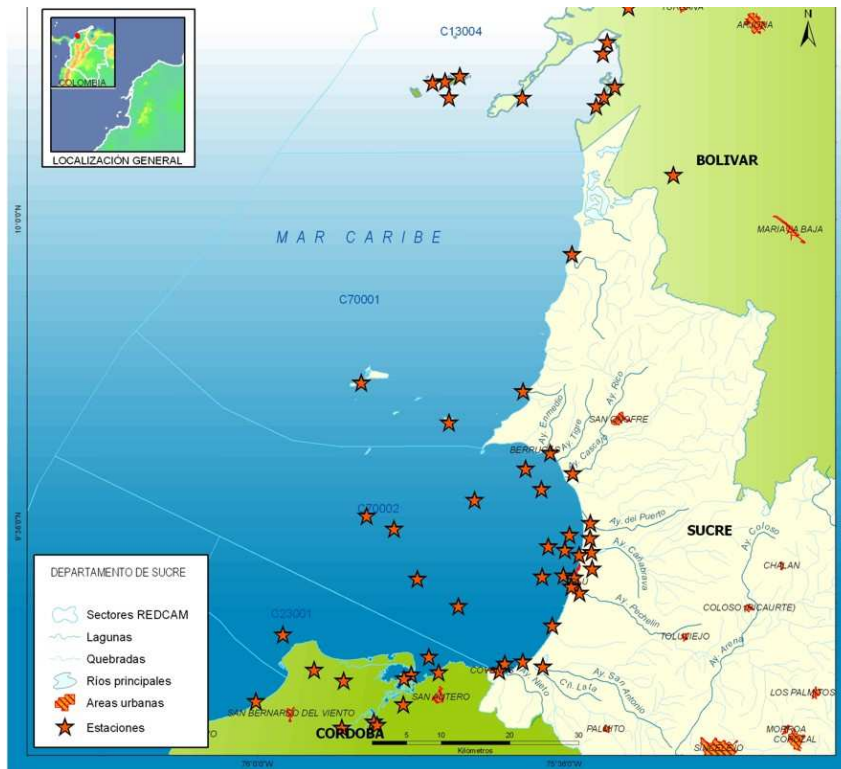


Figura 4.9-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento.

4.9.2 Variables fisicoquímicas

Entre el segundo muestreo 2008 y el primero del 2009 (épocas lluviosa y seca, respectivamente), las aguas estuarinas principalmente en la bahía, tuvieron concentraciones de amonio entre 4 y 7129 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , los valores más altos se observaron en el primer muestreo del 2009 para una estación del caño Guainí. Las concentraciones del nitrato estuvieron entre 0,6 y 1358 $\mu\text{g/L}$ NO_3 , en el caso de los nitritos las concentraciones estuvieron entre 0.8 y 16.9 $\mu\text{g/L}$ NO_2 con los aportes mas grandes realizados por el caño Guainí; para los fosfatos el rango de valores encontrados fue entre 7.2 y 1488 $\mu\text{g/L}$ PO_4 , de nuevo el caño Guainí es el que presentó los valores más altos. Este caño se caracteriza por ser un vertedero de basuras y materia orgánica, que hace que en determinadas épocas funcione como laguna de oxidación. Los valores del oxígeno disuelto han fluctuado entre 0.5 y 14.8 mg/L, los valores fueron medidos en el caño Guainí pero en muestreos diferentes (el máximo valor en abril de 2009 y el mínimo en septiembre de 2008). El pH fluctuó entre 7.2 y 8.2 unidades, que son valores dentro del rango que especifica el decreto 1594 de 1984 para buena calidad del recurso; la salinidad han fluctuado entre 0 y 58 como es de esperarse en sistemas estuarinos con poco flujo de intercambio hídrico y en los sistemas de caños que hacen intercambio con aguas marinas durante poco tiempo, este es el caso del caño Francés, donde se registró el valor máximo. La temperatura de las aguas estuarinas ha fluctuado entre 27.2 y 34.1 $^{\circ}\text{C}$; la concentración de sólidos en suspensión ha fluctuado entre 0.5 y 1346 mg/L, el valor máximo fue medido en el arroyo Pechelin.

Para las aguas marinas durante el período 2008-2009, las concentraciones de amonio entre 1.3 y 310 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el máximo valor fue registrado en la estación frente al caño Francés durante el primer muestreo del 2009; el nitrato entre 0.5 y 72.1 $\mu\text{g/L}$ NO_3 , el sitio de mayor concentración fue frente a caño Francés durante el segundo muestreo del 2008; el nitrito osciló entre 0.6 y 2.3 $\mu\text{g/L}$ NO_2 con el máximo registro encontrado en la estación frente al arroyo Pechelín durante el primer muestreo del 2009. El oxígeno disuelto presento concentraciones entre 5.4 y 9.0 mg/L, los cuales cumplen la norma del decreto 1594; el valor del pH fluctuó entre 7.3 y 8.3 unidades que también se ajusta al rango del decreto; los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 0.1 y 695.3 mg/L, la máxima concentración se encontró en las playas de Boca Grande durante el segundo muestreo del 2008.

Históricamente las aguas marino-costeras del departamento, han presentado concentraciones de amonio entre 0.3 y 161.4 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el máximo valor fue registrado en la estación de la boya de Ecopetrol TLUC2 durante el primer muestreo del 2008; el nitrato ha fluctuado entre 0.1 y 255.5 $\mu\text{g/L}$ NO_3 registrando el máximo en la estación Puntapiedras en Coveñas en el segundo semestre del 2004 (Figura 4.9-2); el nitrito osciló entre 0.05 y 26.4 $\mu\text{g/L}$ NO_2 con el máximo registro encontrado en la estación Boya Ecopetrol TLCU1 durante el segundo muestreo del 2003; para los fosfatos las concentraciones han fluctuado entre 0.1 y 182.5 $\mu\text{g/L}$ PO_4 , donde máximo valor medido fue en la estación Boya Ecopetrol TLCU1 durante el segundo muestreo de 2003. El oxígeno disuelto presento concentraciones entre 4.2 y 11.1 mg/L, donde todos los valores cumplen con la normativa nacional (MinSalud, 1984); el valor del pH fluctuó entre 6.9 y 8.7 unidades que esta dentro del rango que establece el decreto 1594 (en aguas marinas debe estar entre 6.5 y 8.5); los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 6.4 y 242.6 mg/L, en el que los registros mas altos se han presentado en la estación frente a Caño Francés, durante el primer muestreo del 2001 (INVEMAR, 2009).

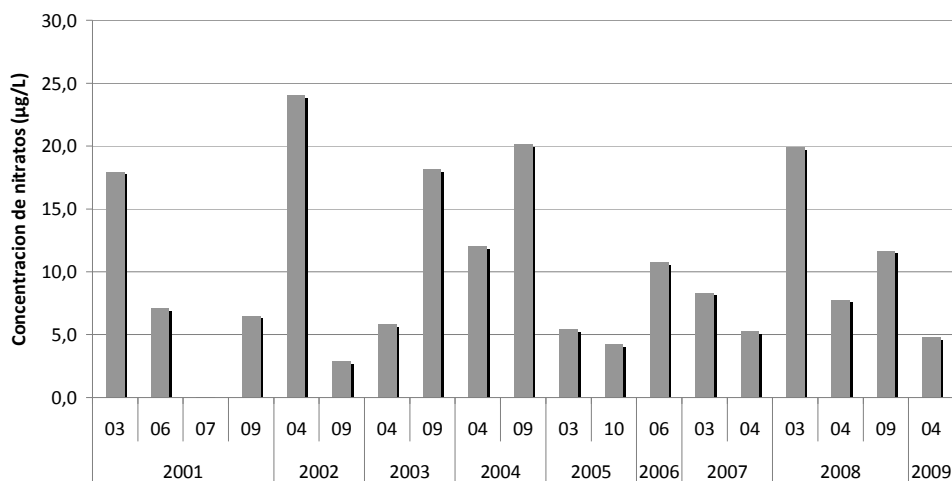


Figura 4.9-2. Tendencia temporal de las concentraciones del nitrato inorgánico, en las aguas marinas del Departamento de Sucre.

4.9.3 Contaminación Microbiológica

El monitoreo microbiológico del departamento comprende principalmente las zonas de balnearios costeros, teniendo en cuenta el gran atractivo turístico y la importancia socio-económico que representan. En la región Caribe, éste es el segundo departamento con el mayor registro histórico de casos de playas no aptas para desarrollar actividades recreativas - 56 %; encontrando en el año 2006 y 2007 el mayor número de fallas por límites no admisibles de Coliformes termotolerantes (CTE). A nivel espacial, las estaciones más críticas por su recurrencia han sido las Playas de Coveñas Coquerita y Tolú (sector Hotel Montecarlo y Playa Mar), que anualmente sobrepasan los valores permisibles de la norma colombiana (MinSalud, 1984).

La reincidencia de las condiciones sanitarias en las playas mencionadas es producto de múltiples factores, entre los que se destacan los vertimientos domésticos. En el caso del municipio de Tolú, se vierte a la zona costera aproximadamente el 35 % de las aguas servidas y el riesgo de afectación incrementa durante la época de fuertes lluvias donde los sistemas colapsan y se desbordan. En Coveñas, menos del 10% de la población cuenta con cobertura de alcantarillado, por lo tanto los residuos domésticos son descargados directamente o a través de corrientes de aguas continentales al mar; específicamente en el área de Coveñas Coquerita, donde desemboca el Arroyo Villeros después de recolectar las aguas residuales de algunas poblaciones aledañas. Este arroyo alcanzó en el 2009 concentraciones de CTE de 2'2000000 NMP / 100 ml.

En el periodo II-2008 y I-2009, además de los balnearios ya mencionados, las playas de Coveñas Puntepiedras, Berrugas y Punta Rincón presentaron concentraciones no aptas para el desarrollo de actividades como baño y natación. De manera complementaria el análisis de Enterococos muestra que las zonas de Playa Frances (1-5%), Tolú y Berrugas (5-10%) y Coquerita (<10%) presentaron riesgos de exposición a enfermedades gastrointestinales, especialmente en la época de lluvias. El aumento de los riesgos de exposición y las fallas en múltiples indicadores microbiológicos, se incrementa teniendo en cuenta que durante los eventos de precipitaciones se produce un arrastre por escorrentía de los contaminantes retenidos en los suelos y una resuspensión de los sedimentos (Brownell *et al.*, 2007; Noble *et al.*, 2003)

En este departamento se encuentra localizada la Ciénaga de la Caimanera, reconocida por su importancia forestal, hidrobiológica y turística. Las características microbiológicas de esta ciénaga han

variado en función de la época climática, de tal modo que las mayores concentraciones se registran durante la temporada de precipitaciones. En el último periodo de evaluación se obtuvo el nivel más alto de coliformes, con un valor de totales y termotolerantes de 130000 NMP/ ml. Teniendo en cuenta que este cuerpo de agua es empleado para la pesca, conservación de flora y fauna, además de contacto directo de los pobladores locales, los niveles de coliformes alcanzados exponen un riesgo sanitario para el desarrollo de estas actividades conforme se encuentra establecido en la normatividad nacional e internacional (Figura 4.9-3; Salas y Bartram, 2004; MinSalud, 1984).

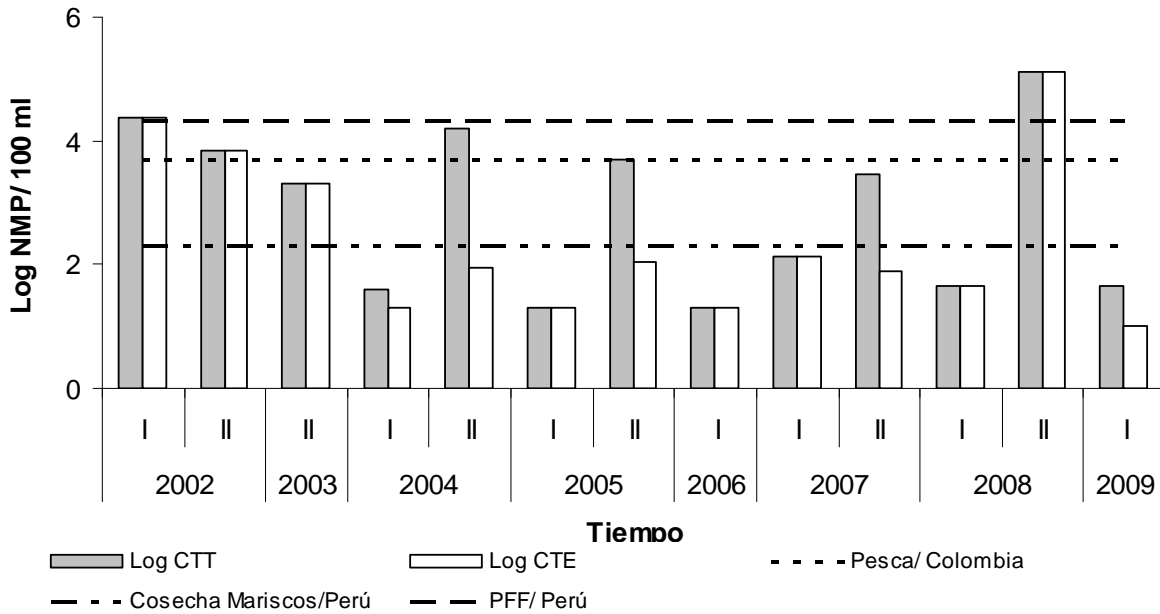


Figura 4.9-3. Comparación de los niveles de coliformes en la Ciénaga la Caimanera durante el periodo 2002-2008 con los límites permisibles establecidos para A) cosecha de mariscos, Ministerio de Salud de Perú en 1983: CTE < 200 NMP. B) Actividades de Pesca, decreto 1594 de 1984, CTT < 5000 NMP; C) Preservación de flora y fauna Ministerio de Salud de Perú en 1983. CTT < 20000 NMP

4.9.4 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados.

Hidrocarburos

Básicamente las fuentes de contaminación por hidrocarburos la constituye la actividad marítima, el manejo de hidrocarburos, el turismo y los asentamientos urbanos costero de la región. Además de ubicarse en la zona costera del departamento, el terminal del oleoducto Caño Limón-Coveñas, los controles ambientales se han enfocado en la vigilancia de hidrocarburos del petróleo, respondiendo a eventos de derrames accidentales durante las operaciones de transporte, manejo de crudo y derivados. Es así que la descripción temporal comprendida desde los años 2001 hasta 2009 determinan un comportamiento irregular en las concentraciones promedio pasando de años con altos picos de HDD a otros donde los valores promedio son relativamente bajos es el caso de los años 2001, 2002, 2008 y 2009 comparados con el 2003, 2004, 2005 y 2006 (Figura 4.9-4), además de la coincidencia de que en la época seca ocurra el aporte mas alto de HDD al mar en la mayoría de años, incluso presentándose el valor promedio máximo de 3.44 µg/L en el periodo actual, magnitud que en años anteriores se mantuvo en niveles bajos, únicamente cercano en el 2001 con un valor de 3.06 µg/L. Justificado todo esto en las actividades de transporte de petróleo y el movimiento de buques de cabotaje en el Golfo de Morrosquillo.

Durante los años de muestreo, los niveles de HDD no superaron el valor de referencia 10 µg/L, sin embargo en el primer monitoreo del presente año se reporta el valor más alto de Hidrocarburos en el país 38.18 µg/L en la estación Caño Pechelin, no obstante las demás estaciones presentaron valores inferiores a 2.5 µg/L (Caño Frances), lo cual muestra que el valor alto hallado en Caño Pechelin es consecuencia de una actividad puntual del sector; posiblemente asociada al tránsito de lanchas o a un evento de derrame accidental de crudo.

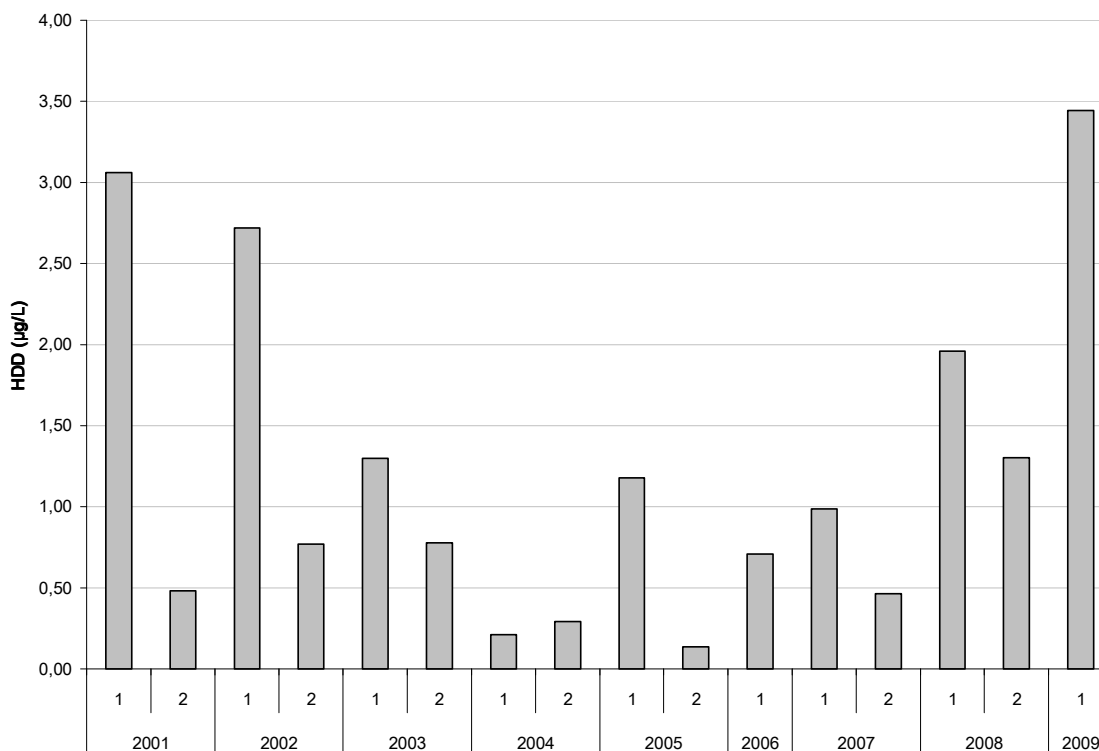


Figura 4.9-4 Comportamiento histórico de la concentración promedio de HDD en el Departamento de Sucre.

Analizando la información disponible desde el 2001, se aprecia que los valores históricos se han mantenido por debajo del valor de referencia 10 µg/L, a excepción del caso puntual en Caño Pechelin en temporada seca para el año actual, permitiendo comprobar que la tendencia histórica es de una ausencia progresiva en cuanto a la presencia de estos residuos orgánicos en las aguas costeras del departamento. Se aprecia que las concentraciones actuales sin incluir el reportado en Caño Pechelin, son de igual o menor magnitud a los registros para áreas donde se considera que la contaminación por petróleo es poco significativa. De acuerdo a este comportamiento histórico de los valores de HDD, se permite clasificar el Golfo de Morrosquillo como una zona costera de riesgo medio por hidrocarburos del petróleo, con concentraciones que tienden gradualmente a disminuir desde el 2002 a excepción de casos puntuales originados por actividades marítimas, operaciones de transporte, manejo de crudo y derivados propios de la región.

Plaguicidas Organoclorados

Este departamento comparte con el departamento de Córdoba zonas costeras con influencia común, conformando geográficamente la unidad ambiental del Golfo de Morrosquillo. Las principales fuentes de compuestos organoclorados (OC), la constituyen la agricultura y las escorrentías continentales;

particularmente relacionado con el escurrimiento de agroquímicos al Golfo de Morrosquillo. Sucre es uno de los departamentos con mayor proporción de cultivos de arroz; en 1994 tenía sembradas 22598 ha, ocupando el quinto puesto a nivel nacional; este tipo de cultivo demanda una alta utilización de agroquímicos (MMA/PNUMA/UCR/CAR, 2000); y antes de la prohibición del uso de organoclorados, en el se aplicaban lindano y aldrin para el control de las langostas.

Un análisis detallado incluyendo la información histórica recopilada por REDCAM desde el año 2001 al 2009 indican que los mayores promedios de presencia de OCT se presentaron en los años 2001, 2002, 2003 en temporada seca 8.94, 3.6 y 5.0 ng/L respectivamente (Figura 4.9-5), siendo superior en el 2001 únicamente atribuido al valor de 43.6 ng/L registrado en el C. Zaragocilla, el cual se encuentra por encima del valor permisible de 30 ng/L. las temporadas de 2004, 2005 y 2006 presentaron los menores promedios en cuanto a la detección de OCT llegando incluso a niveles indetectables, lo que supone un descenso gradual de estos residuos a partir del 2003. Sin embargo, en los años 2007 y 2008 aparecen concentraciones promedio superiores a los tres primeros años de iniciado el proyecto pero, esta vez en época húmeda y en magnitudes no esperadas de 11.85 y 12.65 ng/L originadas por datos altos en todas las estaciones en un rango de 9.2 ng/L (Golfo Morrosquillo) a 14.4 ng/L (Matatigre) para el 2007 y con una concentración que supera al valor de referencia (30 ng/L) en el 2008 de 34.0 ng/L (Coveñas Coquerita); reflejando las acciones puntuales de uso de insumos agroquímicos en una de las principales actividades económicas de la región; como es la agricultura, desarrollada ampliamente en las cuencas de los ríos Zaragocilla, Francés, Pechelin y Arroyo Villeros. Por ultimo, en el 2009 se observan concentraciones indetectables para la técnica analítica, infiriendo aguas relativamente libres de estos tóxicos organoclorados.

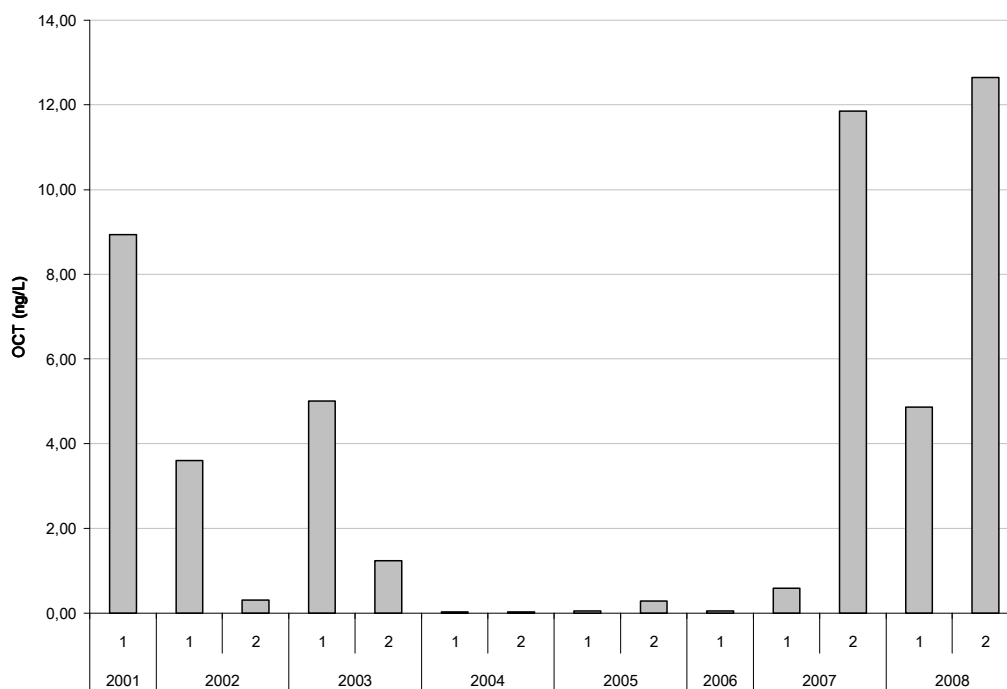


Figura 4.9-5 Comportamiento histórico de la concentración promedio de plaguicidas organoclorados (OC) en el Departamento de Sucre.

Analizando la información disponible desde el 2002 al 2007 se encuentra que los niveles promedio de OC se han mantenido por debajo del valor de referencia (30 ng/L) y su tendencia histórica muestra una disminución paulatina de estos insumos en las aguas costeras del departamento, hasta hacerse casi

indetectables en los análisis realizados para el primer monitoreo en el año 2009. Sin embargo, se presentaron en todo este intervalo, dos valores por encima del límite máximo permisible; uno en el 2001 (43.6 ng/L) y el otro en el 2008 (34.0 ng/L), esta situación anterior genera especial atención, por la influencia crónica de este tipo de tóxicos al ecosistema costero del departamento, ameritando continuar la vigilancia de los afluentes con descargas continentales hacia el Golfo de Morrosquillo, principalmente en las cuencas hidrográficas pertenecientes a estas estaciones.

4.9.5 Metales pesados

Sucre cuenta con información referente a fuentes de contaminación por metales pesados, sin embargo es importante anotar que las principales fuentes de contaminación que deterioran la calidad de las aguas marinas y costeras del departamento son los vertimientos de aguas residuales, la actividad portuaria, el transporte en lanchas, la agricultura y la industria camaronera (Garay *et al.*, 2004).

En general las mayores concentraciones de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el primer periodo de 2002, mientras que el cromo (Cr) en el segundo periodo de 2001, se evidencia una significativa disminución de la concentración de estos elementos en los años posteriores del monitoreo. Para el Cd el rango de concentraciones registrado en el departamento de Sucre ha estado entre 0.02 y 3.23 µg/L valores que no has sobrepasado los límites internacionales para este elemento 10 µg/L CONAMA (1986). En el caso del Pb el rango de concentración ha sido durante el monitoreo REDCAM de 0.05 a 72.70 µg/L, las mayores concentraciones se han registrado en el sector del Golfo de Morrosquillo, no obstante estas concentraciones no han rebasado el valor crítico referenciado en EPA (2002) de 500 µg/L.

De igual manera al Pb las mayores concentraciones de Cr se han registrado en el sector del golfo de Morrosquillo, el rango en que se ha determinado este elemento es de 0.02 a 2.20 µg/L, muy por debajo del los valores críticos referenciados en normas internacionales como CONAMA (1986), de 50 µg/L. Entre las posibles fuentes de este contaminante en las aguas costeras del departamento de Sucre, se hace mención de las actividades relacionadas con la disposición de aguas domésticas de las poblaciones más cercanas a la costa, lo cual aumenta la carga existente en el medio. A ello puede sumarse las diversas actividades agrícolas y el posible exceso e inadecuado uso de pesticidas en cuya composición se encuentran cantidades apreciables de Pb, incorporado a los cuerpos de aguas asociados mediante procesos de arrastre y lixiviación, teniendo como destino final el mar.

4.9.6 Conclusiones

Las aguas marino-costeras del departamento de Sucre, presentan una influencia de las actividades terrestres, en sitios como caños y arroyos, en los que se realizan descargas de aguas servidas y basuras de todo tipo que influyen sobre las concentraciones nutrientes inorgánicos del agua marina a donde llegan.

La calidad microbiológica de este departamento se ha encontrado influenciada de manera importante, por las descargas de aguas residuales sobre la zona costera. En este sentido, los balnearios se ven recurrentemente afectados en su calidad sanitaria. En el periodo de evaluación vigente, las playas que registraron condiciones no aptas para actividades recreativas de acuerdo con la legislación nacional e internacional fueron: las playas de Tolú, Coveñas Puntepiedras, Coveñas Coquerita, Berrugas y Punta Rincón.

Los concentraciones de HDD aumentaron en algunas estaciones de manera puntual, posiblemente como consecuencia de las actividades desarrolladas en el sector como al tránsito de embarcaciones. Sin embargo la tendencia general en las concentraciones de hidrocarburos observada desde el 2002 es a

decrecer a excepción del caso puntual en Caño Pechelin en temporada seca para el año actual originado por actividades marítimas, operaciones de transporte, manejo de crudo y derivados propios de la región.

Los niveles de plaguicidas organoclorados en aguas también siguen en descenso de manera similar al comportamiento en los demás departamentos del litoral Caribe, observándose dos valores puntuales por encima del límite máximo permisible; uno en el 2001 (43.6 ng/L) y el otro en el 2008 (34.0ng/L) que ameritan especial atención y vigilancia en años siguientes.

En el departamento de Sucre las concentraciones promedio de Cd Pb y Cr han mostrado una tendencia general a disminuir su concentración desde el 2001 a 2009, por otra parte en el sector del Golfo de Morrosquillo se han registrado los mayores valores para en el departamento de Sucre no obstante estos valores no rebasan los referenciado en normas internacionales como de riesgo.

Córdoba



Playas de San Bernardo del Viento

4.10 CÓRDOBA

Las aguas marinas y costeras del departamento presentaron poca influencia por las descargas de aguas continentales, los registros de nutrientes inorgánicos se encuentran en rangos considerados como normales, así como el resto de parámetros medidos. Los indicadores sanitarios para estas aguas han mostrado que los balnearios del departamento (a excepción de playa Blanca en San Antero), presentan riesgo para actividades recreativas de contacto primario, por la presencia microorganismos procedentes de aguas residuales y cuyos niveles sobrepasan los valores de la norma. La presencia de residuos de hidrocarburos (HDD), han presentado tendencia histórica a disminuir, como ocurre en otros departamentos y el riesgo por contaminación es bajo. Algunas concentraciones de plaguicidas han sobrepasado la norma internacional, durante la época de lluvias y le confieren a la zona riesgo medio de contaminación por residuos de plaguicidas. Las concentraciones medidas para los metales pesados cadmio y cromo, no generan riesgos para las aguas marinas y costeras, debido a que sus concentraciones no alcanzan los límites previstos en legislaciones para otros países. Sin embargo, para el plomo existe una ligera tendencia al aumento en los últimos muestreos, aunque sin sobrepasar los valores de referencia en normas internacionales.

4.10.1 Área de estudio

El departamento de Córdoba se encuentra ubicado al noreste del país, en el Mar Caribe, entre los 07° 26' y 09° 28' de latitud norte; 74° 50' y 76° 30' lo longitud oeste, posee una superficie de 25.020 km² que hacen parte del clima cálido en una proporción del 96.1%, clima templado 3.8% y frío 0.1% (IGAG, 2008). Las fuentes continentales al mar la constituyen los ríos Sinú, San Jorge, Uré y muchos caños que drenan a la zona costera. Las estaciones de muestreo comprenden la extensión litoral, desde Coveñas en el límite con el departamento de Sucre hasta Arboletes en el límite con Antioquia (Figura 4.10-1).

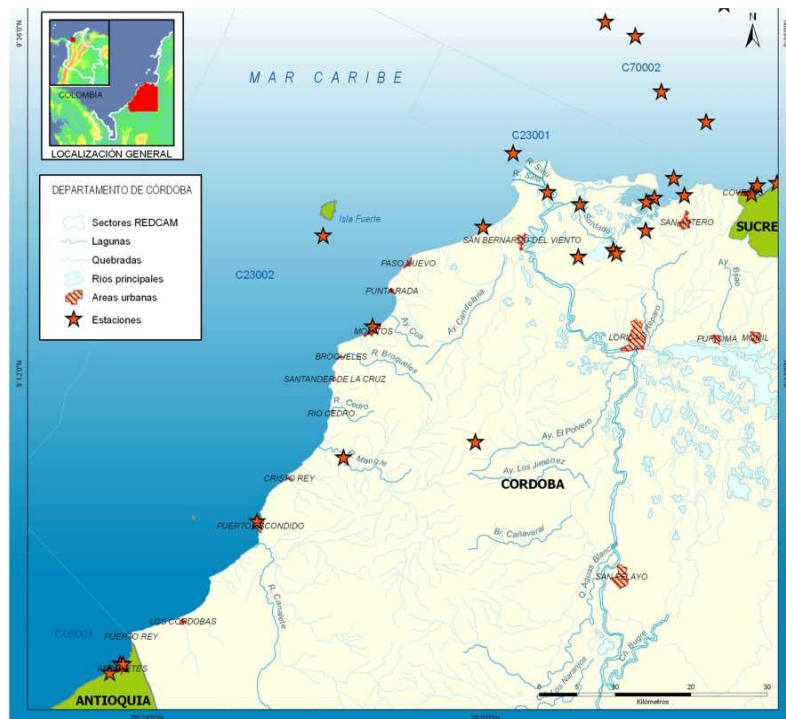


Figura 4.10-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de Córdoba.

4.10.2 Variables fisicoquímicas

Las aguas continentales que drenan a la zona costera del departamento, para el período entre el segundo muestreo 2008 al primero del 2009, presentaron condiciones de amonio entre 3.3 y 20.5 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el nitrato entre 3.4 y 110.5 $\mu\text{g/L}$ NO_3 , los valores máximos de estos parámetros se registraron en el río Sinú durante el primer muestreo del 2009, el nitrito entre 1.3 y 3.9 $\mu\text{g/L}$ NO_2 medido en el río Mangle también en el primer muestreo de 2008. A pesar que el departamento es uno de los de mayor producción agropecuaria de la costa Caribe, los ríos y efluentes muestran poca influencia de los aportes de nutrientes inorgánicos sobre la zona costera. El oxígeno disuelto presentó un rango entre 6.1 y 7.5 mg/L , que representa buenas condiciones al compararse con la norma colombiana (Decreto 1594 de 1984); el pH presentó valores entre 7.5 y 8.6 unidades también cumplen con lo estipulado en la norma. Los sólidos en suspensión entre 19.2 y 83.2 mg/L , que representan los aportes naturales del departamento a las aguas del Caribe por causas de los procesos de erosión y labores agropecuarias de la región.

Durante el período entre el segundo muestreo 2008 al primero del 2009, las aguas estuarinas principalmente en la bahía, tuvieron concentraciones de amonio entre 1.3 y 42.9 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , los valores más altos se observaron en el primer muestreo del 2009 para una estación de Punta Rula (Bahía de Cispata). Las concentraciones del nitrato estuvieron entre 0.5 y 417.5 $\mu\text{g/L}$ NO_3 donde el registro mas alto se encontró frente a la bahía de Cispata en el caso de los nitritos las concentraciones estuvieron entre 0.6 y 4.1 $\mu\text{g/L}$ NO_2 con los valores mas altos medidos en Punta Rula; para los fosfatos el rango de valores encontrados fue entre 1.3 y 42.8 $\mu\text{g/L}$ PO_4 , el registro más alto se encontró en la estación boca del distrito de riego Cantarillo. Los valores del oxígeno disuelto han fluctuado entre 3.1 y 12.7 mg/L , el valor más bajo se encontró en la estación boca del distrito de riego, en el primer muestreo del 2009. El pH fluctuó entre 6,9 y 8,4 unidades, que son valores dentro del rango que especifica el decreto 1594 de 1984 para buena calidad del recurso; la salinidad han fluctuado entre 0 y 33.2 como es de esperarse en estos sistemas estuarinos. La temperatura de las aguas estuarinas ha fluctuado entre 28 y 35.5 $^{\circ}\text{C}$; la concentración de sólidos en suspensión ha fluctuado entre 10.4 y 96.4 mg/L , el valor máximo fue medido en el brazo del caño Grande en la ciénaga Ostional durante el primer muestreo del 2009.

Para las aguas marinas durante el período 2008-2009, las concentraciones de amonio entre 1.3 y 9.4 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el máximo valor fue registrado en la estación de Moñitos durante el primer muestreo del 2009; el nitrato entre 2.3 y 21.3 $\mu\text{g/L}$ NO_3 (Figura 4.10-2); el sitio de mayor concentración fue la estación de Moñitos primer muestreo de 2009; el nitrito osciló entre 0.5 y 1.7 $\mu\text{g/L}$ NO_2 con el máximo registro encontrado en la estación Playa Venado durante el segundo muestreo del 2008. El oxígeno disuelto presento concentraciones entre 5.9 y 7.4 mg/L , los cuales cumplen la norma del decreto 1594; el valor del pH fluctuó entre 7.9 y 8.13 unidades que también se ajusta al rango del decreto; los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 2.2 y 162.5 mg/L , la máxima concentración se encontró en la estación de San Bernardo del Viento durante el primer muestreo del 2009.

Históricamente las aguas marino-costeras del departamento, han presentado concentraciones de amonio entre 0.8 y 66.4 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el máximo valor fue registrado en la estación de Moñitos durante el segundo muestreo del 2004; el nitrato ha fluctuado entre 0.1 y 64.9 $\mu\text{g/L}$ NO_3 registrando el máximo en la estación Puerto Escondido en el segundo semestre del 2005 (Figura 4.10-2); el nitrito ha oscilado entre 0.05 y 17.3 $\mu\text{g/L}$ NO_2 con el máximo registro encontrado en la estación Puerto Escondido durante el primer muestreo del 2003; para los fosfatos las concentraciones han fluctuado entre 0.1 y 297.6 $\mu\text{g/L}$ PO_4 , donde máximo valor medido fue en la estación frente al río Mangle durante el primer muestreo de 2007. El oxígeno disuelto presento concentraciones entre 4.3 y 9.9 mg/L , donde todos los valores cumplen con la normativa nacional (MinSalud, 1984); el valor del pH fluctuó entre 7.6 y 8.3 unidades que esta dentro del rango que establece el decreto 1594 (en aguas marinas debe estar entre 6.5 y 8.5); los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 2.2 y 115.2 mg/L , en el que los registros mas altos se han presentado en la estación de Moñitos, durante el primer muestreo del 2005 (INVEMAR, 2009).

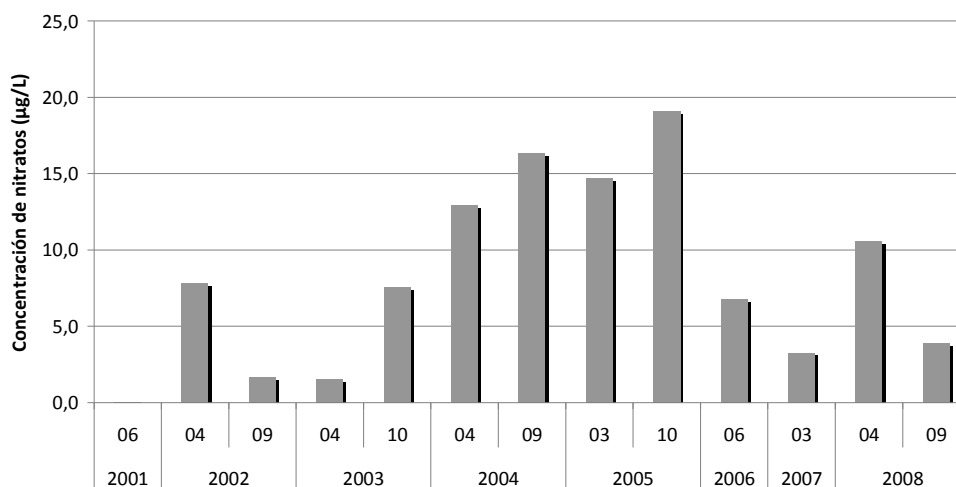


Figura 4.10-2. Concentraciones del nitrato inorgánico, medido durante los muestreos en las aguas marinas del Departamento de Córdoba.

4.10.3 Contaminación Microbiológica

Desde el año 2002, se ha evaluado la calidad microbiológica de las aguas recreacionales del departamento en cinco balnearios costeros. En este tiempo, se ha registrado un 42% de casos de playas no aptas para el desarrollo de actividades de contacto primario (baño, natación), teniendo como base los lineamientos de la legislación colombiana (CTE < 200 NMP /100 ml). Las playas con mayor recurrencia de incumplimiento de la normatividad son Moñitos y Puerto Escondido. Las condiciones microbiológicas de las aguas recreativas en el departamento puede deberse a la baja cobertura de alcantarillado, inferior al 30 %, por lo tanto la mayor parte de las aguas servidas de las poblaciones llega a través de afluentes continentales o directamente a la zona costera, deteriorando la calidad sanitaria del cuerpo de agua. La influencia de las aguas servidas en la calidad sanitaria de las playas es fundamental, ya que estudios epidemiológicos han estimado que globalmente cada año, se presentan por lo menos 120 millones de casos de enfermedades gastrointestinales y 50 millones de enfermedades respiratorias, causadas por la exposición de los bañistas a aguas costeras contaminadas con aguas residuales (Shuval, 2003).

Durante este periodo de evaluación, II-2008 y I 2009, a excepción de playa Blanca en San Antero, todos los balnearios presentaron un riesgo sanitario para los usuarios de acuerdo con la legislación colombiana y la Organización Mundial de la Salud (MinSalud, 1984; OMS, 2003). Los riesgos a los cuales están expuestas las personas se traducen en adquisición de enfermedades gastrointestinales, infecciones en el tracto respiratorio y dermatitis en diferentes partes del cuerpo (Arvanitidou *et al.*, 2002). Estos riesgos se incrementan si existe un mayor tiempo de exposición lo cual se produce generalmente en las temporadas de vacaciones, cuando la población turística y local practica actividades náuticas como natación, surfing, canotaje, buceo, etc. (González *et al.*, 2003; OMS, 2003).

El principal tributario de la zona y uno de los más importantes a nivel nacional es el río Sinú. Este río recolecta las 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 Cispatá en el Golfo de Morrosquillo. A su paso, las aguas continentales de este afluente son empleadas en actividades riego, pesca e incluso domésticas. Sin embargo los niveles históricos de Coliformes totales, 8000 – 9'200000 NMP/100 ml, y termotolerantes, 1400 – 1'400000 NMP/100 ml, han excedido permanentemente los límites establecidos para estos usos (CTT < 5000 NMP/100 ml y CTE < 200 NMP/100 ml), revelando el riesgo al que están expuestos los pobladores por el aprovechamiento de este recurso.

4.10.4 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

Hidrocarburos

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

Desde el 2001 al 2009, se evidencian los mayores promedios de hidrocarburos en los dos años iniciales del monitoreo REDCAM ambos en época seca con magnitudes de 5.27 $\mu\text{g/L}$ (2001) y 9.00 $\mu\text{g/L}$ (2002) para los demás años en las dos temporadas el rango oscilo entre 0.14 – 1.41 $\mu\text{g/L}$ (Figura 4.10-3), mostrando una tendencia descendente de la contaminación por hidrocarburos en el departamento de Córdoba. Sin embargo, se han reportado valores que superan el valor de referencia para aguas no contaminadas (10 $\mu\text{g/L}$; UNESCO, 1984; Atwood *et al.*, 1988), es el caso de años como el 2001 en época seca con una concentración de HDD de 15.27 $\mu\text{g/L}$ en el Río Sinú y también en el 2002 con un valor de 17.83 $\mu\text{g/L}$ en la desembocadura del mismo tributario, estos hallazgos convirtieron el sector norte de la zona costera del departamento; en una región de riesgo medio por hidrocarburos para estos dos años, no obstante, para los siguientes años tanto en el sector norte y sur los niveles disminuyeron considerablemente, evidenciando contaminación y riesgos poco significativos por HDD. En el 2009, la máxima concentración detectada fue de 1.37 $\mu\text{g/L}$ (C. la Soledad) permaneciendo los valores muy por debajo del nivel de referencia (10 $\mu\text{g/L}$).

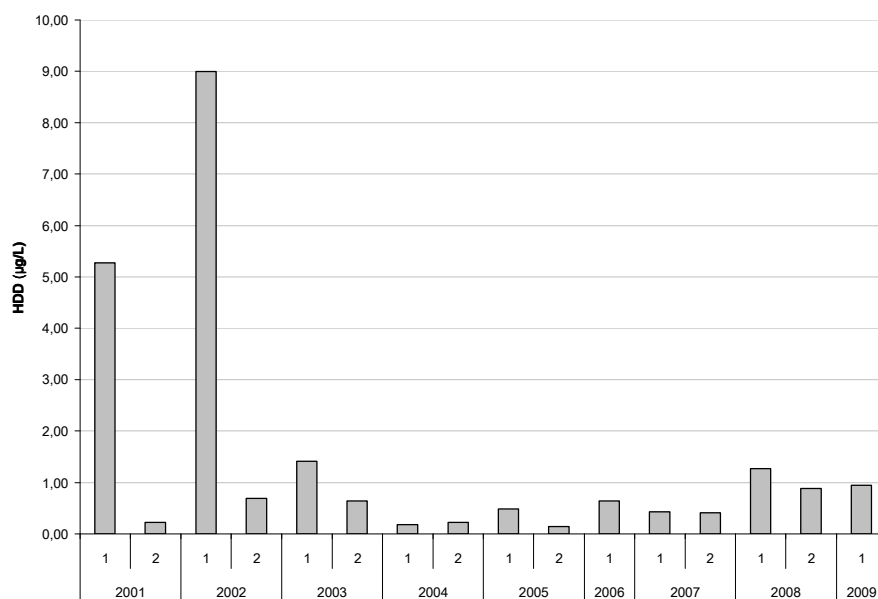


Figura 4.10-3 Comportamiento histórico de la concentración promedio de HDD en el Departamento de Córdoba.

Las concentraciones de HDD en las aguas costeras del departamento presentan una tendencia a disminuir, teniendo en cuenta los niveles promedio desde el 2003 a la actualidad. Los resultados también presentan al río Sinú como una de las mayores fuentes de HDD en la zona costera de Córdoba, sobretudo en los años 2001 y 2002, debido a que recibe efluentes de aguas residuales sin tratamiento de 10 municipios internos y algunos municipios costeros, como San Antero, San Bernardo del Viento y Moñitos; cuya población global está cercana a 60000 h. Adicionalmente, esta zona presenta una actividad

marítima significativa, dedicada al transporte, turismo y pesca en embarcaciones menores del sector norte del departamento de Córdoba.

Plaguicidas organoclorados

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

Teniendo en cuenta lo anterior, se han realizados monitoreos desde el 2001 hasta el 2009 arrojando resultados promedio para el departamento altos al inicio de la REDCAM en el año 2001 y en los años 2007 y 2008 con las concentraciones promedio mas altas históricamente 9.61 y 15.02 ng/L respectivamente (Figura 4.10-4). Esto debido a valores de 13.7 ng/L (Río Sinú) en el 2007 y valores por encima del valor de referencia de 30.7 ng/L (Río Sinú), 32.7 ng/L (F. Tinajones-desembocadura R. Sinú) y 34.6 (F. Agrotijo) en el 2008. Todas estas concentraciones reportadas en época de lluvias, le confieren a la zona riesgo medio de contaminación por residuos de plaguicidas, originada mayoritariamente por las actividades agrícolas desarrolladas en las cuencas hidrográficas; especialmente la del río Sinú, al sobresalir como la principal fuente de OCT al medio en estos años.

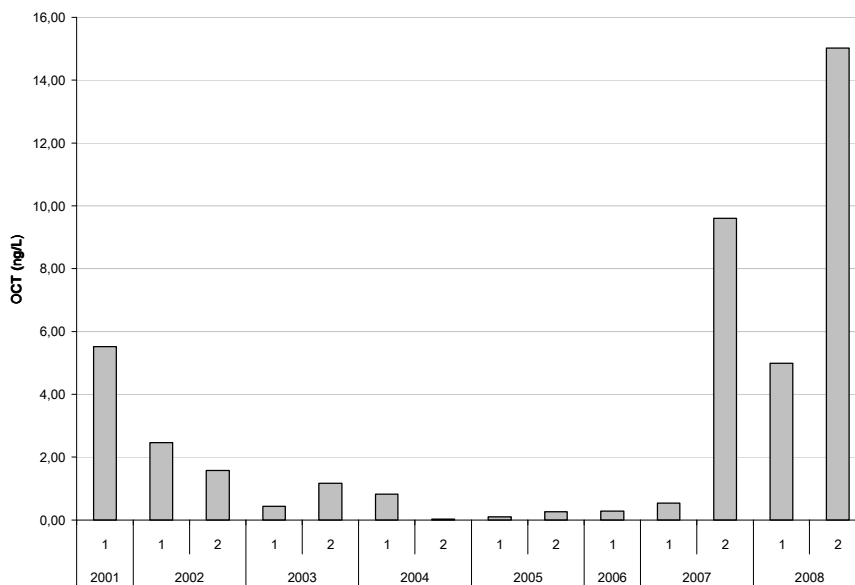


Figura 4.10-4 Comportamiento histórico de la concentración promedio de plaguicidas organoclorados (OC) en el Departamento de Córdoba.

En el primer muestreo de 2009, la situación es diferente mostrando concentraciones promedio indetectables por la técnica analítica; indicando procesos de escorrentías de OCT iniciados desde años anteriores comprendidos desde el 2003 al 2006 en ambas épocas climáticas, debidos probablemente a que los terrenos pueden estar drenando plaguicidas organoclorados que fueron aplicados en años anteriores y permanecen en el ambiente debido a su baja degradabilidad.

Las concentraciones de OCT a partir del 2003 se han mantenido por debajo del valor de referencia (30 ng/L), lo que permite en principio descartar riesgos altos de contaminación en las aguas costeras del

departamento. De acuerdo a esto, el sector sur se encuentra relativamente en condiciones de bajo riesgo por residuos de OCT. Mientras que el área de influencia del río Sinú presenta mayor riesgo de impacto por este tipo de agroquímicos. Además, La información colectada presenta al río Sinú como la mayor fuente de OC al medio marino y permite apreciar un significativo descenso de sus niveles a en el año 2009, en ambas épocas climáticas. A pesar del descenso en las concentraciones en la actualidad, se detectan procesos de escorrentías de pequeñas cantidades de estos compuestos en años comprendidos desde el 2003 al 2006 debidos probablemente a que los terrenos pueden estar drenando compuestos OC que fueron aplicados en años anteriores y permanecen en el ambiente debido a su baja degradabilidad.

4.10.5 Metales pesados

El departamento de Córdoba cuenta con poca información referente a fuentes de contaminación por metales pesados, sin embargo, es de notar que el río Sinú puede constituirse en la principal fuente de este tipo de contaminantes para este departamento, ya que durante su recorrido recoge los residuos de diversos municipios, los cuales finalmente son vertidos a su zona costera. En el presente informe se muestran los resultados del monitoreo de algunos de estos contaminantes en las aguas del departamento, para el muestreo realizado entre marzo de 2001 y segundo periodo de 2004, existe un vacío de información en el periodo 2004 a 2008 por problemas técnicos en la medición de las muestras.

En general los mayores valores de cadmio (Cd) y plomo (Pb) se obtuvieron 2001 y 2002 respectivamente, con la tendencia a disminuir a lo largo del periodo 2001 a 2004 con un rango de 0.02 a 2.82 $\mu\text{g/L}$, mientras en el periodo 2008 - 2009 el rango fue de 0.02 a 0.35 $\mu\text{g/L}$, evidenciando una disminución en la detección de este elemento en las aguas costeras del departamento de Córdoba. En cuanto al Pb durante el 2002 se han registrado las mayores concentraciones durante todo el monitoreo sin embargo están no han sobrepasado los valores referenciado en normas internacionales como de riesgo 500 $\mu\text{g/L}$ (EPA, 2002), sin embargo es de interés que la concentración de este elemento a partir del 2004 aumenta levemente y esta tendencia se mantiene hasta el último periodo analizado (año 2009) con una concentración máxima de 24.39 $\mu\text{g/L}$ en la estación ciénaga de la Soledad. La concentración de cromo (Cr) no ha tenido mayores variaciones a lo largo del monitoreo, excepto en el segundo periodo del 2003 cuando se presentó el mayor valor (14.70) en la estación ubicada en San Bernardo del Viento, sin embargo este valor está muy por debajo del referenciado como de riesgo por CONAMA (1986) de 50 $\mu\text{g/L}$, en general la tendencia de la concentración de este elemento es a mantenerse por debajo de los 4 $\mu\text{g/L}$.

4.10.6 Conclusiones

Los ríos que llegan a la zona costera de Córdoba, mantienen sus aportes de nutrientes inorgánicos dentro de rangos que se consideran normales y las aguas marinas no presentan cargas excesivas de estas sustancias. En la zona costera de Córdoba, sólo las aguas recreacionales de playa Blanca, en San Antero, registraron condiciones aptas para actividades de contacto primario en el segundo semestre del 2008 y primer semestre del 2009. En el caso de los afluentes continentales, el río Sinú ha mostrado históricamente niveles de microorganismos indicadores de contaminación fecal que exceden los límites establecidos para actividades agrícolas, de pesca y recreativas.

Para los HDD, desde la época seca del 2003 se nota una disminución en las concentraciones y en la actualidad estas concentraciones están por debajo del valor de referencia adoptado (10 $\mu\text{g/L}$). La información disponible de plaguicidas organoclorados en agua desde el año 2003 al 2006 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 de manera similar al comportamiento en los demás departamentos del litoral Caribe llegando a valores indetectables para este primer muestreo del 2009. Los valores registrados de las concentraciones Cd Pb y Cr en este departamento no sobrepasan los valores referenciados en normas internacionales, como de riesgo ecológico.

Antioquia



Zona costera de Necoclí.

4.11 ANTIOQUIA

En Antioquia, las aguas marinas y costeras presentaron influencias por las descargas de aguas continentales que arrastran nutrientes, materia orgánica y sólidos en suspensión procedentes de las cuencas que recorren. Esto se presenta en mayor proporción en los balnearios de Arboletes y Uveros. Los indicadores sanitarios para estas aguas han demostrado que esta agua no es apta para la realización de actividades de contacto primario y secundario, por los altos valores para microorganismos presentes en aguas residuales, que se han detectado y cuyos niveles sobrepasan los valores de la norma. La presencia de residuos de hidrocarburos (HDD), presentó tendencia histórica a disminuir, pero las actividades marítimas en el golfo, hace para esta zona costera exista riesgo medio de contaminación. Los plaguicidas han presentado una tendencia histórica a permanecer en sus concentraciones, por lo que se infiere que en la actualidad aun existen descargas de estas sustancias contaminantes en la zona costera. Las concentraciones registradas para metales pesados, no generan riesgos para las aguas marinas y costeras, debido a que sus concentraciones no alcanzan los límites previstos en legislaciones para otros países, pero se deberá estar atento a los valores de mercurio que esporádicamente presenta valores altos.

4.11.1 Área de estudio

El departamento de Antioquia se encuentra ubicado al noreste del país, sur del Mar Caribe, entre los 05° 30' y 08° 53' de latitud norte; 74° 05' y 76° 45' de longitud oeste, posee una superficie de 63.612 km², de los que su zona costera comprende aproximadamente unos 170 Km de línea costa, que hacen parte del clima cálido en una proporción del 51.8%, clima templado 26.8%, frío 19.9% y muy frío 1.6% (IGAG, 2008). Las fuentes continentales al mar las constituyen principalmente los ríos Magdalena, Cauca, Bajo Atrato, Nechí y Nare. Otras ríos menores, que drenan a la zona costera son los ríos Turbo, León, Volcán, Damaquiel, Necoclí, San Juan, Mulatos, Guadualito, Currulao y otros de poco caudal que son listados por CORPOURABA (2008), en su publicación sobre el agua costera. Las estaciones de muestreo se ubican en la extensión litoral desde Arboletes en el límite con Córdoba, el Golfo de Urabá, hasta el límite con el departamento de Chocó en el Caribe (Figura 4.11-1).



Figura 4.11-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento de Antioquia.

4.11.2 Variables fisicoquímicas

Las aguas continentales que drenan a la zona costera del departamento, para el período de muestreo en el 2008, presentaron condiciones de amonio entre 85 y 156.2 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el nitrato entre 170 y 410 $\mu\text{g/L}$ NO_3 , los valores máximos de estos parámetros se registraron en el río Currulao durante el primer muestreo del 2008, el nitrito entre 7.8 y 11.3 $\mu\text{g/L}$ NO_2 medido en el río Turbo en el segundo muestreo de 2008. Las descargas de nutrientes inorgánicos a la zona costera han estado entre las más altas en el Caribe colombiano, las que se asocian principalmente a la vocación agropecuaria de la zona costera de Antioquia. El oxígeno disuelto presentó un rango entre 1.1 y 6.5 mg/L , que representan malas condiciones al compararse con la norma colombiana (Decreto 1594 de 1984; MinSalud, 1984), sobre todo en los ríos Currulao y León durante los muestreos del segundo semestre del 2008; el pH presentó valores entre 6.9 y 8.4 unidades que cumplen con lo estipulado en la norma. Los sólidos en suspensión entre 76 y 1228 mg/L , que representan los aportes importantes del departamento a las aguas del Caribe por causas de los procesos de erosión y labores agropecuarias. Todas estas mediciones indican que del continente llega una carga importante de nutrientes inorgánicos y de materia orgánica que influye sobre las aguas naturales (Begon *et al.*, 2006).

Durante el período de muestreo del 2008, las aguas estuarinas tuvieron concentraciones de amonio entre 32.5 y 1895 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , los valores más altos se observaron en el primer muestreo del 2008 en la estación desembocadura del río Volcán en Arboletes. Las concentraciones del nitrato estuvieron entre 30 y 590 $\mu\text{g/L}$ NO_3 donde el registro más alto se encontró en la boca del río San Juan en Arboletes, en el caso de los nitritos las concentraciones estuvieron entre 1.6 y 130 $\mu\text{g/L}$ NO_2 con los valores más altos medidos en la desembocadura del río Caimán Nuevo; para los fosfatos el rango de valores encontrados fue entre 20 y 5100 $\mu\text{g/L}$ PO_4 , el registro más alto se encontró en la estación boca del río Volcán en Arboletes. Los valores del oxígeno disuelto han fluctuado entre 0.3 y 14.4 mg/L , el valor más bajo se encontró en la estación desembocadura del río Caimán Nuevo, en el primer muestreo del 2008 aunque las otras estaciones ubicadas en desembocaduras durante el muestreo del primer semestre del 2008 presentaron en su mayoría valores de oxígeno disuelto por debajo del límite de la norma. El pH fluctuó entre 6.5 y 8.3 unidades, que son valores dentro del rango que especifica el decreto 1594 de 1984 para buena calidad del recurso; la salinidad ha fluctuado entre 0 y 29.9 como es de esperarse en estos sistemas estuarinos. La temperatura de las aguas estuarinas ha fluctuado entre 24 y 32.9 $^{\circ}\text{C}$; la concentración de sólidos en suspensión ha fluctuado entre 14 y 9050 mg/L , el valor máximo fue medido en la desembocadura del río Currulao durante el segundo muestreo del 2008.

Para las aguas marinas durante el período 2008, las concentraciones de amonio entre 110 y 135 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el máximo valor fue registrado en la estación de Playa Uveros durante el segundo muestreo del 2008; el nitrato entre 60 y 210 $\mu\text{g/L}$ NO_3 , el sitio de mayor concentración fue la estación de playa Uveros mismo muestreo de 2008 (Figura 4.11-2); el fosfato ha fluctuado entre 30 y 70 $\mu\text{g/L}$ PO_4 donde el valor máximo fue registrado en Playa Arboletes durante el segundo muestreo del 2008. El oxígeno disuelto presentó concentraciones entre 4.7 y 8.3 mg/L , los cuales cumplen la norma del decreto 1594; el valor del pH fluctuó entre 8.1 y 8.7 unidades que sale del rango del decreto en su valor máximo; los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 99 y 221 mg/L , la máxima concentración se encontró en la estación de Playa Arboletes durante el segundo muestreo del 2008.

Históricamente las aguas marino-costeras del departamento, han presentado concentraciones de amonio entre 47.7 y 375.4 $\mu\text{g/L}$ NH_4 , el máximo valor se ha registrado en la estación de Playa Arboletes durante el segundo muestreo del 2001; el nitrato ha fluctuado entre 0.1 y 27.8 $\mu\text{g/L}$ NO_3 registrando el máximo en la estación Playa Uveros en el mismo muestreo; el nitrito ha oscilado entre 1 y 7.7 $\mu\text{g/L}$ NO_2 con el máximo registro encontrado en la estación Playa Uveros durante el primer muestreo del 2005; para los fosfatos las concentraciones han fluctuado entre 5 y 380 $\mu\text{g/L}$ PO_4 , donde máximo valor medido fue en la estación Playa Arboletes durante el primer muestreo de 2007. El oxígeno disuelto presentó concentraciones entre 0.9 y 11.1 mg/L , donde algunos valores no cumplen con la normativa nacional (MinSalud, 1984), para estos casos se observó que valores por debajo del límite de la norma se presentan en los muestreos realizados en la temporada de secas (mes de marzo); el valor del pH fluctuó

entre 6.9 y 8.7 unidades que sobrepasan el rango que establece el decreto 1594 (en aguas marinas debe estar entre 6.5 y 8.5); los sólidos suspendidos se dieron en el rango de 26 y 432 mg/L, en el que los registros mas altos se han presentado en la estación de Playa Arboletes, durante el primer muestreo del 2007 (INVEVAR, 2009).

Las aguas marinas del departamento de Antioquia, son influidas en su condición normal por las descargas de aguas continentales que arrastran nutrientes, materia orgánica y sólidos en suspensión procedentes de las cuencas que recorren.

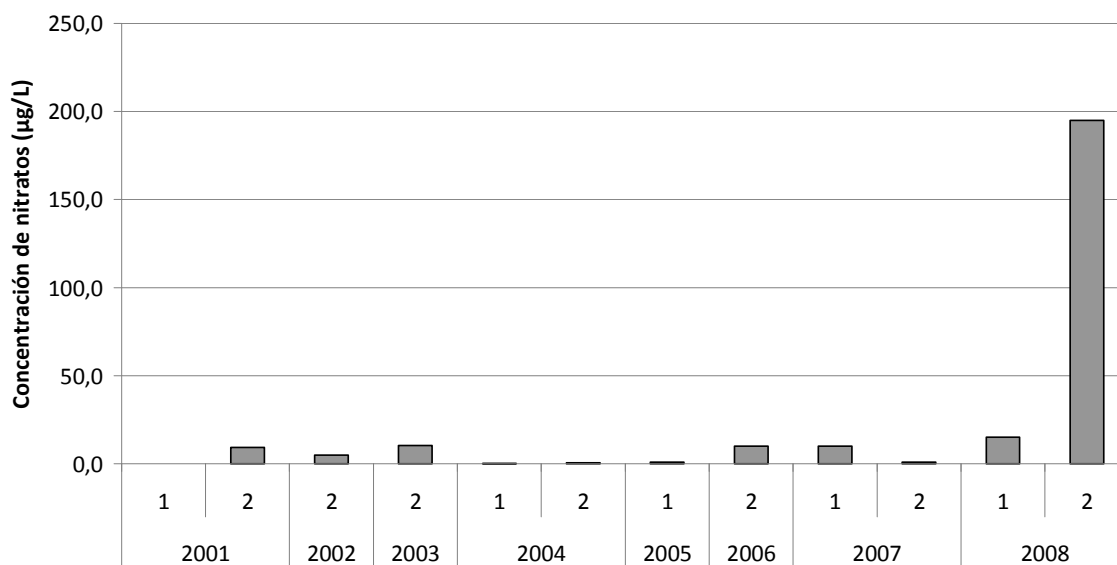


Figura 4.11-2. Concentración histórica de nitratos en las aguas marinas del departamento de Antioquia.

4.11.3 Contaminación Microbiológica

Antioquia ocupa el primer puesto a nivel nacional con el mayor registro histórico de casos de playas no aptas para desarrollar actividades recreativas (60 %), conforme a lo establecido en el decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984). Esta condición puede ser producto de la baja cobertura en el servicio de alcantarillado y la influencia del conjunto de vertientes hídricas, que concentran y arrastran la carga bacteriana generada por las descargas residuales domésticas e industriales a lo largo de su cuenca, hasta llegar a la línea costera.

En el periodo de evaluación, II-2008, las playas Martina (200 NMP/100 ml), Uveros (1100 NMP/100 ml), Necoclí (1300 NMP/100 ml) y Arboletes (22000 NMP/100 ml) sobrepasaron el límite permisible de coliformes termotolerantes establecido en la legislación Nacional para aguas de contacto primario. Históricamente, estos dos últimos balnearios, han presentado la mayor reincidencia de concentraciones de coliformes termotolerantes fuera de los límites permisibles nacionalmente, con un 33% y 40%, respectivamente. Estas playas se encuentran en municipios costeros que tienen su cabecera ubicada cerca de la costa y poseen una infraestructura débil en la red de alcantarillado, lo cual contribuye al deterioro de la calidad de sus aguas (Garay *et al.*, 2001; Gonzáles *et al.*, 2003; CORPOURABA, 2008).

En el caso de los tributarios, además de impactar la zona costera, sus aguas son una fuente de riesgo para las poblaciones que se benefician de ellas en actividades agrícolas, de pesca, recreativas y domésticas. En el segundo semestre del 2008, sólo el río Atrato y Mulatos presentaron condiciones

microbiológicas adecuadas para la pesca; mientras que para el riego de cultivos, sólo el Atrato. En relación con las actividades recreativas y otras labores que implican el contacto directo, ningún afluente presenta condiciones aptas. Los aportes de Coliformes de este conjunto de afluentes hídricos a la zona costera están entre los 1700 y 2'800000 NMP/100 ml (Figura 4.11-3).

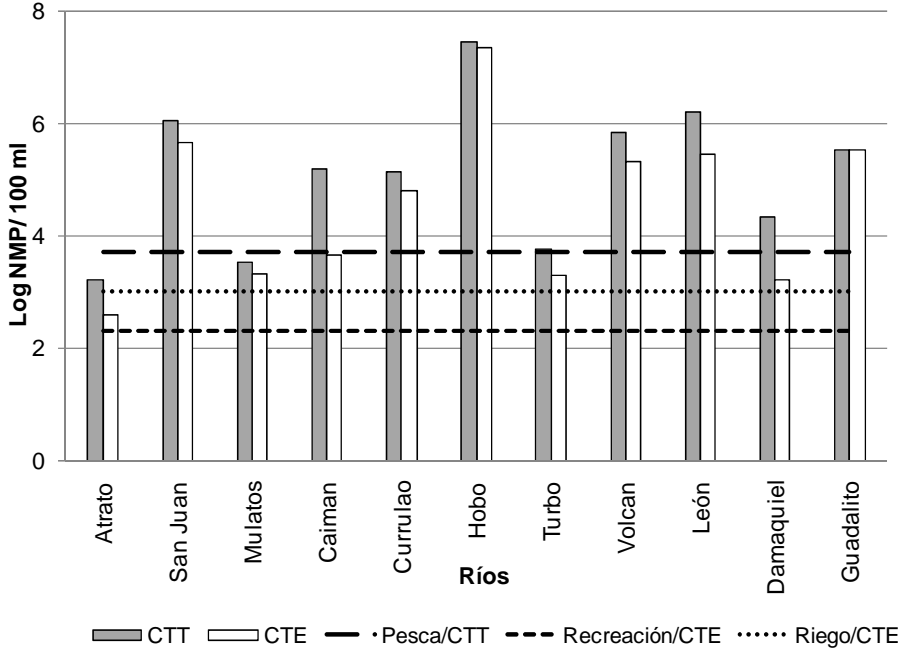


Figura 4.11-3. Comparación de la concentración de coliformes totales y termotolerantes de los ríos de Antioquia con los límites permisibles establecidos en el decreto 1594 de 1984 para actividades agrícolas (CTE<1000 NMP), Pesca (CTT< 5000 NMP) y recreación (CTE<200 NMP)

4.11.4 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 superior a los 66.000 habitantes, en su mayoría dedicados al cultivo de banano y 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 fuente de hidrocarburos 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.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha monitoreado el departamento desde el 2001 hasta el 2007 sin tener registros a la fecha, pero se observa con los valores promedio reportaron un comportamiento en las concentraciones de HDD de disminución en varios ordenes de magnitud (Figura 4.11-4), es así, como los valores máximos se presentaron en la temporada seca del año 2001 (14.41 µg/L) aportando la máxima contribución de HDD la estación Golfo de Urabá (15.31 µg/L) observándose además, que todos los puntos de muestreo sobrepasaron el límite permisible de 10 µg/L en este año. Pese a lo anterior, las concentraciones en los años siguientes, se reducen considerablemente en las dos épocas climáticas,

indicando que efectivamente la contaminación por HDD proviene tanto de los afluentes de la zona como también del tráfico marítimo en el Golfo.

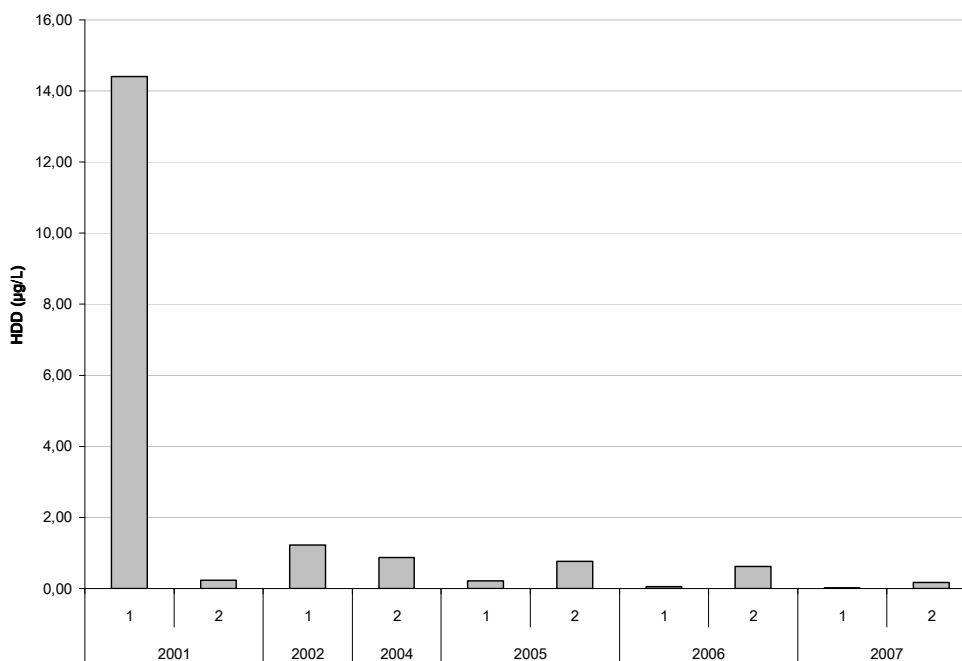


Figura 4.11-4 Comportamiento histórico de la concentración promedio de HDD en el Departamento de Antioquia.

Los resultados obtenidos indican una aparente disminución en las concentraciones de hidrocarburos en aguas desde el segundo muestreo del 2001, infiriendo que el origen de hidrocarburos disueltos es tanto terrestre ocasionado por los ríos y asentamientos humanos, como directo, generado por el movimiento marítimo; por esta razón, el sector de mayor riesgo de contaminación por hidrocarburos es el sur del Golfo, dado que allí confluyen muchas actividades comerciales del departamento.

Plaguicidas organoclorados

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 aplicados a las actividades de transporte (terrestre, marítimo, fluvial y aéreo), almacenamiento, formulación, envasado y aplicaciones terrestres, así como aéreas de dichas sustancias. El estudio encontró que los sectores más comprometidos por contaminación corresponden: al tramo del Río León donde desemboca el Río Carepa; la desembocadura del Río Chigorodo al León; la parte alta de la cuenca del Río Apartadó y la parte media del Río grande.

Las principales fuentes de plaguicidas a las aguas costeras la constituyen las actividades agrícolas relacionadas con el 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.

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) adoptados por la asociación de productores AUGURA (2008) 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 las poblaciones de plagas en más del 50% sin que ello signifique el aumento en las aplicaciones de tóxicos.

El resumen de datos obtenidos desde el 2001 al 2007 a falta de registros mas recientes, indican presencia variable de estos compuestos históricamente, obteniéndose las concentraciones promedio más altas en los años 2001 (14.4 ng/L) y 2006 (10.0 ng/L), los años restantes muestran valores promedio que no sobrepasan los 5.61 ng/L, notando una apreciable disminución en los valores en el año 2007 (1.94 ng/L) situación favorable ambientalmente al detecta la mas baja presencia de plaguicidas organoclorados en esta época (Figura 4.11-5). Sin embargo, a lo largo de estos años se encuentran concentraciones máximas de residuos de plaguicidas en Arboletes (14.4 ng/L) para el 2001, también en el Río Damaquiel (10.5 ng/L) para el 2003, igualmente en varias estaciones para el 2004 la Boca del Río Atrato (15.9 ng/L), Río Hobo (13.8 ng/L), Boca Río Leoncito (12.3 ng/L), Boca Río Volcán (11.9 ng/L), en el monitoreo del 2006 se reporta el valor mas alto históricamente en la región; hallado en la Desembocadura del Río León (43.5 ng/L) superando ampliamente el valor de referencia para OCT de 30 ng/L. En el 2007 también, se encuentra un valor alto de estos compuestos frente al Río Arboletes de 17.6 ng/L.

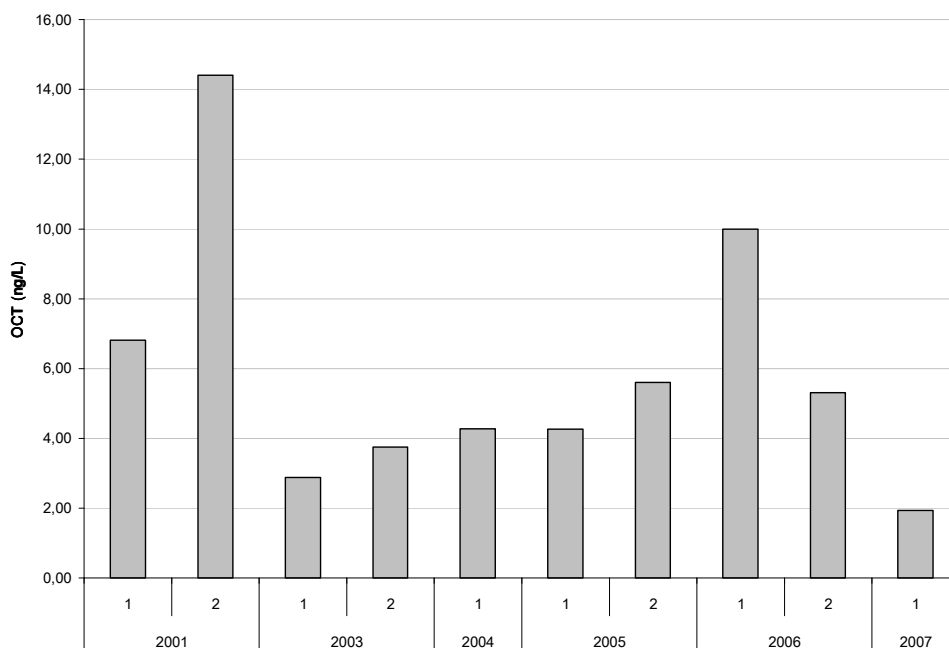


Figura 4.11-5 Comportamiento histórico de la concentración promedio de plaguicidas organoclorados (OC) en el Departamento de Antioquia.

De acuerdo a los registros del proyecto, muestran a Antioquia como el único departamento en el cual no es evidente una tendencia decreciente de las concentraciones de OC, observando una presencia recurrente de estos residuos en la zona y además al 2007, 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, teniendo en cuenta que las mayores concentraciones se hallan en bocas de ríos.

Debido a que en la zona se adelantan programas de reducción de insumos agroquímicos, la presencia de estos compuesto en épocas recientes puede deberse a que los terrenos pueden estar drenando compuestos OC que fueron aplicados en años anteriores y permanecen en el ambiente debido a su baja degradabilidad.

4.11.5 Metales pesados

La región del Golfo de Urabá es un sector de alta influencia portuaria, vertimientos de aguas servidas de varios asentamientos urbanos (Arboletes, Necoclí, Turbo y Acandi), y la actividad minera desarrollada en el sector Caribe chocoano. Todo esto hace prever el vertimiento de este tipo de tóxicos químicos en las aguas costeras de la región. A esta problemática podrían sumarse los posibles vertimientos desde las lagunas de oxidación existentes en Arboletes, Necoclí y Turbo sobre las cuales se desconoce su debido funcionamiento (Barrera *et al.*, 2001). Los resultados obtenidos del monitoreo de la REDCAM para los metales cadmio (Cd), plomo (Pb) y mercurio (Hg), han mostrado una tendencia general a disminuir, sin embargo durante el periodo de lluvias de 2003 y la época seca de 2005 se han presentado los mayores valores tanto para Cd (100 µg/L), para Pb los mayores valores se registraron en el 2002 en la desembocadura del río Mulatos (520 µg/L) y en la boca del río Atrato (1000 µg/L), aunque estos valores rebasan lo establecido por normas internacionales (EPA, 2002; CONAMA, 1986) como de riesgo, han sido datos puntuales que podrían considerarse atípicos y no reflejan la tendencia general de la zona.

En general las mayores concentraciones de los elementos analizados fueron determinadas en algunas de las estaciones del sector sur del departamento, siendo estas las que se encuentran cercanas a los ríos que tributan sobre el golfo de Urabá, la presencia de estos elementos puede ser favorecida por los aportes de los mismos debido a las actividades de carácter antropogénico como en el caso de la explotación minera, vertimientos de industrias, aguas servidas domesticas, entre otras, que se realizan en las cuencas de algunos tributarios, ayudando a incrementar la carga existente en la zona costera del departamento.

De los tres metales analizados, el mercurio observó una tendencia temporal, resultando que los mayores valores 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 menores. De acuerdo al análisis de la información, resulta importante resaltar la importancia de realizar a cabo monitoreos mas continuos, dado que se han registrado concentraciones estuvieron por encima de los criterios de calidad que establece la legislaron 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 CONAMA (1986).

4.11.6 Conclusiones

Las aguas costeras del departamento, soportan las mayores descargas de nutrientes y de afectación a los parámetros fisicoquímicos naturales marinos, como es el caso niveles altos de sólidos en suspensión y del oxígeno disuelto. Históricamente, esta zona costera ha sido la afectada por las descargas continentales y las actividades humanas. La calidad microbiológica de las aguas del departamento está influenciada principalmente por los aportes de contaminantes a través de los ríos y los vertimientos de aguas residuales. En las aguas recreativas, las playas Martina, Uveros, Necoclí y Arboletes no se encontraron aptas para actividades de contacto primario; mientras que en el caso de los tributarios, sólo el río Atrato registró condiciones aptas para la pesca, uso agrícola y recreacional. El interior del golfo de Urabá sigue siendo el sitio que presenta el mayor riesgo de contaminación por hidrocarburos por el tráfico marítimo. Sin embargo, los resultados del monitoreo muestran concentraciones inferiores al valor de

referencia y una tendencia decreciente desde el segundo monitoreo de 2001, situación que favorece al medio acuático del sector. El monitoreo de OCT desde 2002 ha demostrado una presencia recurrente de estos residuos en la zona costera, lo que supone una fuente continental de ellos, arrastrados de los ríos, aunque son bajas con respecto a los criterios establecidos para su evaluación; al igual que otras regiones costeras, su presencia en el medio y su disponibilidad para los organismos acuáticos, puede generar un posterior deterioro en la calidad ambiental de los ecosistemas costeros de la región. Los metales plomo, cadmio analizados en las aguas costeras en el departamento, no muestran concentraciones que generen mayor riesgo de contaminación según las normas consultadas, las mayores concentraciones se han registrado en los años 2003 y 2005 mostrando una tendencia general a disminuir en el tiempo de todos los elementos estudiados, sin embargo se han registrado datos reiterativos de concentraciones de Hg que sobre pasan los valores referenciados como de riesgo.

Costa Pacífica



Ensenada de Utría

COSTA PACIFICA

5. ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS EN LA COSTA PACIFICA

Los ríos del Pacífico generan una carga importante de nutrientes a las aguas costeras, pero ésta no genera un riesgo de contaminación para la protección vida acuática. Los ríos que desembocan en la bahía interna de Buenaventura, registran concentraciones elevadas de nutrientes inorgánicos, posiblemente por el vertimiento de aguas servidas sin tratamiento y a las escorrentías de los suelos de las zonas agrícolas. Así mismo, transportan microorganismos presentes en las aguas residuales que disminuyen la calidad sanitaria, aunque durante el primer semestre del 2009 sus balnearios fueron aptos para la actividad recreativa.

Durante el primer muestreo de 2009, sitios puntuales en los departamentos Chocó y Valle del Cauca registraron concentraciones significativas de hidrocarburos del petróleo, que aunque se encuentran por debajo del valor de referencia, se deben tener en cuenta para establecer las posibles fuentes de contaminación. Las concentraciones de OC permanecen bajas a excepción de a descargas esporádicas y puntuales, igualmente su presencia especialmente en Chocó y Nariño, aunque lo registrado apunta a los metabolitos del DDT, como consecuencia de la degradación en el medio natural. En consecuencia se deberá estar atento en estas zonas costeras, a las posibles fuentes de estas sustancias.

Con referencia a los metales plomo, cadmio y cromo en la región del Pacífico Colombiano, se evidencia que durante el monitoreo las concentraciones de estos elementos se han mantenido por debajo de los valores referenciados por normas internacionales como de riesgo, además se observa una tendencia a disminuir su presencia en las aguas costeras de la región.

5.1 FUENTES TERRESTRES DE CONTAMINACIÓN

5.1.1 CASO ESTUDIO: BUENAVENTURA

La bahía de Buenaventura se localiza entre las latitudes 3°44' N y 3°56' N y longitudes 77°01'0 W y 77°20'0 W a 7 m.s.n.m., con un área aproximada de 16 km²; es de forma angosta y alargada diferenciándose la bahía interior y la exterior (CCCP, 2001; Otero, 2005; Figura 5.1-1). La bahía interior es un sistema estuarino debido a la combinación del agua salada del Océano Pacífico con el agua dulce de los ríos Dagua, Potodó, Anchicayá, Raposo y los esteros que allí desembocan. El sector de la bahía externa tiene comunicación directa con el mar abierto y recibe toda su influencia (Velásquez y Cortes, 1997; Otero, 2005). Presenta una alta precipitación anual (6500 mm /año) causada por la corriente de Humboldt y los vientos predominantes del sur (Velásquez y Cortes, 1997). La zona costera está cubierta por manglares surcados de canales y esteros que son usados como vías de comunicación desde y hacia la bahía, como el estero San Antonio en cuyo brazo se ubican las pesqueras más grandes del municipio (Mosquera, 1993).

Asentamientos humanos – Residuos domésticos

El municipio de Buenaventura, también llamado ciudad puerto tiene un área de 6297 Km² de los cuales el 90% (5667.3 km²) corresponden a la zona urbana que se ubica sobre la bahía, entre la Isla de Cascajal (donde se concentran las actividades industriales y comerciales.) y el continente, unidos a través del

pueblo El Piñal, cuenta con una población de 355736 habitantes de los cuales el 96% pertenecen a los estratos 1, 2 y 3 (DANE, 2009; SAAB, 2007). La infraestructura de saneamiento básico y agua potable de Buenaventura indica que el 82.1% del área urbana tiene cobertura de acueducto y el área rural solo 47.7% y en el alcantarillado llega al 66.3% el área urbana y al 9.8% la población rural (Figura 5.1-2; SSPD, 2009; Alcaldía de Buenaventura, 2009; DANE, 2009).

Una de las problemáticas identificadas en la ciudad son las descargas de 54428 m³/día de aguas residuales que producen los 355736 habitantes del área urbana, rural y zonas de bajamar; de las cuales el 61% va al alcantarillado (DANE, 2009; MinDesarrollo, 2002) y el resto se vierten directamente al mar a través de canales, donde se distribuyen por la dinámica mareal en toda la bahía (Velásquez y Cortes, 1997; Lozano, 2008; INVEMAR, 2003).

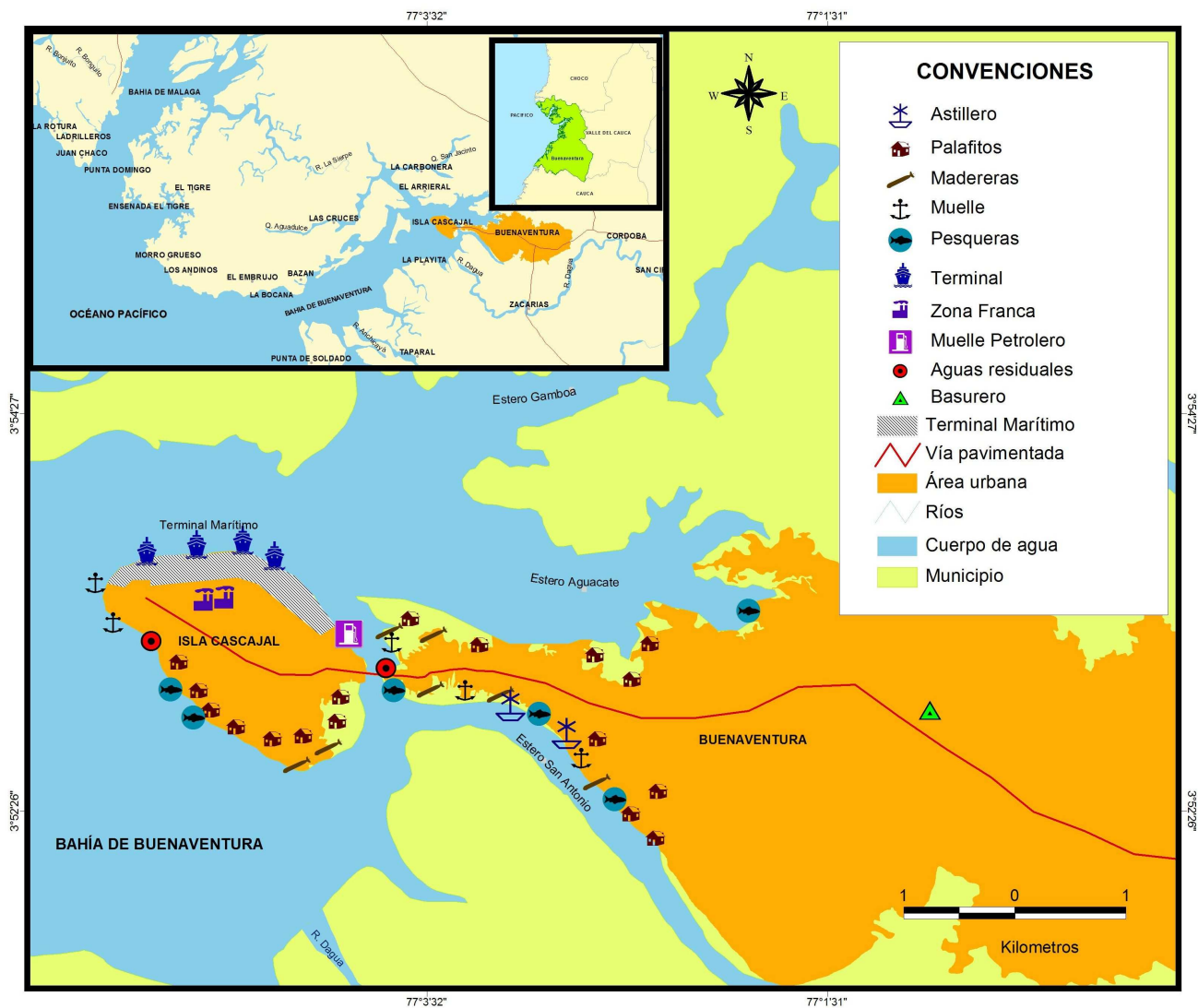


Figura 5.1-1. Ubicación de las principales fuentes de contaminación al mar en el puerto de Buenaventura.



Figura 5.1-2. Viviendas paratíficas en Buenaventura que carecen de infraestructura de saneamiento básico.

Las 3402 ton/mes de residuos sólidos producidos en el área urbana de Buenaventura, son recolectadas por el servicio de aseo que presta una sola empresa, acopiando los residuos domésticos 3 veces por semana y los comerciales e industriales 6 veces, los cuales finalmente son dispuestos en el Botadero a cielo abierto. No obstante, al botadero llegan cerca de 6415 ton/mes (promedio 2008), lo que supone que existe un déficit del 47% corresponde a los residuos de la zona rural que no reciben el servicio de recolección y usan el mar, los ríos y los esteros como vertederos de basuras y materia orgánica (SSPD, 2009; Tejada *et al.*, 2003).

Actividades productivas y socioeconómicas

Las actividades productivas más importantes del litoral Pacífico colombiano se constituyen básicamente por la explotación de los recursos naturales a través de la pesca, la extracción de crustáceos, recolección de moluscos, agricultura, minería, explotación forestal, turismo y el comercio con empresas locales de diverso tipo y la venta informal (Figura 5.1-3; Tejada *et al.*, 2003; INVEMAR, 2003).

En Buenaventura la pesca blanca se practica intensivamente a escala industrial y artesanal, para el consumo interno y exportación, siendo el camarón, el langostino, la sardina y el atún los productos más comerciales de esta zona (CCI, 2008). Existen sitios de acopio, fábricas de elaboración de productos pesqueros (atún, camarón, langostino, pescado, cangrejo y jaiba) pesqueras que evisceran, filetean, descabezan, enlatan, congelan, etc., para conservar la materia prima, lo cual produce desechos con alto contenido orgánico y residuos sólidos.

En la ciudad existen establecimientos o industrias de minerales no metálicos, madereras, pesqueras y petróleo, metalmecánicas, constructoras, astilleros, operación de terminales de carga, industria química, metalúrgica, expendio de combustibles ubicados en las áreas de bajamar, desembocadura del río Anchicayá, muelle petrolero y otras (Calero y Casanova, 1997; Marrugo, 1993; INVEMAR, 2003). El muelle Petrolero es el sitio donde se reciben hidrocarburos aromáticos y petróleo refinado que abastece parte del consumo del occidente colombiano y su industria química. Igualmente las gasolineras que se encuentran ubicadas generalmente sobre muelles o en plataformas flotantes (Marrugo, 1993).

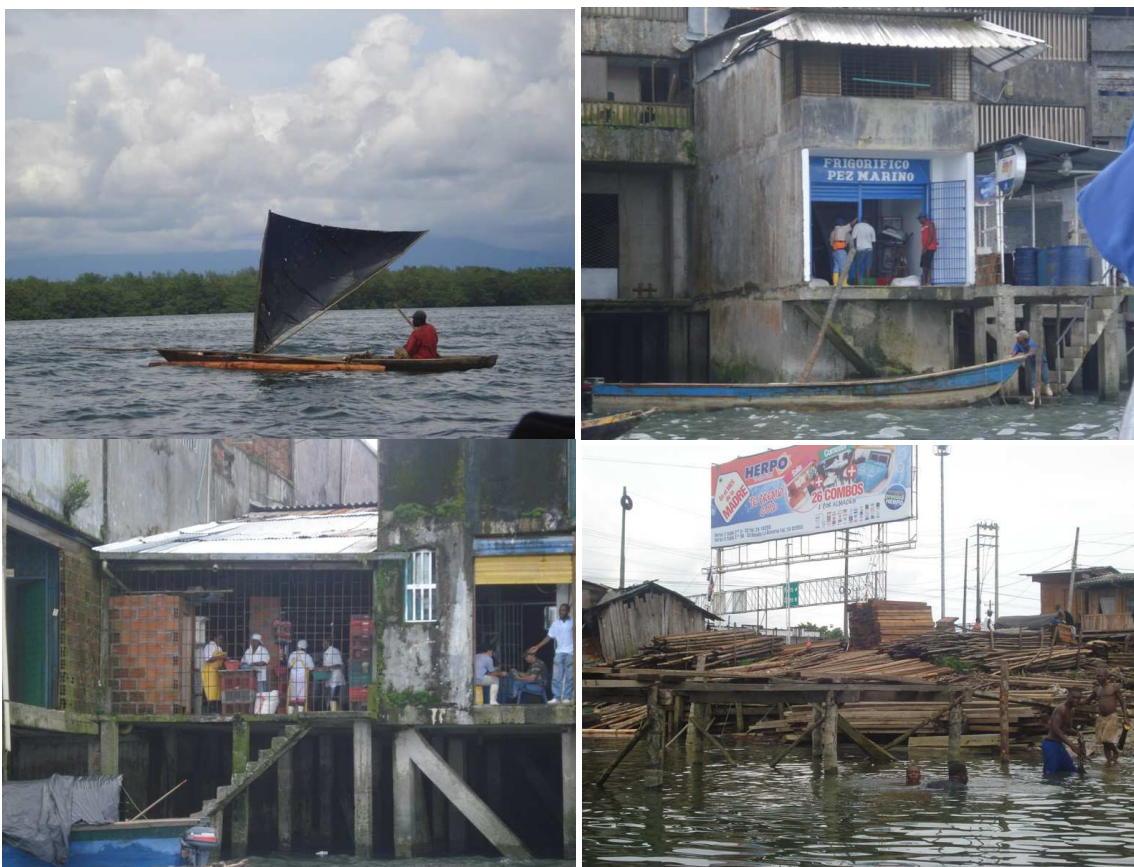


Figura 5.1-3. Algunas actividades productivas y económicas representativas de Buenaventura.

Actividad marítima y portuaria

Por el puerto de Buenaventura se mueve más del 60% del mercado de exportación y se reciben todas las importaciones provenientes de los países orientales. En el 2008 su tráfico marítimo y portuario movilizó en importación y exportación 8,6 millones de toneladas de carga entre granel sólido, contenedores, carga general, granel líquido, carbón al granel (Figura 5.1-4), siendo los productos más importados el maíz, urea, trigo, torta de soya, frijol de soya, acero, soda, aceite de soya, yeso, sulfato de sodio, vehículo, pasta maderera, bobinas, cloruro de potasio, amidas, diesel, carbonato de sodio, gluten de maíz, laminas, sebo, soda caustica, alkyl benzene, muriato de potasio, aceite de girasol, materias primas, monoammonium phosphato, yeso, entre otros. Y los productos más exportados carbón hulla al granel, azúcar en sacos, mineral cobre, acero, maquinaria y equipo, vehículos, laminas metálicas, tubos, transformador, herramientas industriales, herramientas manuales, productos veterinarios, bobinas, aceite de palma, aceite de soya, bandas en caliente (SPRB, 2009).

El principal riesgo de contaminación por hidrocarburos es el Muelle petrolero, por el tráfico de buque/tanques con gasolina e hidrocarburos aromáticos. Además, es la zona del Pacífico donde se manejan los mayores volúmenes de derivados del petróleo (Marrugo, 1993), por la presencia de buques “no petroleros”, embarcaciones de cabotaje y algunos buques de tránsito internacional que generan residuos oleosos entre las aguas de sentinas y los slops (Garay, 1996; INVEMAR, 2003)

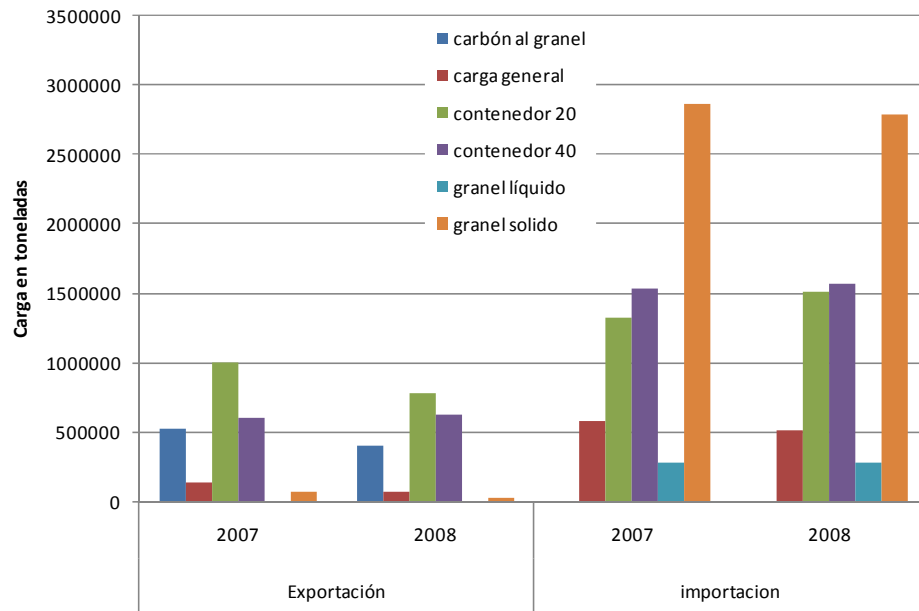


Figura 5.1-4. Reporte del volumen y tipo de carga movilizada por el Terminal Marítimo de Buenaventura en los años 2007 a 2008. Fuente: www.sprbun.com

El Terminal Marítimo de Buenaventura cumple con toda la normatividad marítima internacional (Marpol 73/78) en relación con hidrocarburos, segregación y control de mercancías peligrosas y desechos sólidos. Es el único Puerto en Colombia que tiene una planta para manejo de sentinas y presta el servicio de recepción por medio de un operador portuario, quien recibe las sentinas generadas de la actividad de la motonave realizándoles una serie de procesos para que el producto final cumpla con lo establecido en el anexo I de Marpol 73/78 (SPRB, 2009). Actualmente el terminal marítimo tiene proyectos de expansión para incrementar la capacidad instalada actual de 13,5 TMA a 22,8 TMA (Toneladas Métrica por Metro Cuadrado); en tanto que de acuerdo con el plan maestro de la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura S.A., se proyecta movilizar cerca de 27 millones de toneladas en 2032 (SPRB, 2009; Figura 5.1-5).

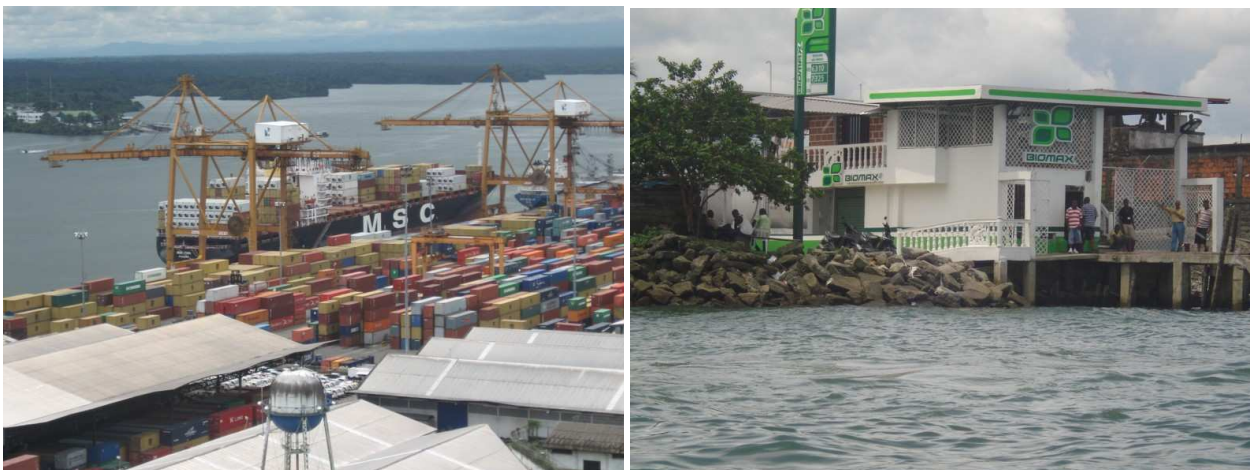


Figura 5.1-5. Actividad portuaria y manejo de combustible en la bahía de Buenaventura

Minería

Buenaventura con sus minas de oro, platino, carbón mineral, cobre, manganeso, diatomita y tierras refractarias, es la mayor área de reserva minera de Colombia, especialmente en bauxita, con 350 mil millones de toneladas, hace ocupar al país el tercer lugar latinoamericano, después de Brasil con 750 mil millones, y de Venezuela con 500 mil millones (Lozano, 2008)

Agricultura y ganadería

La agricultura se limita a las zonas agrícolas de los municipios de Dagua en la cuenca del los ríos Dagua y Anchicayá, donde se realizan cultivos de coco y palma africana ambos con una amplia demanda, además de otros productos que se cultivan para autoconsumo y comercialización en la región como el arroz, chontaduro, banano, naidí, yuca, cacao, plátano, maíz, papachina, borjón, árbol del pan, achiote, caña panelera y variedad de árboles frutales (Tejada *et al.*, 2003). La industria maderera en el departamento produce el 14% del total de la costa pacífica y esta actividad utiliza pesticidas e hidrocarburos para inmunizar la madera (INVEMAR, 2003).

Turismo

Buenaventura tiene el primer y único muelle turístico flotante en el Pacífico colombiano, autorizado por la Capitanía del Puerto. Cuenta con logística como terminal marítimo, para un importante flujo de pasajeros que utilizan el transporte marítimo entre Buenaventura y las playas de la costa del Océano Pacífico, como La Bocana, Pianguíta, Juanchaco, Ladrilleros, La Barra y otros destinos de interés turístico.

Tiene seis muelles para embarcaciones menores y uno para barcos, su infraestructura permite responder adecuadamente a temporadas altas, como la temporadas de ballenas, Semana Santa y las vacaciones de diciembre – enero (Alcaldía de Buenaventura, 2009; Figura 5.1-6).



Figura 5.1-6. Muelle turístico de Buenaventura. Foto tomada de Alcaldía de Buenaventura.

5.2 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS

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

Los valores de pH y oxígeno disuelto los ríos de la zona costera del Pacífico, se han encontrado aptos para la conservación de flora y fauna al presentar valores mayores a 4 mg/L y entre 4.5 – 9.0 respectivamente (MinSalud, 1984). La salinidad de los tributarios presentan influencia oceánica al presentar fluctuaciones de 0 – 24.9, por la introducción de agua salobre río arriba en marea alta (Palacios y Moreno, 1992). Los sólidos en suspensión presentan un promedio de 62.97 mg/L, las altas precipitaciones que se presentan en el segundo semestre del año hacen que aumente la concentración de por el resuspensión y arrastre de sedimentos. Estos ríos presentan concentraciones promedio de nitritos 6.77 µg/L NO₂, nitratos 138.04 µg/L NO₃, amonio 21,98 µg/L NH₄, fosfatos 31.98 µg/L PO₄ y los silicatos 3131 µg/L Si, registrando las concentraciones más altas en los ríos San Juan y Jella (Chocó), Dagua y Anchicayá (Valle del Cauca), Guapi y Timbiquí (Cauca) y Mira, Patía y Rosario (Nariño).

Las condiciones de las aguas costeras del Pacífico son estuarinas por los promedios de salinidad 15.98 y por las concentraciones fluctuantes de los nutrientes inorgánicos disueltos. (Tejada *et al.*, 2003). Las concentraciones de pH y oxígeno son excelentes para la conservación de flora y fauna, solo en las estaciones ubicadas en la bahía interna de Buenaventura han registrado valores de oxígeno disuelto por debajo de la norma, debido a la descargas continentales y aguas residuales de la ciudad. Las fuertes lluvias que se presentan en el segundo semestre del año aumentan el aporte de agua fluvial sobre la zona costera, lo cual conlleva al incremento de las concentraciones de sólidos suspendidos y al decaimiento de la salinidad con promedios de 36.89 mg/L y 19.38 respectivamente. Las concentraciones promedio de nitritos son 7.19 µg/L NO₂, nitratos 118.86 µg/L NO₃, amonio 7.19 µg/L NH₄, fosfatos 20,68 µg/L y silicatos 1042.51 µg/L Si, se observó que las concentraciones más altas de estos nutrientes para el período en estudio en las aguas costeras se encuentran en los esteros de Tribugá y Jurubidá (Chocó), las desembocaduras de los ríos Dagua, Raposo y Potedó (Valle del Cauca), Frente arío Guapi y las estaciones ubicadas en la Isla Gorgona (Cauca) y frente al río Mira y frente a los ríos de la Ensenada de Tumaco (Nariño). Es importante resaltar que los mayores aportantes de nitratos en las aguas costeras del Pacífico son los ríos que desembocan en la bahía de Buenaventura.

5.3 PRESENCIA DE CONTAMINANTES

5.3.1 Microorganismos de Origen Fecal

Los ríos que desembocan en la región Pacífica los mayores aportantes de indicadores de contaminación fecal por el vertimiento de aguas servidas y desechos orgánicos de las poblaciones ribereñas a lo largo de sus cuencas. Las estaciones que presentaron mayores concentraciones de Coliformes totales y termotolerantes en el periodo comprendido entre el segundo semestre de 2008 fueron Río Jella (Chocó), Bahía de Buenaventura BNV – 213, BNV – 217 y BNV – 239 y los ríos Dagua y Potedó (Valle del Cauca), los ríos Guapi, Saija y Timbiquí (Cauca) y el Río Mira (Nariño); mientras que en el primer semestre de 2009 fueron Bahía de Buenaventura BNV – 213, BNV – 217 y BNV – 239 y el río Potedó (Valle del Cauca), río Saija (Cauca), y los ríos Chagüi y Patía - Saquianga (Nariño), debido a la carencia de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas de las poblaciones a lo largo de sus cauces y finalmente son depositadas en la zona costera, afectando la actividad pesquera de tipo artesanal dirigida a moluscos (*Anadara tuberculosa*, *A. similis*, almejas, caracoles y ostras), crustáceos (cangrejos, jaibas, camarones) y pesca blanca (jurel, sábalo, lisa, corvina, pelada y lenguado).

En el primer semestre de 2009 el 68 % de los balnearios del Pacífico sobrepasaron los niveles de Coliformes termotolerantes para actividades de contacto primario con rangos entre 230 y 24000 NMP/100 ml, estos sitios están ubicados en Norte Horno Gorgona (Cauca), Mosquera y Salahonda (Nariño) y en el departamento del Valle del Cauca las playas ubicadas en la Bocana en la bahía de Buenaventura y en el Sector de Juanchaco y Ladrilleros, por la influencia de los ríos que desembocan en las cercanías de estas playas que traen consigo una elevada carga de microorganismos que generan riesgos en la salud pública y deterioro de los espacios recreativos (Edge y Hill, 2007) . Para este semestre no se monitoreo la zona costera del Chocó.

5.3.2 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 de productos del petróleo utilizados en embarcaciones y por derrames locales crónicos o accidentes en los puertos de combustibles y buques de cabotaje, además de las aguas servidas municipales.

A pesar del menor desarrollo de la Costa Pacífica en relación al 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 la desembocadura del río Guapí en Cauca (31.8 µg/L) y Tapaje (33.7) en Nariño obtenidos al inicio del proyecto (2001) debidos a las actividades antrópicas. Es probable que el desplazamiento de colonos y el auge de cultivos ilícitos, sea lo que ha llevado a que proliferen los expendios de combustibles a las orillas de los ríos y en la zona costera, para uso en 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 obedecen a condiciones puntuales, sin embargo han ocasionado un impacto históricamente crónico presentando una tendencia desde el 2003 de disminución en departamentos como Cauca y Chocó, a diferencia de Nariño y Valle del Cauca donde las concentraciones promedio a lo largo de los años no representan una tendencia clara, que se puede atribuir a la posible mayor actividad marítima y portuaria de estos departamentos, por tener para el caso del Valle del Cauca el más importante puerto sobre el pacífico (Buenaventura) y para Nariño la existencia del puerto petrolero (Tumaco).

El comportamiento temporal de HC en la costa pacífica, tiene similitud con el Caribe, con las concentraciones más altas en el 2001 (33.7 µg/L en Río Tapaje) departamento de Nariño y 31.8 µg/L en la cabecera del Río Guapí (Cauca) en los siguientes muestreos las mediciones han sido menores. En el 2002 un valor máximo de 4.83 µg/L en Río Nuquí (Chocó) y de 13.95 µg/L Frente Bahía Solano (Chocó) en el 2003, 5.87 µg/L en la estación Frente a Ríos Nariño en el 2004, para el 2005, 1.48 µg/L en Río Iscuande, el 2006 reportó el valor más alto en Playa Pasacaballos con 9.11 µg/L, en 2007 Río Raposo y su Bahía de Buenaventura estuvieron los registros más altos de 9.8 y 8.2 µg/L en el Río Raposo y su frente reportaron valores altos de HC 9.79 y 8.24 µg/L respectivamente, ya 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; 3.85 µg/L (200 Bahía de Buenaventura), para el primer semestre de 2009 los valores altos se encuentran en el Río San Juan 7.61 µg/L (Chocó), F. Dagua con un valor de 8.92 µg/L (Valle del Cauca), en Nariño se reportó un valor de 1.86 µg/L (P. Bocagrande).

Las zonas costeras más impactadas por HC corresponden a los municipios de Buenaventura (Valle del Cauca), Tumaco (Nariño) y Guapí (Cauca) por ser las áreas más pobladas, pequeñas localidades 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 de Valle del Cauca permanecen relativamente limpias en este aspecto.

El estudio de otras matrices ambientales, puso en evidencia el alto grado de contaminación por hidrocarburos petrogénicos en sectores como la Bahía interna de Tumaco (Betancourt-Portela *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 de 2.09 a 75.9 µg/g) de la zona que son utilizados para consumo local. Los resultados también señalan, como principal origen de los residuos de hidrocarburos en el sector El Pindo (Tumaco), a 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 realizados por el CCCP principalmente en el área de la Bahía de Buenaventura entre 1986 y 1993, reportaron valores en agua entre 0.31-1.53 $\mu\text{g/L}$ y concentraciones promedio en sedimentos y organismos (bivalvos) de 2.76 y 11.2 $\mu\text{g/g}$ (Casanova y Calero, 1997). En la desembocadura del río Anchicayá se presentaron concentraciones promedio de hidrocarburos aromáticos totales (HAT) en sedimentos de 79.6 $\mu\text{g/g}$ 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 Darién, que poseen alta actividad turística y agrícola; en segundo lugar, los vertimientos provenientes de las actividades marítimas y portuarias de buenaventura (Marrugo, 1993).

5.3.3 Residuos de Plaguicidas

En Colombia el DDT, BHC y lindano fueron prohibidos en 1978, el endrin en 1985 y el aldrin, hepatacloro, dieldrin y clordano se prohibieron en 1988. La Resolución 010255 de 1993, del 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. Pese a esto, estudios realizados por Páez 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).

Entre las principales fuentes de plaguicidas al medio se encuentran la actividad agrícola, aunque esta es incipiente en la llanura pacífica, Nariño es el único departamento donde existen cultivos tecnificados y expansivos de palma africana desde los años 30; adicionalmente, en la llanura pacífica hacen presencia los cultivos ilícitos, grandes consumidores de insumos químicos para el procesamiento del alcaloide. Las corrientes superficiales, la inmunización de la madera y las campañas de fumigación contra la malaria representan otra fuente importante de compuestos OC. Casanova y Calero (1997) reportaron para el Pacífico valores promedios de residuos de organoclorados en sedimentos y organismos de 12.4 y 94.5 ng/g respectivamente; valores considerados relativamente altos y comparables con los medidos en otras áreas costeras del país cercanas a regiones de alto desarrollo agrícola, como la CGSM en el Magdalena (Rango 0 – 89.0 en el Río Sevilla; INVEMAR, 2006) y la ciénaga de la Virgen en Bolívar (Rango: 0.079 - 59.5; Castro, 1998).

Desde el año 2001 los departamentos de Chocó y Nariño presentan valores promedio de organoclorados, en los cuales se registran en la actualidad, aumentos inesperados en las concentraciones registradas, posiblemente causados por el aporte de afluentes que transportan cargas considerables de OC al mar, como ocurre en los Ríos Valle, Nuquí, Quebrada Chocotalal y Estero Tribuga en el departamento del Chocó y Ríos Tapaje, Brazo Patía y Sala Honda Brazo Patía en el departamento de Nariño. Para el resto de departamentos se observa una ostensible reducción en la introducción de compuestos clorados al medio marino. 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 baja degradabilidad y por tanto alta persistencia.

Un seguimiento continuo de estos compuestos permitió identificar valores de OCT máximos, además de los que sobrepasan el valor de referencia (30 ng/L) Las concentraciones más altas se encontraron al inicio del proyecto y corresponden a 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 los ríos Valle y Quebrada Chocotalal, con valores de 35.9 y 26.4 ng/L respectivamente; en el primer muestreo 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), en el 2005 fue de 27.0 ng/L en el Río Nuqui (Chocó). Para el 2006 el valor máximo 2.0 ng/L se presentó en el departamento del Chocó y Cauca en los ríos Valle y Micay respectivamente; para el siguiente año la Quebrada Chocotalal en el Chocó reportó el valor máximo de

18.7 ng/L, en el 2008 las concentraciones máximas fueron de 19.91 ng/L en Sala Honda Brazo Patia en Nariño y 16.67 ng/L en Río Nuquí Chocó. Para el resto de los departamento los valores no superaron los 5 ng/L para estos compuestos clorados, concentraciones muy inferiores al valor de referencia 30 ng/L (Marin, 2002) y no representaron riesgo de contaminación. En la actualidad la concentración que supera el valor de referencia en varios ordenes de magnitud se hallo en el departamento del Chocó es el valor más alta encontrado en la Nación y se reporto en el Río San Juan (259.5 ng/L). En el Valle del cauca también se hallo una concentración que supera la de referencia 84.5 ng/L en la 003 Bahía de Buenaventura, sin embargo en términos generales estas concentraciones obedecen a descargas esporádicas y puntuales, igualmente su presencia y tendencia descendente en las concentraciones suponen que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aún se encuentran en el medio, debido a su baja capacidad de degradación.

La tendencia en las concentraciones de esta región al compararlas con las del Caribe es 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 mas frecuentes los residuos de isómeros del DDT (DDD y DDE), aldrin y endosulfan. Los departamentos de Chocó y Nariño son los que más aportan contaminantes de este tipo, incluso presentando los valores máximos históricos de todo el Pacífico para el DDT 26.3 ng/L en la estación Río Nuquí Chocó y 63.7 ng/L Boca Ensenada de Tumaco Nariño, igualmente para el (ALD) estas máximas concentraciones hasta la actualidad se encontraron en la Quebrada Chicolatal Chocó (23.7 ng/L) y en Sala Honda Brazo Patia Nariño (29.6 ng/L).

5.3.4 Metales pesados

Los 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). Es así como, para el Pacífico la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), conformada por Colombia, Ecuador, Perú y Chile, ha puesto de manifiesto este tema monitoreado varias regiones dentro del marco del Programa Coordinado de Investigación y Vigilancia de la Contaminación Marina en el Pacífico Sudeste (CONPACSE) y de otras actividades de vigilancia de la contaminación marina regional.

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 luego pasan 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 Pacífica (comparada con el 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 (Calero y Casanova, 1997). 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 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 de 2009 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 por debajo de los valores referenciados por normas internacionales como de riesgo (EPA, 2002; CONAMA, 1986). El departamento de Nariño, han registrado las mayores

concentraciones de plomo de la región. Otros departamentos costeros como Cauca y Choco donde existe un marcado desarrollo de actividades como la industria maderera, fuente importante para la economía, además de la existencia de explotación minera, que se constituyen en fuentes importante de contaminación; pese a ello, los niveles de riesgo que presentan los ecosistemas costeras de estos dos departamentos son bajos, reportándose así mismo concentraciones de metales por debajo de los valores referenciados como de riesgo. Las concentraciones de los elementos analizados en los departamentos de la región Pacífica, han mostrado una tendencia a disminuir a lo largo del monitoreo desde 2003 hasta el 2009.

5.3.5 Conclusiones

Las aguas costeras del Pacífico a pesar de recibir una carga importante de nutrientes a través de los ríos, presentan buenas condiciones para la protección vida acuática. El Valle del Cauca en sus estaciones ubicadas en la bahía interna de Buenaventura y los ríos que desembocan en ella registran concentraciones elevadas de nutrientes inorgánicos como producto del vertimiento de aguas servidas sin tratamiento y al lavado de los suelos de las zonas agrícolas, pero el cambio de marea favorece los procesos de dilución de los mismos.

Los ríos Jella y Nuquí (Chocó), Guapi, Saija y Timbiquí (Cauca), y Mira (Nariño) y las estaciones 213, 217 y 239 en la bahía interna de Buenaventura y el río Potedó (Valle del Cauca), a través del tiempo han aportado las mayores concentraciones de coliformes (CTT y CTE) debido a la descarga directa de aguas servidas y desechos orgánicos que realizan las poblaciones ribereñas.

Las playas del Pacífico para el primer muestreo de 2009, según los criterios de la OMS son aptas para las actividades de contacto primario como baño y recreación.

En referencia a los metales plomo, cadmio y cromo en la región del Pacífico Colombiano, se evidencia que durante el monitoreo las concentraciones de estos elementos se han mantenido por debajo de los valores referenciados por normas internacionales como de riesgo, además se observa una tendencia a disminuir su presencia en las aguas costeras de la región.

Chocó



Playa el Almejal

5.4 CHOCÓ

Las aguas marinas y costeras del departamento presentaron durante el segundo muestreo del 2008 y primero del 2009, criterios de calidad fisicoquímica óptimos, relacionados con el uso de preservación de flora y fauna, sin embargo se realizan aportes de nitritos, nitratos y fosfatos a la zona costeras por los ríos San Juan, Jella, Nuquí y la Quebrada Chocolatal, que deben ser vigilados. Los ríos aportan contaminantes de origen fecal a la zona costera, que alteran la calidad de las aguas en las playas y genera riesgo para la salud humana, principalmente en los balnearios Almejal, ESSO, Nuquí, Tribugá y Jurubidá. En el caso de los contaminantes, los resultados de hidrocarburos no revelan contaminación, conforme a los criterios establecidos por la UNESCO, al igual que tampoco se evidenciaron valores significativos de Cromo, Cadmio y Plomo de acuerdo con los criterios propuestos por la EPA y CONAMA. En el caso de los compuestos plaguicidas organoclorados, se detecto en el primer semestre del 2009 el valor más alto obtenido históricamente, con una concentración de 259.5 ng/L en el río San Juan.

5.4.1 Área de estudio

El Departamento del Chocó está situado al occidente del país, en la región Pacífica chochoana, entre los 04° 05' y 08°40' de latitud norte y los 75° 50' y 77° 55' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 46.530 km² que tiene clima cálido en un 92%, templado en 6.4% y el resto entre frío y muy frío (IGAC, 2008). Los principales ríos son Atrato, San Juan, Baudó y Sipí. Sin embargo existen otros con influencia sobre la zona costera, entre los que se puede mencionar el río Nuquí, quebrada Chocolatal y el río Valle. Actualmente las estaciones de muestreo comprenden la extensión central del departamento en el Pacífico, entre la población de Bahía Solano hasta el río Nuquí (Figura 5.4-1).

5.4.2 Variables fisicoquímicas

Los ríos que desembocan en la zona costera del departamento históricamente han presentado valores de oxígeno disuelto y pH dentro del límite de calidad permisible para la destinación del recurso para conservación de flora y fauna según la legislación colombiana. En el último período, los valores estuvieron por encima de 4 mg/L (entre 4.5 – 9.0 respectivamente; MinSalud, 1984). La temperatura promedio es de 25.8 °C y la salinidad ha oscilado entre 0 – 9.1 debido a la influencia de las mareas fuertes que se presentan en el pacífico (Castro *et al.*, 2001; Garay *et al.*, 2006; Troncoso *et al.*, 2007). Los sólidos suspendidos totales (SST), han estado en el rango de 2 – 643.3 mg/L, presentando los valores más altos en el segundo muestreo que coincide con el período más alto de lluvias (FEN, 1993; IDEAM, 2001), por el aumento del caudal de los ríos que conlleva a un incremento en la carga de sólidos en suspensión, debido al arrastre de suelos y a la resuspensión de sedimentos en el lecho de los ríos (Martínez, *et al.*, 2001). En los tributarios se observa que las concentraciones de nitritos fluctuaron entre 0.86 – 111.2 µg/L NO₂, las de nitratos entre 5.8 – 592.0 µg/L NO₃, el amonio entre 2.3 - 489.4 µg/L NH₄, los fosfatos entre 3.2 – 229.8 µg/L PO₄³⁻ y el silicio entre 79.33 - 15317 µg/L Si, registrando las concentraciones más altas de estos nutrientes en las estaciones ubicadas en los ríos San Juan, Jella y Nuquí y la quebrada Chocolatal. Para el segundo semestre de 2008 las concentraciones más elevadas de estos nutrientes se encontraron en los ríos Jella (1.4 µg/L NO₂ – 71.3 µg/L NO₃ – 41.73 µg/L NH₄ – 19.5 µg/L PO₄³⁻ - 7495.4 µg/L Si) y Nuquí (1.4 µg/L NO₂ – 47.7 µg/L NO₃ – 7.8 µg/L NH₄ – 33.4 µg/L PO₄³⁻ - 6908.7 µg/L Si) y en la quebrada Chocolatal (2.06 µg/L NO₂ – 35.2 µg/L NO₃ – 116.4 µg/L NH₄ – 17.1 µg/L PO₄³⁻ - 8579.9 µg/L Si), las altas concentraciones de nutrientes pueden ser causadas por al lavado de suelos, arrastre de nutrientes de las plantaciones agrícolas y al vertimiento de las aguas servidas de las poblaciones ribereñas.



Figura 5.4-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento del Chocó.

Las condiciones de las aguas costeras del Chocó son estuarinas por los promedios de salinidad 15.98 y por las concentraciones fluctuantes de los nutrientes inorgánicos disueltos. (Tejada *et al.*, 2003). Estas aguas históricamente han presentado valores de oxígeno disuelto y pH dentro del límite de calidad permisible para la destinación del recurso para conservación de flora y fauna según la legislación colombiana, al presentar valores por encima de 4 mg/L y 6.5 – 8.5 respectivamente (MinSalud, 1984). La temperatura promedio es de 27.6 °C que es igual a los promedios de la NOAA para la cuenca del Pacífico colombiano que presentan sus mínimos de temperatura de 26 a 27.5 °C, de febrero a marzo y de septiembre a octubre (CCCP, 2001). La salinidad en estas aguas oscila entre 0 – 33.3 encontrando los valores mas bajos en el segundo muestreo, mientras que la concentración de SST estuvieron en el rango de 3.6 – 57.5 mg/L presentando los valores mas altos para este mismo periodo que coincide con las precipitaciones más elevadas para el Pacífico (FEN, 1993; IDEAM, 2001) debido a la influencia de los ríos que desembocan en la zona costera. Las concentraciones promedio de nitritos son 2.85 µg.NO₂/L, nitratos 42.31 µg/L NO₃, amonio 20.64 µg/L NH₄, fosfatos 20 µg/L y silicatos 3279.6 µg/L Si, se observó que las concentraciones más altas de estos nutrientes para el segundo semestre de 2008, en los esteros de Tribugá (2.01 µg/L NO₂– 28.58 µg/L NO₃– 29.53 µg/L NH₄– 10.89µg/L PO₄³⁻ - 4645 µg/L Si), Jurubidá (1.79 µg/L NO₂– 57.17 µg/L NO₃– 8.8 µg/L NH₄- 22.46µg/L PO₄³⁻ - 5347 µg/L Si) y frente al río Nuquí (1.79 µg/L NO₂– 43.88 µg/L NO₃– 7.27 µg/L NH₄- 33.73 µg/L PO₄³⁻ - 5650 µg/L Si). La influencia del río Nuquí y otras quebradas que lavan los suelos arrastrando estos nutrientes, se traduce en las concentraciones de nitrógeno que aumentan debido a la remineralización de la materia orgánica que por procesos físico-químicos, que libera amonio por la degradación del sedimento y luego es oxidado a nitrato (Martínez *et al.*, 2001); las concentraciones de silicio son producidas por la erosión de las rocas en tierra y luego transportadas a esta agua por los ríos o por el viento, siendo este elemento necesario para la formación de los esqueletos de las diatomeas y radiolarios (Riley y Chester, 1983). Los valores de

nutrientes no superan los límites permisibles de la región de Asia ($55 \mu\text{g/L NO}_2 - 60 \mu\text{g/L NO}_3 - 70 \mu\text{g/L NH}_4 - 45 \mu\text{g/L PO}_4^{3-}$).

5.4.3 Contaminación Microbiológica

El análisis microbiológico de este departamento en el ámbito de indicadores de contaminación fecal comprende desde el primer semestre de 2002 hasta el segundo semestre de 2008, siendo los ríos que desembocan en la zona costera los que realizan los mayores aportes de Coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE), con promedios de 46656 NMP/100 ml y 24752 NMP/100 ml respectivamente. Las mayores concentraciones de estos patógenos se presentan durante el primer monitoreo que se realiza entre marzo y abril el cual coincide con el primer periodo lluvioso (FEN, 1993; IDEAM, 2001), probablemente porque los microorganismos son acumulados en los sedimentos y arrastrados a las cuencas de los ríos (Noble *et al.*, 2003). Durante el segundo semestre de 2008 solo el río Jella con 13000 NMP/100 ml de CTT, sobrepaso el límite establecido en la normatividad colombiana para aguas destinadas a actividades de contacto secundario (MinSalud, 1984) y es producto de las descargas de aguas servidas del municipio de Bahía Solano (Figura 5.4-2).

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. Durante el segundo semestre del año 2008 las playas Almejal, ESSO, Nuquí, Tribugá y Jurubidá, 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, Valle y Jella que aportan concentraciones elevadas de estos microorganismos.

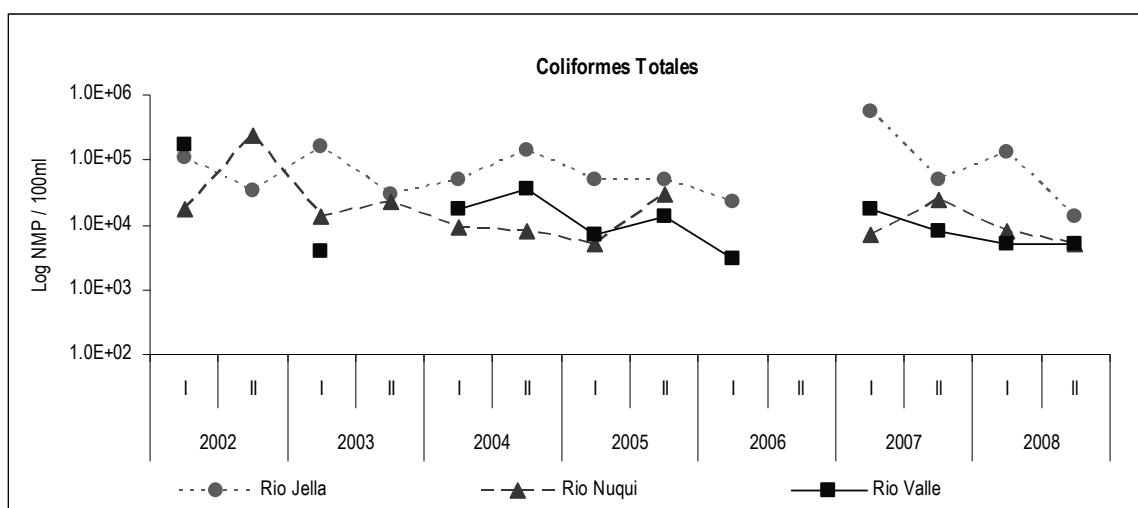


Figura 5.4-2 Tendencia de los Coliformes totales en el primer (I) y segundo (II) semestre durante los años 2002-2008 en los principales ríos del departamento del Chocó.

5.4.4 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados.

Hidrocarburos

Durante el 2001 hasta el 2009, las concentraciones promedio para el departamento del choco, revelan un comportamiento alto en la época seca al inicio y final de estos años, con valores de 4.01 y $3.94 \mu\text{g/L}$ respectivamente, luego en los años 2002, 2003, 2005, 2006 y 2007 los valores promedio son más altos

en la época húmeda, sin observarse una tendencia clara de estas sustancias históricamente (Figura 5.4-3).

Las mayores concentraciones se presentaron en la estación Bahía Solano para el año 2001 de 13.88 µg/L y para el 2003 de 13.95 µg/L ambas superan el valor máximo permisible para aguas marinas y costeras no contaminadas de 10 µg/L (UNESCO, 1984; Atwood *et al.*, 1988). Estos valores mayores de concentración se deban posiblemente a que en sectores cercanos a la estación Bahía Solano, se tiene la mayor actividad de transporte marítimo. Es importante mencionar que los sitios donde aún se reportan los valores más altos, corresponden a ríos que cruzan poblaciones importantes, ya que la principal forma de comunicación en esta región es por vía acuática, donde las actividades relacionadas con esta actividad, como las reparaciones de embarcaciones y la venta de combustible se hacen sobre los tributarios, con escaso control. La presencia de estos contaminantes en las aguas del departamento se encuentra en descenso, sin embargo para la temporada seca del 2009 el valor máximo llega a 7.61 µg/L (Río San Juan) corroborando lo dicho antes.

Los resultados de los monitoreos han permitido identificar que los sitios con mayor afectación por HDD corresponden a: Frente Bahía Solano, por recibir la influencia de *Bahía Solano (ESSO)*, y estar cerca a una estación de combustibles y un atracadero de buques. Igualmente las estaciones de los ríos también se afectan por vertidos directos de las poblaciones en sus orillas y por ser la vía de transporte de motonaves y lanchas.

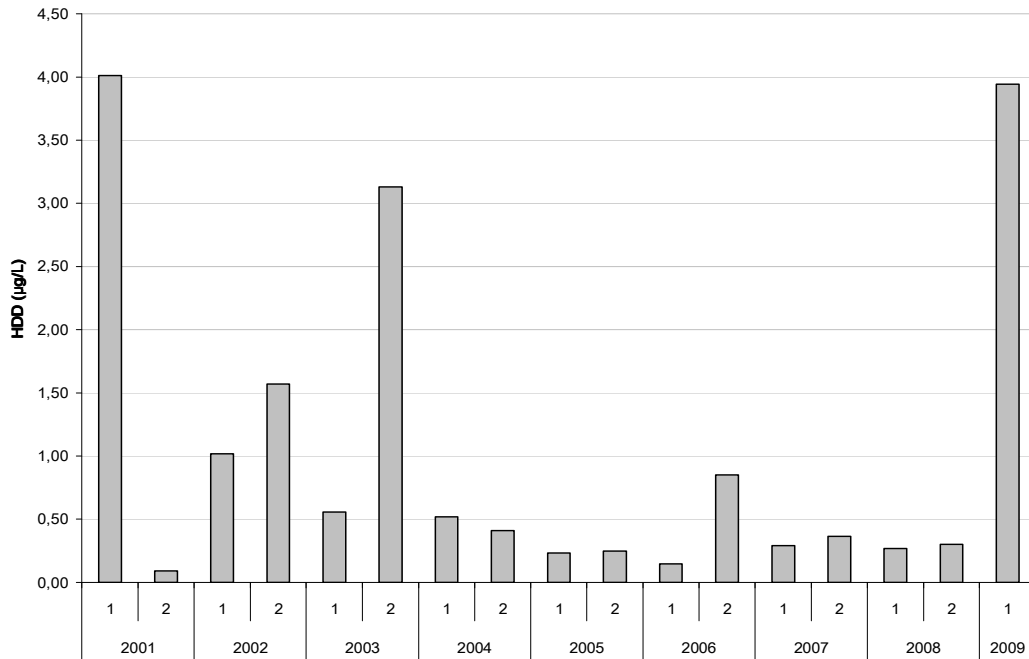


Figura 5.4-3 Comportamiento histórico de la concentración promedio de HDD en el Departamento del Chocó.

Plaguicidas organoclorados

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 hasta la actualidad.

El monitoreo de REDCAM se inició en el 2002 en el sector norte del departamento y continua realizándose a la fecha, obteniéndose un valor alarmante en la única estación monitoreada (Río San Juan) de 259.5 ng/L (Figura 5.4-4), confirmando principalmente con este valor, el hecho de que la población costera del Chocó es poca y además sin una vocación agrícola histórica, que la introducción de estos insumos al medio es originada por otras actividades diferentes a la agricultura y es en forma puntual al transcurso del tiempo.

Las concentraciones promedio han presentado valores significativos en la segunda época climática del año (Figura 5.4-4) y es exactamente en los ríos donde se aprecian aportes altos de concentraciones de OCT al mar, generados por escorrentías, otras actividades además de la agricultura, como en la inmunización de la madera o su uso en cultivos ilícitos. Al relacionar lo anterior con cada año, se aprecia para el 2002, las concentraciones de OCT se hallan dentro de las más altas para las costas Colombianas en los ríos Valle (35.8 ng/L) y Estero Tribugá (23.2 ng/L), para el segundo muestreo en la quebrada Chocolatal (26.4 ng/L), en el 2003 se registran también valores altos en desembocaduras como Tribugá (20.6 ng/L) y Jurubidá (18.5 ng/L), el tributario que mas carga de residuos reportó durante el 2004 fue el Río Valle con un valor de 17.3 ng/L, continuando estos valores máximos en el Río Nuquí para el 2005 (27.0 ng/L), 2007 en la Quebrada Chocolatal (18.7 ng/L), el Río Nuquí en el 2008 registro un valor de 16.67 ng/L y finalmente en el 2009 en el Río San Juan se encontró 259.5 ng/L, con la mayor proporción residuos organoclorados correspondientes a metabolitos del DDT: DDD y DDE.

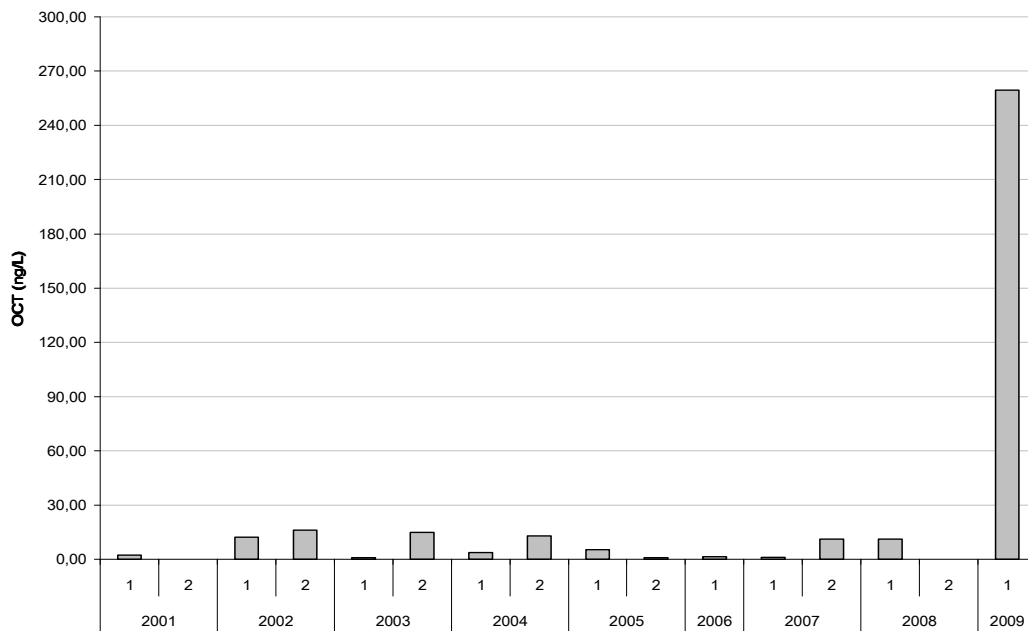


Figura 5.4-4 Comportamiento histórico de la concentración promedio de plaguicidas organoclorados (OC) en el Departamento del Chocó.

Los resultados anteriores muestran a los ríos como las mayores fuentes de contaminación por OC, siendo el Río Valle el afluente que mas carga de OC transporta al mar y puntualmente el Río San Juan en la actualidad; es así como estos ríos pueden estar drenando compuestos que fueron aplicados anteriormente y que aun permanecen en el medio (principalmente metabolitos del DDT), Además en la industria maderera desarrollada a lo largo de la llanura pacífica, se emplean plaguicidas en concentraciones elevadas como agente de inmunización de la madera, para protegerla de los insectos y la humedad. Por lo cual, no se descarta que se hayan utilizado grandes cantidades de DDT en década pasada. Igualmente, están las campañas de fumigación para la prevención de la malaria.

5.4.5 Metales pesados

Los estudios sobre presencia e impacto de metales pesados en el departamento del Chocó son limitados. No obstante, los resultados obtenidos a partir del proyecto REDCAM constituyen el primer acercamiento del comportamiento de este tipo de contaminantes en aguas para este departamento. El monitoreo de REDCAM se inició en el 2001, entre las variables incluyen 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.

En general la concentración de los elementos analizados tienden a disminuir através del tiempo del monitoreo (2001 a 2009) y la frecuencia de determinación sobre los niveles detectables de la técnica analítica aplicada. El Cadmio (Cd) en general las concentraciones registradas en aguas del departamento del Choco se encuentran en niveles relativamente bajos en el rango de 0.010 a 6.00 µg/L, los cuales están muy por debajo de valores referenciados como de riesgo según la EPA (2002) como criterio de concentración continua de 8.8 µg/L y 10 µg/L en CONAMA (1986). En el caso del Cromo (Cr) el rango de concentración durante el monitoreo REDCAM ha estado entre 0.03 y 6.59 µg/L, siendo valores muy por debajo de los registrados como concentraciones de riesgo por la EPA (2002) y CONAMA (1986) de 50 µg/L. Para el Plomo (Pb) los valores registrados de concentración de este elemento en aguas del departamento del Chocó ha estado en el rango de 0.35 a 54.68 µg/L, registrándose las mayores concentraciones en se han registrado en el sector Chocó norte - límite con Panamá hasta Cabo Corrientes, en general las concentraciones registradas se encuentran por debajo de los límites establecidos internacionalmente como de riesgo por CONAMA (1986) de 500 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.

5.4.6 Conclusiones

Los ríos San Juan, Jella y Nuquí y la quebrada Chocolatal son las principales fuentes de iones inorgánicos a la zona costera, debido a la descargas de aguas servidas, erosión de la cuenca y al lavado de suelos de los cultivos agrícolas. Los ríos también son fuente importante de contaminación microbiológica para la franja costera del departamento, por los registros elevados de microorganismos indicadores de contaminación fecal.

Las playas Esso, Almejal, Nuquí, Tribugá y Jurubidá para el segundo semestre del 2008 no eran aptas para la práctica de actividades de contacto primario según la legislación colombiana. Sin embargo, todas las playas del departamento según los criterios de la OMS son aptas para las actividades de contacto primario, para la temporada del primer semestre del 2009.

Sobre los ríos se presenta mayor afectación por contaminación con hidrocarburos sobretodo los que están directamente influidos por la población de Bahía Solano, causado por la actividad de lanchas y embarcaciones pesqueras; adicionalmente algunos sectores puntuales localizados en las poblaciones costeras (Bahía Solano y Nuqui), presentan un riesgo de contaminación por hidrocarburos por la venta de combustibles en las orillas de los cuerpos de agua. Actualmente, los niveles de HDD están por debajo del valor de referencia (10 µg/L) pero se evidencia que las estaciones de monitoreo, donde aún se reportan los valores más altos corresponden a ríos que cruzan poblaciones importantes. Todos los ríos desembocan al océano Pacífico, donde finalmente llegan esas sustancias.

En la actualidad concentraciones de OC se siguen detectando como las mas altas, al comparar con los demás departamentos del país, principalmente residuos de DDT y sus metabolitos que son persistentes, evidenciando la utilización de agroquímicos y el uso de plaguicidas en actividades diferentes a la agricultura, dado su incipiente desarrollo de horticultura.

En general los valores registrados de las concentraciones de Cd, Pb y Cr durante el monitoreo de REDCAM, mostraron 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 a partir del año 2007, influido especialmente por las estaciones ubicadas en el sector Norte del departamento.

Valle del Cauca



Juanchaco - Isla Palma

5.5.2 Variables fisicoquímicas

Los ríos que desembocan en la zona costera del departamento históricamente han presentado valores de oxígeno disuelto y pH dentro del límite de calidad permisible para la destinación del recurso para conservación de flora y fauna según la legislación colombiana, al presentar valores por encima de 4 mg/L y entre 4.5 – 9.0 respectivamente (MinSalud, 1984). La temperatura promedio es de 25.7 °C y la salinidad ha oscilado entre 0 – 3.1, al estar fuertemente influenciada por la acción de las mareas, cuyo rango de variación en la Costa Pacífica Colombiana es de aproximadamente 3.7 m (Prahl *et al.*, 1990; Garay *et al.*, 2006; Troncoso *et al.*, 2007). Los sólidos suspendidos totales (SST), han estado en el rango de 4.7– 94.3 mg/L, registrando en el segundo semestre valores elevados por el aumento en sus caudales lo que conlleva a un arrastre y resuspensión de sedimentos, debido a la influencia de las precipitaciones fuertes de este periodo (FEN, 1993; IDEAM, 2001 Martínez *et al.*, 2001), En los tributarios se observa que las concentraciones de nitritos fluctuaron entre 0.86 – 503 µg.NO₂/L, las de nitratos entre 62 – 542.0 µg. /L NO₃ y los fosfatos (PO₄³⁻) entre 1.3 – 113.5 µg/L PO₄³⁻, en los ríos Anchicayá, Raposo y Dagua, se registran las concentraciones más elevadas de estos nutrientes. Para el primer semestre de 2009 las concentraciones más elevadas de estos nutrientes se encontraron en los ríos Dagua (503 µg/L NO₂ – 118 µg/L NO₃– 8.3 µg/L PO₄³⁻) y Anchicayá (7.03 µg/L NO₂ – 120 µg/L NO₃ – 9.1 µg/L PO₄³⁻), como consecuencia de los vertimientos de aguas servidas y al lavado de los suelos de los cultivos agrícolas a lo largo de sus cuencas.

En el Valle del Cauca las aguas costeras históricamente han presentado valores de oxígeno disuelto y pH dentro del límite de calidad permisible para la destinación del recurso para conservación de flora y fauna según la legislación colombiana al presentar valores por encima de 4 mg/L y 6.5 – 8.5 respectivamente; las estaciones BNV 213 y BNV 217 ubicadas en el interior de la bahía de Buenaventura han registrado valores por debajo de la norma, esta es una condición frecuente por ser la zona donde convergen varias descargas continentales y aguas residuales de la ciudad, con aporte de materia orgánica (MinSalud, 1984). La temperatura promedio es de 28.04 °C y la salinidad en estas aguas oscila entre 0 – 26.6 encontrando los valores mas bajos en el segundo monitoreo, mientras que la concentración de SST estuvieron en el rango de 3.5 – 444 mg/L presentando los valores mas altos entre los meses de agosto y noviembre donde se registran las mayores precipitaciones para el Pacífico aumentando el aporte de agua dulce de los tributarios que desembocan en la zona costera (FEN, 1993; IDEAM, 2001). Las concentraciones promedio de nitritos son 19.98 µg.NO₂/L, nitratos 640.86 µg.NO₃/L, y fosfatos 49.08 µg/L, para el primer semestre de 2009 las concentraciones más altas de estos nutrientes, se presentaron en las bocas de los ríos Dagua (10 µg/L NO₂ – 400 µg/L NO₃ – 64 µg/L PO₄³⁻), Raposo (6.1 µg/L NO₂ – 400 µg/L NO₃ – 64 µg/L PO₄³⁻) y Potedó (5.1 µg/L NO₂ – 400 µg/L NO₃ – 64 µg/L PO₄³⁻), estos registros son causados por el arrastre de nutrientes a lo largo de las cuencas de estos tributarios y la degradación de la materia orgánica, los efluentes domésticos los cuales poseen altas concentraciones de detergentes fosforados (Martínez *et al.*, 2001).

5.5.3 Contaminación Microbiológica

El análisis microbiológico de este departamento en el ámbito de indicadores de contaminación fecal comprende desde el primer semestre de 1999 hasta el primer semestre de 2009, siendo los ríos que desembocan en la zona costera los que realizan los mayores aportes de Coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE), con promedios de 16920 NMP/100 ml y 2695 NMP/100 ml respectivamente (Figura 0-2). Las mayores concentraciones de estos patógenos se presentan durante el segundo semestre del año el cual coincide con el periodo más alto de lluvias (FEN, 1993; IDEAM, 2001), debido a que las cargas de coliformes que están presentes en las aguas servidas, escorrentías y los suelos, llegan a estos ríos incrementando su concentración (WHO, 1999; Noble *et al.*, 2003). Durante el segundo semestre de 2008 los ríos que aportan mayor concentración de CTT son el Raposo con 13000 NMP/100 ml, Dagua con 110000 NMP/100 ml, Potedó y Anchicayá con 24000 NMP/100 ml, mientras que para el primer semestre de 2009 los valores más elevados se presentaron en los ríos San Juan con 6000 NMP/100 ml, Dagua con 7500 NMP/100 ml, Raposo y Potedó con 15000 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, como la pesca (MinSalud, 1984).

Las concentraciones históricas de Coliformes totales medidas en las aguas superficiales de la Bahía de Buenaventura, estuvieron entre 450 – 35'000000 NMP/100 ml. El valores más altos de CTT para el segundo semestre de 2008 y primero de 2009 se encontraron en las estaciones BNV 190, BNV 191, BNV 200, BNV 206, BNV 211, BNV 213, BNV 217, BNV 227, BNV 232 y BNV 239 con rangos entre 6000 – 750000 NMP/100 ml, estas se encuentran ubicadas en la parte interna de la bahía y sobrepasaron el límite permisible para aguas de contacto secundario, estos valores son consecuencia de los diferentes fuentes de contaminación que afectan esta zona, como la actividad portuaria, el muelle petrolero, la actividad pesquera y maderera, así como los residuos que genera la población del casco urbano, especialmente desperdicios orgánicos y aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento del municipio de Buenaventura. Las altas concentraciones de CTT pueden incidir en la calidad de los productos hidrobiológicos como peces, camarones, cangrejos y pianguas.

Históricamente, en el departamento se han monitoreado 10 balnearios costeros, encontrando la mayor afectación microbiológica en las playas Diagonal al hotel Palm View, Frente al hotel Medellín, Frente a cabañas Carvajal y Frente al muelle Bocana, las cuales cada año sobrepasan los niveles permisibles de Coliformes termotolerantes (CTE) para aguas recreativas en Colombia. Para el año de estudio todas las playas del departamento sobrepasaron los niveles de CTE establecidos para aguas de contacto primario de acuerdo a la legislación colombiana (MinSalud, 1984), debido a la influencia del municipio de Buenaventura y los poblados de la Bocana, Juanchaco y Ladrilleros. De acuerdo a los criterios establecidos por la OMS todas las playas exceptuando Diagonal al hotel Palm View para el primer semestre de 2009 del departamento son aptas para actividades de natación y practica de deportes náuticos.

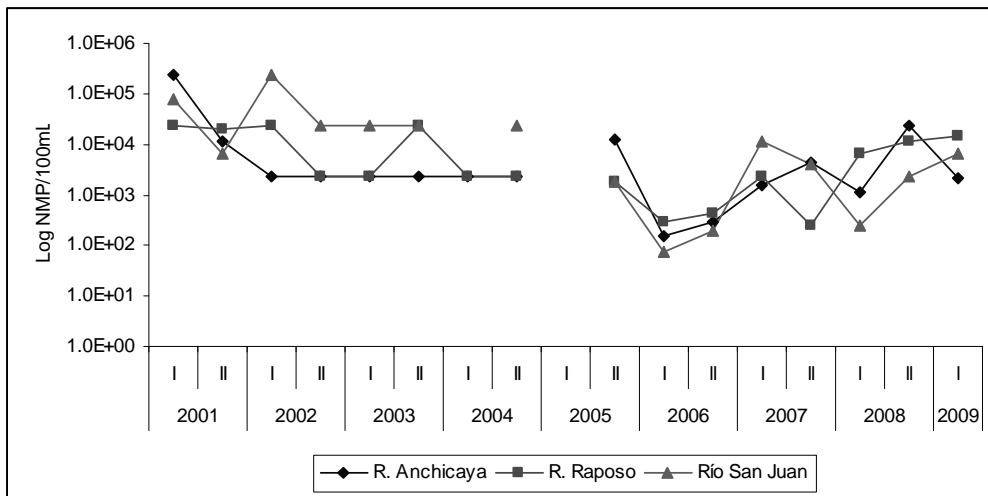


Figura 0-2 Tendencia de los Coliformes totales en el primer (I) y segundo (II) muestreos, durante los años 2002-2009 en los principales ríos del departamento del Valle del Cauca.

5.5.4 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 antiguos de tránsito internacional que no disponen de equipos MARPOL abordo (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 (HAT) en sedimentos, comparables con las del Golfo de Omán en Arabia y las costas norteamericanas altamente contaminados por aromáticos. Se puede considerar la zona del Muelle Petrolero como crítica por el nivel de contaminación petrogénica y por su presencia crónica (Marrugo, 1990). Los estudios desarrollados por el CCCP principalmente en el área de la Bahía de Buenaventura entre 1986 y 1993, reportaron valores en aguas entre 0.31 – 1.53 µg/L, y concentraciones promedio de sedimentos y organismos (bivalvos) de 2.76 y 11.20 µg/g respectivamente (Casanova y Calero, 1997). En la desembocadura del río Anchicayá se presentaron concentraciones promedio de HAT en sedimentos, de 79,6 µg/g consideradas “altas”. Las posibles fuentes de contaminación en esta área son por los aportes del Río Anchicayá que en su recorrido recibe los vertimientos de municipios como Darién, que posee alta actividad turística y agrícola y en segundo lugar, los vertimientos provenientes de las actividades marítimas y portuarias de Buenaventura (Marrugo, 1993).

Actualmente la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) tiene establecida una grilla de muestreo para el monitoreo de estas sustancias contaminantes y de algunos parámetros fisicoquímicos. Una sinopsis de los valores promedio hallados desde el 2004 al 2009 (Figura 0-3) se mantienen bajos en cuanto a presencia de estos contaminantes, los resultados del análisis de HDD se encuentran en un rango medio de 0.22 a 2.60 µg/L muy inferior al valor de 10 µg/L establecido como referencia para aguas marinas y costeras no contaminadas (Atwood *et al.*, 1988; UNESCO, 1984). Estos resultados nos permiten inferir que la introducción de residuos oleosos se ha mantenido en el tiempo con una tendencia a disminuir desde el 2004 a la actualidad, siendo principalmente los ríos que desembocan en la zona costera la fuente de entrada de hidrocarburos a las desembocaduras de estaciones de muestreo como Potedo, Frente Anchicayá y Frente al Raposo, observándose que hay introducción permanente sin importa la época climática.

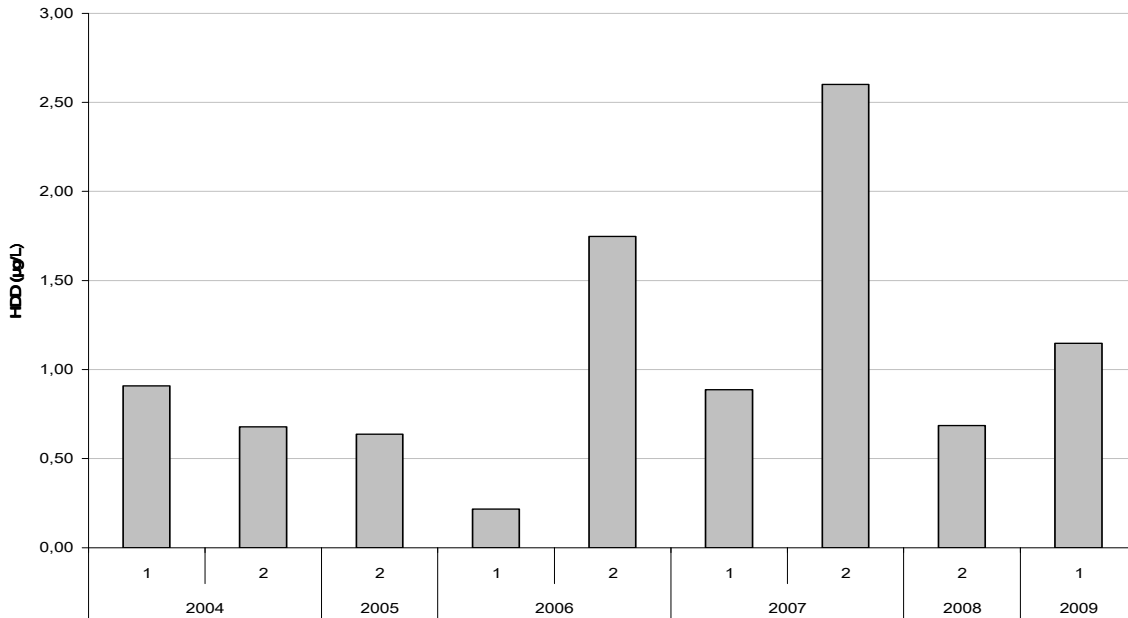


Figura 0-3 Comportamiento histórico de la concentración promedio de HDD en el Departamento del Valle del Cauca.

Las concentraciones variables de hidrocarburos en la bahía de Buenaventura pueden estar más relacionadas con la intensidad de las actividades portuarias y de transporte marítimo que fluctúan con la época. Sin embargo 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 al material sedimentario (INVEMAR, 2007), señalando la importancia de extender en un futuro el análisis de hidrocarburos a otras matrices ambientales.

En el sector sur de la región, los ecosistemas parecen estar menos impactados, pues la mayoría de la población está concentrada hacia el norte del Valle del Cauca. Aquí la contaminación por hidrocarburos puede provenir de las motonaves y buques de cabotaje en tránsito hacia o fuera del puerto de Buenaventura y con dirección a los departamentos de Cauca o Nariño.

Plaguicidas organoclorados

No se tienen registros históricos de concentración para residuos de plaguicidas organoclorados (OC) en estudios 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 (CCCP).

Los estudios realizados por el CCCP mostraron altas concentraciones de compuestos organoclorados 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, en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) en el Magdalena y la ciénaga de Tesca en el departamento de Bolívar. Lo anterior, puede indicar que en aguas las concentraciones también pudieron estar altas o recurrentes en el tiempo.

Como las actividades agrícolas son incipientes en la zona y limitada a pequeños cultivos de pancoger, se cree que la entrada de OC al medio corresponde a otras actividades además de la agricultura como el proceso de colonización de zonas vírgenes en el departamento, las actividades relacionadas con la silvicultura (aserríos y talas de bosque) y las campañas de fumigación contra la malaria, pueden ser fuentes de estos compuestos hacia el medio marino, de modo similar a lo discutido para el departamento de Chocó.

Entre el 2005 y 2006 durante el desarrollo del proyecto BIOMALAGA se monitoreo una grilla de 10 estaciones en la Bahía de Buenaventura. Los contenidos de plaguicidas organoclorados variaron entre 0.03 y 0.7 ng/L. Estas trazas halladas son inferiores al valor 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.

En el primer monitoreo de 2009 por medio del proyecto REDCAM se detecto una concentración por encima del valor de referencia de 30 ng/L en la estación 003 Bahía de Buenaventura con un valor de 84.5 ng/L, presentándose igualmente valores altos en otros puntos de la Bahía como 200 Bahía de Buenaventura (21.0 ng/L) y 211 Bahía de Buenaventura (19.8 ng/L). Un valor representativo se halló en el Río Raposo 13.0 ng/L (Figura 0-4).

En la actualidad los suelos pueden estar drenando sustancias que fueron aplicadas para el control de vectores y se encuentran en el terreno por el grado de fijación (Rajendran *et al.*, 2005). En la Bahía de Buenaventura la presencia de OC puede corresponder al escurrimiento de agroquímicos a través de los ríos Dagua y Anchicayá que recorren zonas agrícolas de los municipios de Dagua y Darién, localizados en las estribaciones de la Cordillera Occidental.

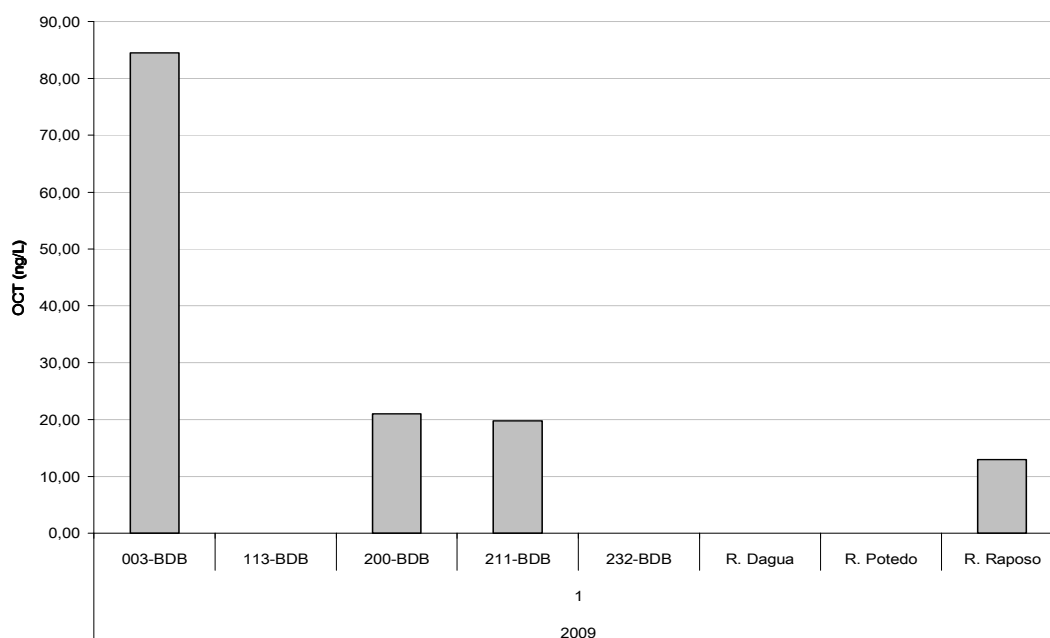


Figura 0-4 Comportamiento de la concentración de plaguicidas organoclorados (OC) medido en el muestreo de mayo de 2009 en el Valle del Cauca.

5.5.5 Conclusiones

Los mayores aportes de nitritos, nitratos y fosfatos a las aguas costeras son realizados por los ríos que desembocan en la bahía de Buenaventura. Los ríos Dagua, Potedó y Raposo presentan concentraciones elevadas de nitratos y fosfatos en sus desembocaduras, lo que pone en riesgo la calidad de las aguas para el desarrollo de las especies hidrobiológicas. Se han registrados valores de oxígeno disuelto por debajo de la legislación colombiana en las estaciones internas de la bahía de Buenaventura.

La Bahía interna de Buenaventura, es la que recibe toda la influencia por la presencia de Coliformes totales y termotolerantes, esto es consecuencia de los diferentes ríos que desembocan en este sector y por las descargas de aguas servidas, desechos orgánicos, actividad portuaria, pesquera y maderera que se desarrolla en el municipio de Buenaventura. Las playas del departamento ubicadas en la Bocana y el sector Juanchaco – Ladrilleros no eran aptas para actividades de contacto primario como la natación y los deportes náuticos según la legislación colombiana para el año en estudio, hasta donde llega la influencia de los vertimientos de aguas residuales.

El impacto por hidrocarburos históricamente ha sido crónico, su presencia es el resultado del inadecuado manejo de combustibles utilizados en las embarcaciones, provocando concentraciones que no superan el valor de referencia de 10 $\mu\text{g/L}$; pese a 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 se mantienen bajas, lo que pudiera traer efectos crónicos en el futuro.

Los valores de plaguicidas organoclorados son inferiores en su mayoría al valor adoptado como referencia de 30 ng/L para aguas contaminadas, sin embargo se destaca el sector de la Bahía de Buenaventura como el principal sumidero de estos insumos agroquímicos a través de los ríos Dagua y Anchicayá que recorren los municipios agrícolas de Dagua y Darién que desembocan en esta zona costera.

Cauca



Playa Palmera - Gorgona

5.6 CAUCA

Las aguas marinas y costeras del Cauca, tienen la influencia de las aguas continentales que pueden cambiar sus condiciones por todas las sustancias que transportan como sólidos en suspensión, nutrientes inorgánicos, materia orgánica, etc. La influencia en algunas temporadas es tan alta que llegan hasta la isla Gorgona, ubicada a unos 40 Km de la costa, pero sus concentraciones se diluyen con rapidez por efectos de los cambios de mareas. Las actividades de contacto primario y secundario, no presentaron riesgo ya que los valores medidos no sobrepasan los valores de la norma colombiana; la excepción fue la ubicada frente al planchón emisario. La presencia de hidrocarburos (HDD), es supuesta por las actividades de pesca y transporte en la región, pero los registros obtenidos no sobrepasan el valor de la norma internacional. Los plaguicidas han presentado una tendencia histórica disminuir sus concentraciones, por lo que se infiere que en esta zona costera, el riesgo de contaminación por estas sustancias es bajo. Los metales pesados no representan una amenaza de contaminación, pues las concentraciones medidas se han mantenido por debajo de los límites de normas internacionales.

5.6.1 Área de estudio

El Departamento del Cauca está situado en el sur-occidente del país, en la región de la llanura costera del Pacífico, entre los 01° 00' y 03° 22' de latitud norte y los 75° 52' y 78° 00' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 29.308 km² ubicados en los pisos térmicos templado (33.4%), cálido (27.9%), frío (24.4%), frío (24.4%) y lo restante entre muy frío a extremadamente frío (14.5%). Entre los principales ríos que llegan a la zona costera están el Guapi, Naya, Timbiquí, Micay y Bubuey. Las estaciones de muestreo comprenden toda la extensión costera, desde la desembocadura del río Micay hasta los límites con el departamento de Nariño, incluyendo la isla de Gorgona (Figura 5.6-1).

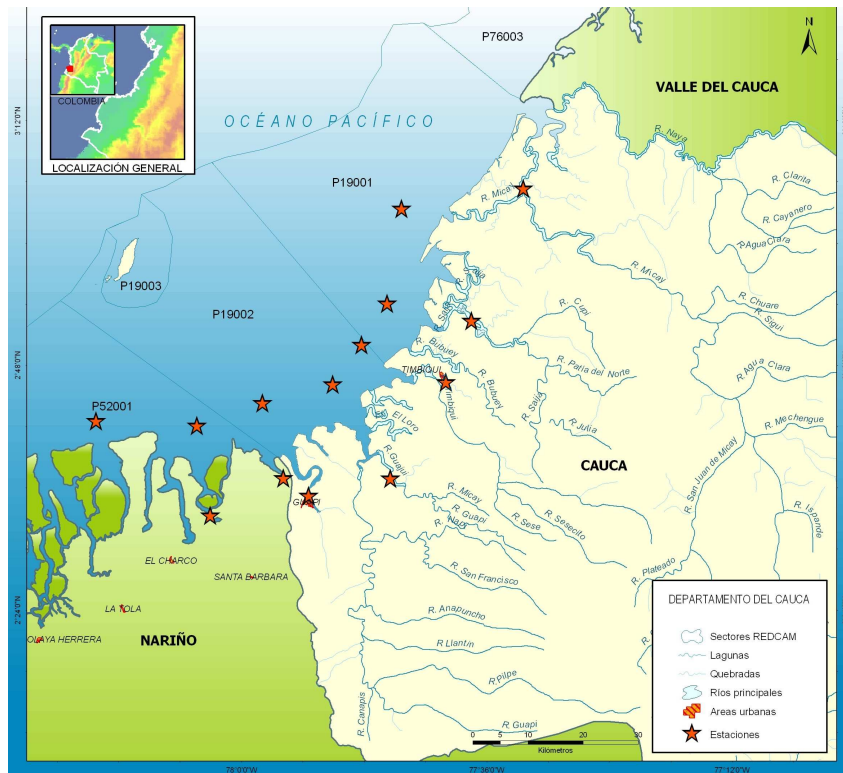


Figura 5.6-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento del Cauca.

5.6.2 Variables fisicoquímicas

Los ríos que desembocan en la zona costera del departamento históricamente han presentado valores de oxígeno disuelto y pH dentro del límite de calidad permisible para la destinación del recurso para conservación de flora y fauna según la legislación colombiana, al presentar valores por encima de 4 mg/L y entre 4.5 – 9.0 respectivamente (MinSalud, 1984). La temperatura promedio es de 25.7 °C y la salinidad ha oscilado entre 0 – 11.4, como consecuencia de las mareas que inyectan gran cantidad de agua salobre río arriba (Palacios y Moreno, 1992; Troncoso *et al.*, 2007). Los valores mas altos de sólidos suspendidos totales (SST), se han presentado en el segundo muestreo que coincide con el periodo más alto de lluvias con rangos de 4.4 – 412.8 mg/L, esto se debe a la resuspensión de sedimentos y arrastre de suelos por el aumento del caudal de los ríos (FEN, 1993; IDEAM, 2001, Martínez *et al.*, 2001) En los tributarios se observa que las concentraciones de nitritos fluctuaron entre 0.86 – 11.97 µg/L, nitratos entre 0.86 – 306.2 µg/L NO₃, amonio entre 3.3- 102.2 µg/L NH₄, fosfatos entre 0.12 – 269.7 µg/L PO₄³⁻ y silicatos entre 19.55 – 5989.5 µg/L Si, registrando las concentraciones más altas de estos nutrientes en las estaciones ubicadas en los ríos Guapi, Timbiqui y Guajui. Para el primer muestreo de 2009 las concentraciones más elevadas de estos nutrientes se encontraron en los ríos Bubuey (1.52 µg/L NO₂ – 71.81 µg/L NO₃ – 24.16 µg/L NH₄ – 7.03 µg/L PO₄³⁻ – 363.75 µg/L Si), Guapi (1.4 µg/L NO₂ – 40.6 µg/L NO₃ – 4.05 µg/L NH₄ – 9.25 µg/L PO₄³⁻ – 1187.96 µg/L Si), Micay (1.9 µg/L NO₂ – 57.99 µg/L NO₃ – 8.88 µg/L NH₄ – 8.81 µg/L PO₄³⁻ – 596.65 µg/L Si) y Saija (1.74 µg/L NO₂ – 54.16 µg/L NO₃ – 11.56 µg/L NH₄ – 5.84 µg/L PO₄³⁻ – 8.2243 µg/L Si) principalmente al lavado de suelos y por el vertimiento sin ningún tipo de tratamiento de las aguas servidas de los municipios de Guapi y López de Micay y a las poblaciones de la Trinidad, Puerto Saija y Noanamito.

En el departamento del Cauca las aguas costeras históricamente han presentado valores de oxígeno disuelto y pH dentro del límite de calidad permisible para la destinación del recurso para conservación de flora y fauna según la legislación colombiana, al presentar valores por encima de 4 mg/L y 6.5 – 8.5 respectivamente (MinSalud, 1984). La temperatura media de 27.5 °C coincide con los promedios de la NOAA para la cuenca del Pacífico colombiano que presentan sus mínimos de temperatura entre 26 y 27.5 °C, de febrero a marzo y de septiembre a octubre (CCCP, 2001). La salinidad en estas aguas oscila entre 0 – 33.5 registrando los valores mas bajos en el segundo monitoreo (época de lluvias), mientras que la concentración de SST estuvieron en el rango de 6.9 – 82.2 mg/L presentando los valores mas altos en el mismo periodo el cual coincide meses más lluviosos (FEN, 1993; IDEAM, 2001) debido a la influencia de los ríos que desembocan en la zona costera. Las concentraciones promedio de nitritos son 3.54 µg/L NO₂, nitratos 22.19 µg/L NO₃, amonio 18.46 µg/L NH₄, fosfatos 11.02 µg/L PO₄³⁻ y silicatos 537.41 µg/L Si, se observó que las concentraciones más altas de estos nutrientes para el primer muestreo de 2009, se registraron en las estaciones ubicadas en la isla de Gorgona, como son Playa Blanca (2.82 µg/L NO₂ – 27.88 µg/L NO₃ – 34.36 µg/L NH₄ – 7.62 µg/L PO₄³⁻ – 157.52 µg/L Si), Horno Norte (2.06 µg/L NO₂ – 21.85 µg/L NO₃ – 22.29 µg/L NH₄ – 10.89 µg/L PO₄³⁻ – 246.41 µg/L Si), Planchón Emisario (2.49 µg/L NO₂ – 30.57 µg/L NO₃ – 23.09 µg/L NH₄ – 8.81 µg/L PO₄³⁻ – 962.88 µg/L Si), y Gorrionilla (5.24 µg/L NO₂ – 40.22 µg/L NO₃ – 17.46 µg/L NH₄ – 12.96 µg/L PO₄³⁻ – 331.75 µg/L Si) y frente al río Guapi (1.25 µg/L NO₂ – 15.39 µg/L NO₃ – 5.93 µg/L NH₄ – 8.22 µg/L PO₄³⁻ – 162.85 µg/L Si) al aumento de la población turística de la isla y a la influencia de los diferentes ríos que desembocan en el litoral sur del Pacífico y un proceso de surgencia local en el sector sur de la isla (Giraldo *et al.*, 2008; Zapata *et al.*, 2008). Estos valores no superan los límites permisibles de la región de Asia (55 µg/L NO₂ – 60 µg/L NO₃ – 70 µg/L NH₄ – 45 µg/L PO₄³⁻), para la protección vida acuática en estuarios.

5.6.3 Contaminación Microbiológica

El análisis microbiológico se viene realizando desde el segundo muestreo el 2001 hasta el primer muestreo de 2009, siendo los tributarios los que realizan los mayores aportes de Coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE), con promedios de 21342 NMP/100 ml y 8525 NMP/100 ml respectivamente (Figura 5.6-2). Los ríos durante el segundo monitoreo que se realiza entre septiembre y noviembre se registran las mayores concentraciones de estos patógenos lo cual coincide con el periodo

más lluvioso (FEN, 1993; IDEAM, 2001), provocando un incremento de los escurrimientos terrígenos, y estos a su vez, producen un aumento en la densidad de bacterias (WHO 1999 y Figeras *et al.*, 2000). Durante el segundo muestreo de 2008 los ríos Guapi y Timbiquí con 7000 y 11000 NMP/100 ml respectivamente, presentan los mayores aportes de CTT; mientras para el primer muestreo (época seca) de 2009 los rangos más elevados se presentaron en los ríos Saija con 24000 NMP/100 ml y Guajui con 7900 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, como la pesca (MinSalud, 1984), como consecuencia de los vertimientos de aguas servidas, lixiviados de basureros, desechos orgánicos y agroindustriales de las poblaciones ribereñas de Guapi, Timbiquí, Puerto Saija y San Antonio de Guajui. Durante los ocho años de monitoreo las aguas marinas presentan condiciones favorables para la explotación de recursos hidrobiológicos al no superar los límites de 5000 NMP/100 ml de CTT, el descenso de estas poblaciones de coliformes se pueden presentar por el paso de estos microorganismos de un ambiente rico en nutrientes, como los ríos, aun ambiente con bajas concentraciones como es el caso de los mares y al cambio brusco de salinidad (Bordalo *et al.*, 2002).

La calidad sanitaria de las playas se evalúa a través de indicadores como son CTE y Enterococos fecales (EFE), estos últimos permiten evidenciar contaminación fecal que ha ocurrido tiempo atrás y ha sido aceptado por el mundo actual como un mejor indicador de la presencia de microorganismos patógenos intestinales en aguas marinas (Suárez, 2002). El 100% de los balnearios ubicados en la Isla Gorgona en el segundo muestreo de 2008 no sobrepasaron las concentraciones admisibles de CTE para aguas de contacto primario, y solo en el primer muestreo la playa ubicada frente al Planchón Emisario (antigua muelle), sobrepasa el límite de 200 NMP/100 ml de CTE establecido por la legislación colombiana para aguas con fines recreativos (MinSalud, 1984). De acuerdo a los criterios establecidos por la OMS para el segundo muestreo de 2008 y primero del 2009 todas las playas ubicadas en la Isla son aptas para actividades de natación y practica de deportes náuticos al presentar concentraciones por debajo de 40 UFC /100 ml de EFE.

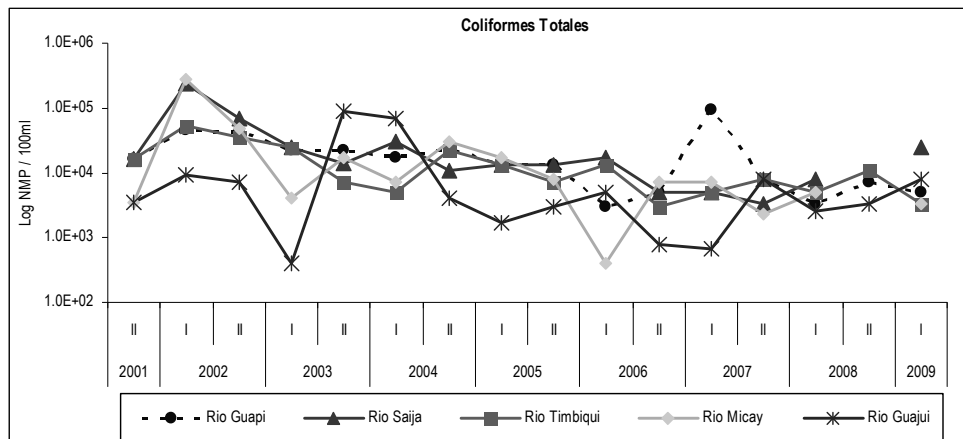


Figura 5.6-2 Valor de los Coliformes totales para el primer (I) y segundo (II) muestreos, durante los años 2000-2008 en los principales ríos del departamento de Cauca.

5.6.4 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 ecosistemas marinos impactados por este tipo de

compuestos (Casanova y Calero, 1997). Una síntesis de los resultados del Proyecto REDCAM en la zona costera del departamento se reúne desde el 2001 al 2009, encontrándose valores promedio máximos en los años 2001 (15.73 µg/L), 2002 (1.19 µg/L) y 2006 (1.07 µg/L), en los demás años las concentraciones medias no sobrepasaron el valor de 0.62 µg/L, llegando al promedio más bajo en el último año 0.10 µg/L (Figura 5.6-3). En el 2001, el promedio es tan alto debido a la contribución aportada de HDD en el Río Guapi de 31.8 µg/L la más alta en todos los años para el departamento de Cauca y muy superior al valor de referencia 10 µg/L (Figura 5.6-3), afectando el área circundante por presencia de residuos de hidrocarburos causados por la actividad humana, las escorrentías del mismo río y la movilización marítima de cabotaje como tensores locales.

Los ríos continúan siendo las principales fuentes de descarga de hidrocarburos al medio marino debida a 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, convirtiéndose en fuentes importantes de residuos oleosos eliminados en la zona costera y marina del departamento, especialmente aguas de sentinas y residuos de aceites lubricantes. Además 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 orgánicos e inorgánicos, 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 galones de insumos líquidos cuyos residuos terminan en los cuerpos de agua (CRC, 2002).

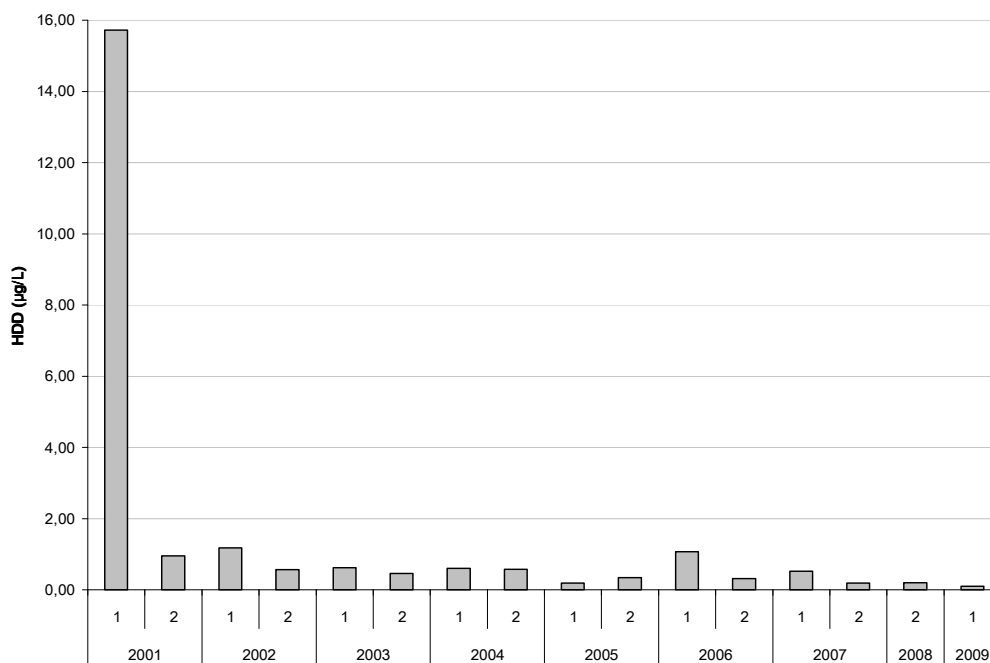


Figura 5.6-3 Comportamiento histórico de la concentración promedio de HDD en el Departamento del Cauca.

Debido a las 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 que no son constantes. Los resultados también muestran que las mayores concentraciones se han presentado en el sector sur del departamento, por la presencia de más afluentes que atraviesan cascos urbanos altamente poblados. No obstante, desde el 2002 los registros son muy inferiores al valor de referencia (10 µg/L), no se deben de dejar de monitorear los afluentes como Guapi, Guajui y Saija ya que

estos son los que más vertimientos de hidrocarburos reciben, mientras que en las estaciones del sector norte los riesgos de contaminación son inferiores.

Plaguicidas organoclorados

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 encontrados son relativamente altos, comparables con los reportados en zonas de mayor desarrollo agrícola como Ciénaga Grande de Santa Marta (Magdalena) y la ciénaga de la Virgen (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 plaguicidas organoclorados, 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; Marin 2002). Estas concentraciones son altas si las asociamos al escaso desarrollo agrícola y la poca población costera del departamento (DANE, 2002).

En el monitoreo temporal del proyecto REDCAM los valores promedio máximos de OCT, se encontraron en años como el 2001 (26.62 ng/L), 2002 (8.72 ng/L), 2003 (8.31 ng/L), 2004 (8.9 ng/L) y 2007 (5.98 ng/L), en los demás años las concentraciones medias no sobrepasaron el valor de 2.78 ng/L (2002) evidenciándose un comportamiento de disminución de la presencia de HDD incluso a valores indetectables siendo observado en el primer monitoreo del año 2009 (Figura 5.6-4).

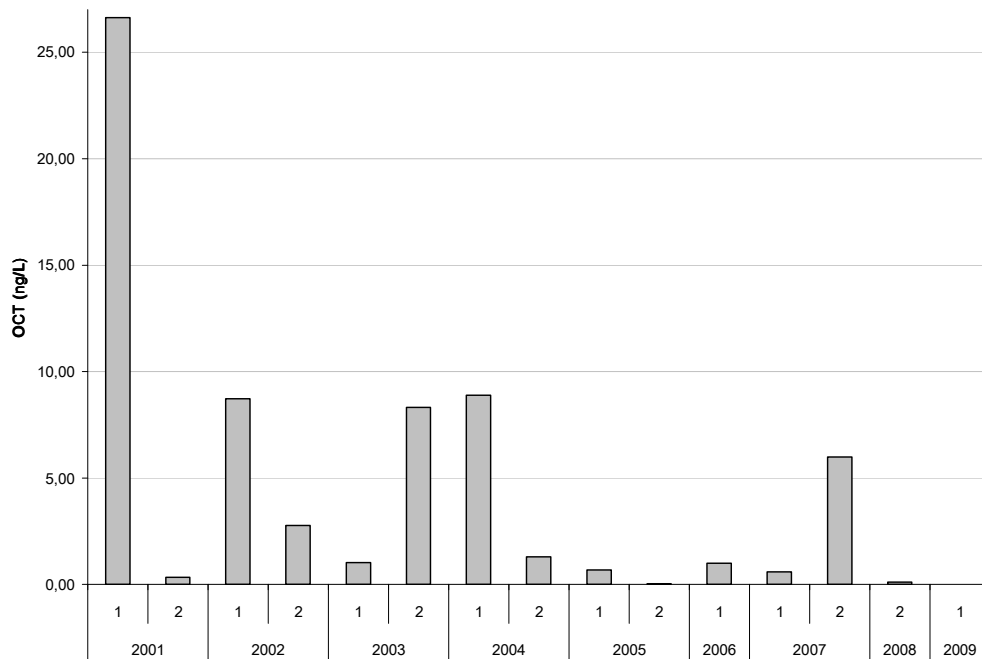


Figura 5.6-4 Comportamiento histórico de la concentración promedio de plaguicidas organoclorados (OC) en el Departamento del Cauca.

En la desembocadura del Río Guajui (94.0 ng/L), además y en el mismo afluente (61.3 ng/L), en el año de 2001 se evidenciaron concentraciones fuera del límite permisible adoptado de 30 ng/L, valores que sorprenden debido a que el desarrollo agrícola en la llanura Pacífica caucana es incipiente suponiendo que entraron al medio por otras actividades diferentes a la agricultura; como son las campañas contra la malaria o la inmunización de la madera, adicionalmente la colonización de la llanura pacífica puede ser otra fuente de estos compuestos, ya que las actividades de tala de bosques y comercialización de la madera. Otra actividad potencial de escurrimientos de residuos de plaguicidas al medio la constituyen los cultivos ilícitos; es así como, 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 del Cauca, más notoria en los primeros años del monitoreo. 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).

Las estaciones del sector sur especialmente los ríos Guajui, Guapi y Timbiquí son los que más escurren plaguicidas hacia el océano, mientras que en las estaciones del sector norte se presentan riesgos de contaminación bajos. Las grandes variaciones y la presencia de trazas de OC suponen que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aun se encuentran en el medio debido a su persistencia, es así como las épocas donde se hallaron los niveles más bajos son la del 2008 y 2009.

5.6.5 Metales pesados

La problemática de contaminación por metales pesados ha sido poco estudiada en la región del Pacífico de Colombiano, en la zona costera del departamento del Cauca la información acerca de la presencia de estos elementos, 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.

Con el fin de evaluar el estado de contaminación por cadmio (Cd), plomo y cromo en las aguas costeras del departamento del Cauca, se analizan los resultados obtenidos durante el monitoreo de la REDCAM, para cada uno de los elementos analizados y se comparan con los valores referenciados en normatividad internacional como EPA (2002) y CONAMA (1986). Con referencia al cadmio 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 2009, 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. El rango de concentración de este elemento durante el monitoreo ha sido de 0,02 a 2,00 µg/L, Por otra parte las mayores concentraciones de este elemento se han registrado en la estación ubicada en el río Micay (1.3 a 2.0 µg/L). Estos valores no rebasan los valores referenciados como de riesgo según la EPA (2002) como criterio de concentración continua 8,8 µg/L y 10 µg/L CONAMA (1986).

En cuanto al Cromo (Cr) la mayor concentración (2.42 µg/L) registrada durante el primer periodo del año 2004 en la estación río Micay, la tendencia general de la concentración de este elemento en el departamento del Cauca es a disminuir con el tiempo hacia el año 2009. En general las concentraciones registradas se encuentran muy por debajo (0.03 a 2.42 µg/L), de los límites establecidos internacionalmente como de riesgo por CONAMA (1986) de 50 µg/L.

El rango de concentración de plomo en aguas costeras en el departamento de Cauca en el periodo muestreado (2001 – 2009) es de 2.80 a 49.95 µg/L, la mayor concentración de este elemento se registró en el sector de Boca Naya hasta Bahía Timbiquí. La tendencia general de la concentración de este elemento es a disminuir en el tiempo, 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, no obstante estas concentraciones no rebasan los límites establecidos internacionalmente como de riesgo por CONAMA (1986) de 500 µg/L.

Las concentraciones de estos metales (Cd, Cr y Pb) medidos en las aguas costeras del departamento del Cauca son relativamente bajas con referencia a valores de normas internacionales, sin embargo su persistencia en el medio puede incrementar su biodisponibilidad a los ecosistemas adyacentes, repercutiendo negativamente en la calidad de las aguas costeras del departamento. 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. 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.

5.6.6 Conclusiones

Los ríos son las fuentes principales de nutrientes inorgánicos a la zona costera, debido a las descargas de aguas servidas, erosión de la cuenca y al lavado de suelos de los cultivos agrícolas. En la isla Gorgona se han encontrado niveles altos de estos iones debido a la influencia de aguas continentales.

Los ríos Guapi, Guajui, 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 primer muestreo de 2009 solo la playa frente al Planchón Emisario no es apta para bañistas según los límites establecidos por la legislación colombiana y en segundo muestreo del 2008 y primero de 2009 las playas ubicadas en la Isla Gorgona se encontraron aptas para las actividades de contacto primario y secundario, según los límites establecidos por la OMS.

Por las mismas características de las actividades que generan hidrocarburos en la zona costera de 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 que el impacto por plaguicidas organoclorados es mayor en el sector sur, los ríos Guapi y Guajui son los que más vertimientos de insumos agroquímicos reciben, razón por la cual se evidencia la presencia de OC, como consecuencia de la actividad humana, las escorrentías y la movilización de lanchas y embarcaciones de cabotaje como tensores locales.

Desde el 2008 a la fecha, se observa una evidente reducción en la introducción de compuestos clorados al medio marino y su presencia supone que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo debido a su persistencia.

En general, las concentraciones de estos metales (Cd, Cr y Pb) registradas en las aguas costeras del departamento del Cauca son relativamente bajas, con referencia a valores de normas internacionales. La mayor presencia de estos elementos en la zona costera de este departamento se registró 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.

Nariño



Playas del Morro - Tumaco

5.7 NARIÑO

En Nariño como en otros departamentos del Pacífico, los aportes continentales conllevan nutrientes inorgánicos, sólidos en suspensión y otras sustancias que influyen sobre las condiciones naturales de esos cuerpos de agua, pero que por efectos de los cambios de marea, generan una alta dilución de los mismos disminuyendo los riesgos de acumulación. Por eso, la realización de actividades de contacto primario y secundario, puede realizarse sin ningún riesgo, en la mayoría de los balnearios con excepción de Salahonda. Los hidrocarburos (HDD) son persistentes en estas aguas por las actividades marítimas y de pesca artesanal, sin embargo los registros obtenidos no sobrepasan el valor de la norma internacional. Los plaguicidas han presentado una tendencia histórica disminuir sus concentraciones, por lo que se infiere que en esta zona costera, el riesgo de contaminación por estas sustancias es bajo. Los metales pesados no representan una amenaza para la biota de esta zona costera, pues las concentraciones medidas se han mantenido por debajo de los límites de normas internacionales y con tendencias a disminuir en cada muestreo realizado.

5.7.1 Área de estudio

El Departamento de Nariño está situado en el sur-occidente del país, entre los 00° 20' y 02° 41' de latitud norte y a los 76° 52' y 79° 10' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 33.268 km² (IGAC, 2008), ubicados en los siguientes pisos térmicos: cálido 52.3%, templado 17.1%, frío 17.1% y el resto (14.9%) entre muy frío a extremadamente frío. Los principales ríos del departamento que llegan a la zona costera son: Patía, Telembí, Sanquianga y Mira. Las estaciones de muestreo comprenden la extensión litoral, desde los límites con el Cauca, pasando por la ensenada de Tumaco hasta el río Mataje, en la frontera con el Ecuador (Figura 5.7-1).



Figura 5.7-1. Estaciones de muestreo en la zona costera del departamento.

5.7.2 Variables fisicoquímicas

Los ríos que desembocan en la zona costera del departamento históricamente han presentado valores de oxígeno disuelto y pH dentro del límite de calidad permisible para la destinación del recurso para conservación de flora y fauna según la legislación colombiana, al presentar valores por encima de 4 mg/L y entre 4.5 – 9.0 respectivamente (MinSalud, 1984). La temperatura promedio es de 25.4 °C y la salinidad ha oscilado entre 0 – 24.9, al estar fuertemente influida por la acción de las mareas, cuyo rango de variación en la costa Pacífica Colombiana es de aproximadamente 3.7 m (Castro *et al.*, 2001; Garay *et al.*, 2006; Troncoso *et al.*, 2007). Los sólidos suspendidos totales (SST), han estado en el rango de 5.1–354.3 mg/L, registrando en el segundo semestre valores mayores por el aumento en sus caudales lo que conlleva a un arrastre y resuspensión de sedimentos, debido a la influencia de las precipitaciones fuertes de este periodo (FEN, 1993; IDEAM, 2001 Martínez *et al.*, 2001). En los tributarios se observa que las concentraciones de nitritos fluctuaron entre 2.28– 121.39 µg/L NO₂, las de nitratos entre 0.86 – 294.93 µg/L NO₃, el amonio entre 2,57- 706.3 µg/L NH₄, los fosfatos entre 1.34 – 125.48 µg/L PO₄³⁻ y los silicatos entre 2.57 – 7463.41 µg/L Si; en los ríos Mira, Patía, Iscuandé y Rosario se registran las concentraciones más elevadas de estos nutrientes. Para el primer semestre de 2009 las concentraciones más elevadas de estos nutrientes se encontraron en los ríos Patía (3.62µg/L NO₂ – 84.19 µg/L NO₃ – 255.37 µg/L NH₄ - 19.48 µg/L PO₄³⁻ - 5006.42 µg/L Si), Mira (1.68 µg/L NO₂ – 98.24 µg/L NO₃ – 5.12 µg/L NH₄- 38.77 µg/L PO₄³⁻ - 5095.31 µg/L Si), Mejicano (91.85 µg/L NO₂ – 54.44 µg/L NO₃– 185.11 µg/L NH₄– 20.97 µg/L PO₄³⁻ - 2947.67 µg/L Si) y Chagüí (7.76 µg/L NO₂– 138.71 µg/L NO₃ – 9.95 µg/L NH₄– 16.52 µg/L PO₄³⁻ - 4432.17 µg/L Si) por consecuencia de los vertidos de aguas servidas de las poblaciones ribereñas y al lavado de los suelos de los cultivos agrícolas a lo largo de sus cuencas.

En Nariño las aguas costeras históricamente han presentado valores de oxígeno disuelto y pH dentro del límite de calidad permisible para la destinación del recurso para conservación de flora y fauna según la legislación colombiana al presentar valores por encima de 4 mg/L y 6.5 – 8.5 respectivamente. (MinSalud, 1984). La temperatura promedio es de 27.61°C y la salinidad en estas aguas oscila entre 0 – 31.6 encontrando los valores mas bajos en el segundo monitoreo, mientras que la concentración de SST estuvieron en el rango de 3.6– 727.1 mg/L presentando los valores mas altos para el mismo periodo donde se registran las mayores precipitaciones para el Pacífico aumentando el aporte de agua dulce por parte de los tributarios que desembocan en la zona costera (FEN, 1993; IDEAM, 2001).

A lo largo del proyecto las aguas costeras han presentado concentraciones promedio de nitritos de 12.06 µg/L NO₂, nitratos 52.18 µg/L NO₃, amonio 24.41 µg/L NH₄, fosfatos 22.76 µg/L y silicatos 1497.55µg/L Si para el primer semestre de 2009 las concentraciones más altas de estos nutrientes, se presentaron frente al río Mira (23.16 µg/L NO₂ – 18.29 µg/L NO₃– 11.02 µg/L NH₄– 103.73 µg/L PO₄³⁻ - 1627.08 µg/L Si), frente a Ríos (25.57µg/L NO₂ – 43.55 µg/L NO₃ – 21.48 µg/L NH₄– 12.96 µg/L PO₄³⁻ - 2007.54 µg/L Si), puente el Pindo (1.9 µg/L NO₂– 14.85 µg/L NO₃– 9.81µg/L NH₄– 16.37 µg/L PO₄³⁻ - 1024.39 µg/L Si) y en las playas de Bocagrande (2.38 µg/L NO₂ – 9.04 µg/L NO₃ – 19.87 µg/L NH₄– 142.1 µg/L PO₄³⁻ - 505.97 µg/L Si) y Salahonda (3.19 µg/L NO₂– 94.04 µg/L NO₃– 39.72 µg/L NH₄– 16.37 µg/L PO₄³⁻ - 1024 µg/L Si), debido a la influencia de los ríos Mira y Patía y los municipios de Tumaco y Francisco Pizarro, por el vertimiento de aguas servidas sin ningún tipo de tratamiento, arrastre de fertilizantes químicos en las zonas agrícolas, resuspensión de sedimentos y degradación de materia orgánica (Martínez *et al.*, 2001). Comparando estos resultados con la legislación asiática para la protección vida acuática en estuarios (55 µg/L NO₂– 60 µg/L NO₃ – 70 µg/L NH₄ - 45 µg/L PO₄³⁻), se observa que la playa Salahonda sobrepasa el límite para nitratos y frente al río Mira y playa Bocagrande para fosfatos.

5.7.3 Contaminación Microbiológica

El análisis microbiológico de este departamento en el ámbito de indicadores de contaminación fecal comprende desde el segundo semestre de 2001 hasta el primer semestre de 2009, siendo los ríos que desembocan en la zona costera los que realizan los mayores aportes de Coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE), con promedios de 7235 NMP/100 ml y 3725 NMP/100 ml respectivamente (Figura

5.7-2). Las mayores concentraciones de estos patógenos se presentan durante el primer monitoreo que se realiza entre marzo y abril el cual coincide con el primer periodo lluvioso (FEN, 1993; IDEAM, 2001), debido a la escorrentía superficial, rebose de aguas servidas, resuspensión de sedimentos y arrastre de suelos a los tributarios, que pueden incrementar considerablemente las cargas microbianas. (Figeras *et al.*, 2000 y Noble *et al.*, 2003). Durante el segundo semestre de 2008 el río Mira con 7900 NMP/100 ml presenta los mayores aportes de CTT; mientras para el primer semestre de 2009 los rangos más elevados se presentaron en los ríos Chagüí y el Patía - Saquianga con 7900 NMP/100 ml; estos valores sobrepasan el límite establecido en la normatividad colombiana que es 5000 NMP CTT/100 ml, para aguas destinadas a actividades de contacto secundario como la pesca (MinSalud, 1984). La presencia de los Coliformes puede incidir en la salubridad de los ecosistemas y afectar la calidad de los productos hidrobiológicos como peces, camarones y pianguas.

El diagnóstico de la calidad de las playas para el segundo semestre de 2008, determinó que los balnearios de Bocagrande, el Morro, Mosquera y Pasacaballos se encuentran aptos para actividades de contacto primario, mientras que para el primer semestre de 2009 las playas de Salahonda y Mosquera se encuentran por encima del límite permisible para aguas destinadas a la recreación, natación y los deportes náuticos según la legislación colombiana (MinSalud, 1984). De acuerdo a los criterios establecidos por la OMS para el segundo semestre de 2008 y primero del 2009 todas las balnearios son aptos para actividades de contacto primario.

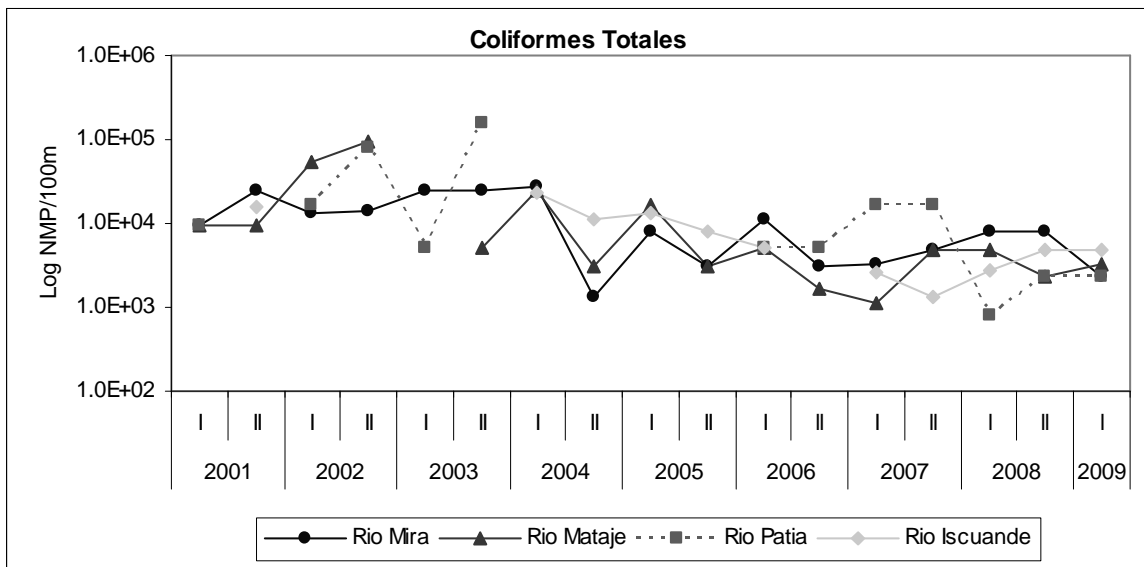


Figura 5.7-2 Tendencia de los Coliformes totales en el primer (I) y segundo (II) semestre durante los años 2000-2008 en los principales ríos del departamento de Nariño.

5.7.4 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados.

Hidrocarburos

Después del Valle del Cauca, la zona costera de Nariño es la más habitada sobre la llanura Pacífica, 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, por las migraciones y la colonización. Incrementándose también, la presión sobre los ecosistemas, abusando ampliamente de los procesos de autodepuración natural, 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 Nariño; 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 0.68 a 3.69 $\mu\text{g/g}$ de HAT en los sedimentos de 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 la escapes y emisiones de motores de vehículos (automóviles y botes) con residuos de combustible parcialmente quemado y aceites; por 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. Una síntesis de los resultados de hidrocarburos en aguas obtenidos desde el inicio del proyecto hasta el 2009 muestran valores promedios máximos en años como 2001, 2006 y 2008 presentándose, solo en época seca para el 2001, en varias estaciones concentraciones por encima del valor máximo permisible de 10 $\mu\text{g/L}$ (UNESCO, 1984; Atwood *et al.*, 1988), es el caso de la desembocadura del Río Tapaje 33.7 $\mu\text{g/L}$, Río Mataje 21.24 $\mu\text{g/L}$ Desembocadura Río Iscuandé 19.9 $\mu\text{g/L}$, Boca Iscuandé 13.4 $\mu\text{g/L}$, Río Iscuandé 13.0 $\mu\text{g/L}$ y Río Mira 11.35 $\mu\text{g/L}$. Los dos años restantes solo se llega a una concentración máxima de 9.11 $\mu\text{g/L}$ en una única estación (P. Pasacaballos) en época húmeda año 2006. Estando los demás valores en un rango de 0.06 – 6.88 $\mu\text{g/L}$ para los años 2006 y 2008. Ya en los otros años 2002, 2003, 2004, 2005 y 2009 los valores promedio son muy bajos oscilando entre 0.21 – 0.89 $\mu\text{g/L}$ representando una presencia de HDD fluctuante y las concentraciones altas que se encuentran en ciertos momentos obedecen a condiciones puntuales (Figura 5.7-3).

La contaminación por hidrocarburos parece concentrarse principalmente en el sector sur del departamento, destacándose las concentraciones más altas en los ríos, principalmente, Mira y Mataje debido a las actividades que se desarrollan en sus cuencas, presencia de pequeñas poblaciones agrícolas, movilidad de lanchas, mantenimiento de motores en las riveras de los ríos y el funcionamiento de surtidores de combustibles en las orillas de los cursos de agua; sumándose a esto, el hecho de que algunos de sus afluentes reciben descargas residuales de ciudades del Ecuador.

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 en aguas. No obstante, los análisis realizados en sedimentos muestran efectos que no son visualizados en el análisis de aguas, debido al carácter hidrofóbico de estos compuestos; señalando la importancia de extender en un futuro el análisis a otras matrices ambientales.

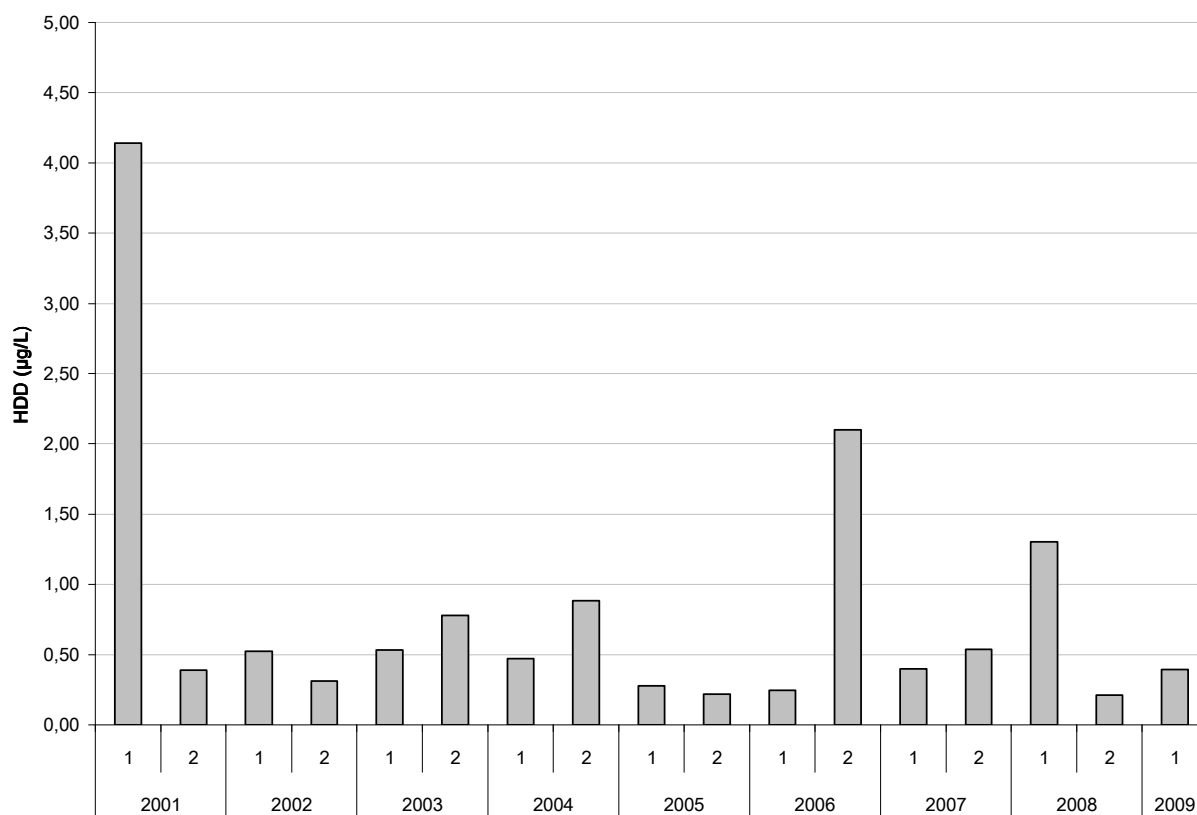


Figura 5.7-3 Comportamiento histórico de la concentración promedio de HDD en el Departamento de Nariño.

Plaguicidas organoclorados

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 o recurrentes en el tiempo. Casanova (1996) mostró que los niveles más altos de compuestos OC detectados en sedimentos correspondían al metabolito del DDT (principalmente p,p'-DDE), lo que indica que este tipo de sustancias fueron usadas hace varios años al degradarse en estos metabolitos. Los valores promedio 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 el departamento de Bolívar (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 de Nariño, se encuentra la agricultura extensiva de palma africana más de 30000 ha de la cuenca baja del río Mira hasta los límites con el Ecuador; los cultivos ilícitos que demandan el uso continuo de agroquímicos algunos ya prohibidos, el procesamiento maderero (inmunización) que también se empleaban grandes cantidades de aldrin, dieldrin, clordano, DDT y endosulfan antes de su prohibición en la década pasada sin descartar la posibilidad de que se sigan utilizando de forma ilegal. Igualmente existen actividades externas a la zona costera que impactan al medio marino, es así, como 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). Con las implicaciones anteriores los resultados obtenidos con el proyecto REDCAM en los años comprendidos entre 2001 y 2009 se muestran valores promedio máximos en los años 2001, 2002, 2004 y 2008, debido a las cargas aportadas en estaciones como Río Tapaje (75.2 ng/L), Boca Tapaje (66.9 ng/L), Desembocadura Tapaje (48.6 ng/L), Boca Iscuande (70.9 ng/L) todos en el 2001, para el 2002 un valor de 70.3 ng/L en el Brazo Patía, ya en el 2004 una concentración de 78.7 ng/L en la Bocana de Tumaco y en el 2008 la concentración mas alta del departamento de 124.9 ng/L en el Puente el Morro; todas estas concentraciones muy superiores al valor adoptado como referente de 30 ng/L. En los años restantes se aprecian promedios de concentración que oscilan entre 0.09 – 16.67 ng/L sin evidenciar cargas altas de OCT en las estaciones monitoreadas que causen impacto sobre el medio marino, llegando incluso a ser indetectables actualmente (Figura 5.7-4).

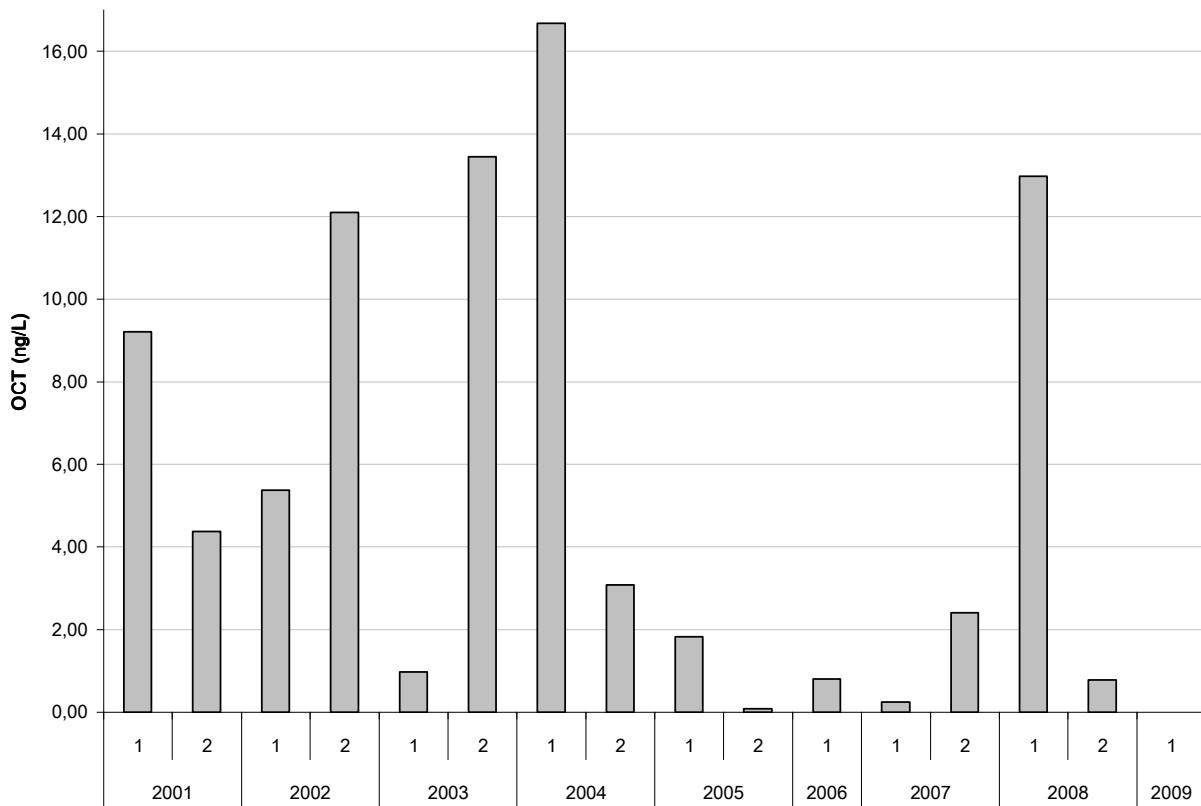


Figura 5.7-4 Comportamiento histórico de la concentración promedio de plaguicidas organoclorados (OC) en el Departamento de Nariño.

Los resultados del proyecto indican un aporte significativo de estas sustancias a través de los ríos de la región sur de Nariño, debido a que en su recorrido atraviesan zonas agrícolas dedicadas al cultivo de

palma africana, cacao y algunos cultivos ilícitos que drenan principalmente residuos de DDT y sus isómeros.

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, Páez y Granada (1993), demostraron la utilización de endosulfan, aldrin y mirex en los cultivos de palma africana, y DDT en la erradicación del mosquito transmisor de la malaria, en varias poblaciones de los ríos Caunapí y Mira (Nariño).

Los valores altos en aguas mayores a 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 OCT en sus aguas o que eventualmente han presentado las concentraciones más altas se localizan en el sector sur de la región incluyendo la ensenada de Tumaco (estaciones Frente a Ríos y Bocana); y en el Norte del departamento especialmente el Río Iscuande y la estación Playa Pasacaballos; en esta última, debido a la influencia de los ríos Sanquianga y Satinga que desembocan muy cerca de esta playa.

La presencia de trazas de OCT 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. Esto supone una contaminación baja por residuos organoclorados para el sector norte entre Salahonda y Mosquera; y riesgo medio de contaminación en la Ensenada de Tumaco y el sector sur relacionado con los drenajes terrestres que allí convergen.

5.7.5 Metales pesados

En el departamento de Nariño se realizan actividades de extracción de oro realizada en los Municipios de Barbacoas, Magüi, Sotomayor y Cumbitara, cuyos residuos son drenados al río Patía. Debido a que en su mayoría los estudios realizados en el departamento han sido puntuales y en su mayoría realizados en la ensenada de Tumaco, no se tienen datos de la calidad marina en la totalidad de la zona costera del departamento por lo cual el monitoreo adelantado por la REDCAM desde 2001, se convierte en un buen acercamiento del estado de las aguas costeras de esta zona.

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, 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.

Las concentraciones de estos metales (Cd, Cr y Pb) medidos en las aguas costeras del departamento del Cauca son relativamente bajas con rangos de para Cd de 0.30 a 3.00 µg/L sin embargo se presentó un dato de 19.53 µg/L en la bahía de Tumaco (Punta Cascajal – Tumaco) en el año 2001 este dato fue

atípico que no se ha repetido, con referencia al Pb el rango ha estado entre 0.05 y 317.4 µg/L, el Cr el rango presentado 0.05 y 5.70 µg/L, estos valores con referencia a valores de normas internacionales EPA (2002) y CONAMA (1986) han estado por debajo de referenciado como de riesgo, 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. 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. 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.

5.7.6 Conclusiones

Sobre los ríos Mira, Mataje, Patía e Iscuandé se producen descarga directa de aguas servidas y desechos orgánicos que realizan las poblaciones ribereñas, esas cargas aportan de nutrientes inorgánicos y microorganismos indicadores de contaminación fecal a la zona costera del departamento, sin embargo en la actualidad no hay acumulación de los mismos, por lo que el riesgo de eutrofización es bajo.

El balneario frente a Salahonda, no es apta para la natación y los deportes náuticos según la legislación colombiana, debido a la influencia a la influencia del municipio de Francisco Pizarro y el río Patía. Pero según los criterios de la OMS, todas las playas son aptas para las actividades de contacto primario.

Los impactos de contaminación por hidrocarburos están concentrados en la Ensenada de Tumaco por la actividad portuaria y marítima que en ella se desarrolla, el riesgo lo representa el puerto petrolero. En la actualidad las concentraciones de hidrocarburos se encuentran en concentraciones indetectables para la técnica analítica sin reflejar impacto apreciable sobre el ambiente marino.

Los niveles de OCT 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, aunque actividades como las campañas contra la malaria, inmunización de la madera o cultivos ilícitos pueden ser la fuente de la presencia de estas sustancias en las aguas costeras del departamento.

Los metales plomo, cadmio y cromo analizados en las aguas costeras en el departamento de Nariño, no muestran concentraciones que generen riesgo de contaminación según las normas consultadas, las mayores concentraciones se han registrado en los años 2001 y 2002 mostrando una tendencia general a disminuir desde aquellos años al presente, para todos los elementos estudiados.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, G. 2004. Política Nacional del Agua. Memorias XV Convención Científica Nacional: Mares, Ríos y Aguas Interiores, 8-20. Octubre 21-23. Cartagena- Colombia.
- Acuña, N.B., B. Lerman, R. Meyer, Haye, M.A y M.I Gilli. 1998. Evaluación de niveles de contaminación bacteriana en aguas. Factores intervinientes. Revista FABICIB 2: 61-67.
- Aguas de Cartagena S.A. E.S.P – ACUACAR. 2009. Acucar aumenta cobertura de alcantarillado. En línea. <http://www.acucar.com/> 29/10/2009.
- Ahn, J.H., S. B. Grant, C.Q. Surbeck, P. M. DiGiacomo, N. P. Nezlin y S. Jiang. 2005. Coastal Water Quality Impact of Stormwater Runoff from an Urban Watershed in Southern California. *Environmental Science and Technology*. 39 (16): 5940–5953
- Alcaldía de Buenaventura. 2009. Indicadores de Buenaventura. <http://www.buenaventura.gov.co> 26/10/2009.
- 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.
- Arvanitidou, M., K. Kanellou, V. Katsouyannopoulos y A.Tsakris. 2002. Occurrence and densities of fungi from northern Greek coastal bathing waters and their relation with faecal pollution indicators. *Water Research* 36: 5127 – 5131.
- APHA, AWWA, WEF. 2005. Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association (APHA), Washington, DC. 570 p.
- 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. Towsend y J. Harper. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. 4th ed. Blackwell Publishing Ltd. Osford 700 p.
- Beltrán. 2003. Bocana estabilizada de marea como proceso aeróbico de autodepuración en la Ciénaga de la Virgen. En: Memorias del Seminario internacional sobre métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales. Universidad del Valle. 59-64
- 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-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 indicador bacteria in tropical estuarine water (Bangpakong River, Thailand). *Journal of Applied Microbiology* 93: 864-871.
- Brownell, M.J., V.J. Harwooda, R.C. Kurz, 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.
- 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.
- 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.
- CAN. Comunidad Andina. 2001. Segundo Taller "Conservación de Ecosistemas Transfronterizos y Especies Amenazadas". Lima. Peru. http://www.comunidadandina.org/desarrollo/t2_d2a2.htm 1/10/2004
- Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique - CARDIQUE, 2006. Registro de actividades de desarrollo de la franja costera de la parte continental de la Bahía de Cartagena. Informe Final. CARDIQUE. Cartagena de Indias, Colombia. 208 p.

- Castro, L.A. 1998. Estudio de la Contaminación por pesticidas en Ecosistemas Costeros en el Area de Cartagena, Ciénaga de la Virgen y Zonas Agrícolas Adyacentes. Boletín Científico del CIOH (18): 15-18.
- Castro, L., J. Betancourt y R. Casanova. 2001. Influencia de la marea en la variación de los niveles de parámetros hidroquímicos en el Pacífico Colombiano (Ensenada de Tumaco). Boletín Científico CCCP 8: 52-62.
- Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique – CARDIQUE. 2006. Registro de actividades de desarrollo de la franja costera de la parte continental de la Bahía de Cartagena. Informe Final. CARDIQUE. Cartagena de Indias, Colombia. 208 p.
- Casanova, R. 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.
- Corporación Colombia Internacional - CCI. 2008. Pesca y Acuicultura de Colombia 2008. Informe Técnico Regional Litoral Caribe y Pacífico. CCI - MADVT. 92 p.
- Centro Control Contaminación del Pacífico - CCCP. 2001. Caracterización y Evaluación del Litoral Pacífico – Fase VIII. Informe técnico. CCCP. San Andrés de Tumaco. Colombia.
- 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.
- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas – CIOH. 1997. Proyecto regional de planificación y manejo de bahías y áreas costeras fuertemente contaminadas del Gran Caribe. Estudio de Caso: Bahía de Cartagena, Colombia, Objetivo 1 (Resultado 1.1). Informe Ejecutivo. 22 p.
- Centro de Ingeniería y Manejo ambiental de Bahía y Costas – CIMAB. 2008. Informe técnico del programa ambiental del Caribe. Actualización del informe técnico del PAC no. 33, fuentes y actividades terrestres en la Región del Gran Caribe, cargas contaminantes domésticas e industriales y el aporte de las cuencas hidrográficas tributarias. Informe tecnico final, La Habana. 71 p.
- CONAMA. 1986. Consejo Nacional del Medio Ambiente, Brasil. Resolución CONAMA N° 20, de 18 de junio de 1986. 18 pp.
- Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena - CORMAGDALENA. 2009. Boletín de prensa N° 32.
<http://fs03eja1.cormagdalena.com.co/nuevaweb/boletines/2009/BOLETIN%20DE%20PRENSA%20No%20%2032%20de%202009%20-%205000%20TONELADAS%20EN%20HIDROCARBUROS%20SE%20TRANSPORTAN%20DIARIAMENTE%20POR%20EL%20RIO%20MAGDALENA.htm>. 30/10/2009
- CORPOURABA. 2008. Agua, recurso de vida. Litografía Dinámica. Medellín, 77 p.
- CRC. 2002. Plan de Gestión Ambiental Regional del Departamento del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC. Popayán, 209 pp.
- DANE - (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). 2002. Dirección de síntesis y cuenta nacionales. Documento en línea, disponible desde Internet en: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/ena/Result_fin_arroz_2002.pdf 06/10/2008
- DANE - (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). 2005. Censo general 2005. Información básica DANE Colombia. Procesado con Redatam+SP, CEPAL/CELADE 2007. <http://www.dane.gov.co/> 28/10/2008.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. 2009. Censo general 2005. Información básica DANE Colombia. Procesado con Redatam+SP, CEPAL/CELADE 2007. <http://www.dane.gov.co/> 19/10/2009.
- DNP - Departamento Nacional de Planeación. 2008. Avances y retos de la política social en Colombia. Disponible en Internet: http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/DDS/politica_social_febrero.pdf 19/10/2009.
- 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.

- EPA. 2002. National Recommended Water Quality Criteria. United States Environmental Protection Agency. EPA-822-R-02-047. 36 pp.
- 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 .
- 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.
- Farreras, S. 2006. Hidrodinámica de las algunas costeras. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. México, 189 p.
- FEN. Fondo para la Protección del Medio Ambiente. 1993. Colombia Pacífico. Tomo I. www.lablaa.org/blaavirtual/indicecpacifico2.htm 19/10/2009.
- Fernández, N. 2006. Índice de peligrosidad del efluente. Componente de calidad de agua y suelo. Programa de riego y drenaje de la provincia de Mendoza PROSAP – DGI – OEI. 48 p.
- Figeras, M. J., J. J. Borrego, E. B. Pike, W. Robertson y N. Ashbolt. 2000. Sanitary Inspection and Microbiological water Quality. Monitoring Bathings Waters: A practical guide to the desing and implementation of assessments and monitoring programmes Eds. WHO. 114-167.
- Flint, R., G.L. Powell y R.D. Kalke, 1986. Ecological efectos from the balance between new and recycled nitrogen in Texas coastal waters. *Estuaries* 9, 284-294 p.
- Garay, J., L.A. Castro y C. Ospina. 1992. Contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo en el litoral Caribe colombiano, Cispatá hacia Riohacha. *Boletín Científico CIOH*. 10:13-26.
- 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. 1994. Inventario sobre capacidades portuarias para recepción y manejo de residuos contaminantes provenientes de buques – fase II (Barranquilla y Santa Marta). *Bol. Cient. CIOH*, 15: 67-92.
- Garay, J.A. 1996. Estado Actual de los Puertos del Caribe Colombiano Relacionados con MARPOL 73/78. *Bol. Cient. CIOH* No. 14 y 15: 15-42.
- 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.; G. Ramirez; J. Betancourt; B. Marín; B. Cadavid; L.Panizzo; J. Lesmes; H. Sanchez y A. Franco. 2003. Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos y Contaminantes Marinos: Aguas, Sedimentos y Organismos. INVEMAR, Santa Marta, 177p. (Serie Documentos Generales N° 13).
- 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.
- Giraldo, A., E. Rodriguez_Rubio y F. Zapata. 2008. Condiciones oceanográficas en isla Gorgona, Pacífico oriental tropical de Colombia. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 36(1): 121-128.
- Gomez, L., N. 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.

- 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 B. Perry. 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: 98 – 120.
- Herrera, A y P. Suárez. 2005. Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad ambiental del agua costera. *Interciencia* 30 (3): 171-176.
- IGAC. 2008. Atlas básico de Colombia. 7 ed. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Imprenta Nacional, Bogotá. 704 p.
- IDEAM. El Medio Ambiente en Colombia. 2001. Segunda Edición. www.ideam.gov.co/publica/index4.htm. 05/10/2009.
- 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.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM. 2002. Guía. Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de las Aguas residuales municipales. 64 p.
- IDEAM. 2008. Atlas climatológico de Colombia. Documento línea, disponible desde : <http://www.ideam.gov.co/files/atlas/Contenido.htm> 21/10/2009.
- INVEMAR, 2003. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. –REDCAM-. Informe técnico. Instituto de investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” –INVEMAR-. Santa Marta, Colombia. 263 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. 2009. 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 04/08/2009.
- 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.
- Leyva P. 2001. El medio ambiente en Colombia. IDEAM, Bogotá. 530 p.
- Lozano, R. 2008. Así es Buenaventura. <http://www.buenaventura.gov.co> 26/10/2009.
- Mara, D. 1980. Sewage treatment in hot climates. John Wiley and Sons, New York. 168 p.
- Marciales, C. y M. Duarte, 1989. Determinación de Cd, Cu, Cr, Pb y Zn en sedimentos de la Bahía de Cartagena. Mem. VI Sem Nal Cien. Tecnol Mar, Diciembre 5-6 y 7: 314-324.
- 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. 74 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.
- Martínez, G., J. Alvarado y W. Senior. 2001. Estudio físico-químico de las aguas superficiales de la cuenca baja del río Manzanares. Caracas. Venezuela. *INTERCIENCIA.* 26(8): 342 – 351.
- Marrugo, A. 1990. Estudio de la contaminación marina por hidrocarburos en el litoral sur Pacífico Colombiano. *Bol. Cient. CCCP* 1: 41-54.
- Marrugo, A. J. 1993. Estudio de la contaminación marina por hidrocarburos en el Pacífico Colombiano – Fase III. *Boletín Científico del CCCP* 4: 47-60.

- Metcalf, L y H. P. Eddy. 1998. Ingeniería de Aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. Vol. 1. McGraw-Hill. Madrid. 504 p.
- MinAmbiente, 2000. Auto No. 153 del 30 de marzo del 2000, Santa Fe de Bogotá. 55 p.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT, 2009. Comunicado de prensa: Cartagena tendrá Emisario Submarino con tecnología de punta. Documento en línea: <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?conID=3665&catID=872> 30/09/2009.
- 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.
- MinDesarrollo (Ministerio de desarrollo económico). 2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento basico – RAS. Tratamiento de aguas residuales. 140 p.
- MinSalud (Ministerio de Salud). 1984. Decreto No. 1594 del 26 de junio. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III - Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. 61 Pág.
- 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 101: 23 p.
- Mosquera, A.I. 1993. Estado actual de la eutroficación en áreas costeras de la ensenada de Tumaco y diagnóstico en la bahía de Buenaventura. Boletín científico CCCP 4: 19-26.
- Naciones Unidas, 2008. Resultados de la alianza mundial para alcanzar los objetivos de desarrollo del Milenio. Objetivo de desarrollo del Milenio 8. Informe del Grupo de Tareas sobre el desfase en el logro de los objetivos de desarrollo del Milenio de 2008. Nueva York, 59 p.
- NOAA. 1990, A special 20th 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.
- 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.
- Otero, L. 2005. Aplicación de un modelo hidrodinámico bidimensional para describir las corrientes y la propagación de la onda de marea en la bahía de Buenaventura. Boletín científico CCCP, 12: 9-21.
- 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.
- Palacios, M. y Moreno, C. 1992. Estudio de la influencia de la marea en el río Guapi. Tumaco. Boletín Científico CCCP, 3: 3-13.
- Paerl, H. W. 2006. Assessing and managing nutrient – enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters: Interactive effects of human and climatic perturbations. Ecological Engineering 26: 40 –54.
- Parra, J.P. y L.F. Espinosa. 2007. Acumulación de Pb, Cd y Zn en sedimentos asociados a la especie de mangle *Rhizophora mangle* en el Río Sevilla, Ciénaga Grande de Santa Marta. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 120: 347-354.
- Pendleton, L., N. Martin, y D.G. Webster. 2001. Public perceptions of environmental quality: A survey study of beach use and perceptions in Los Angeles County. Marine Pollution Bulletin 42: 1155-1160.
- Perdomo, L. (ed). 2008. Monitoreo de las condiciones ambientales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe técnico final.

INVEMAR, MAVDT, CORPAMAG, 102 p.

- 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. 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.
- Prahl H. Von., Cantera, J., Contreras, R. 1990. *Manglares y Hombres del Pacífico Colombiano*. Fondo FEN Colombia. Editorial Presencia. Bogotá. 193p.
- Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras – RHRAP. 2009. Delta del Río Iscuandé. <http://www.whsrn.org/es/perfil-de-sitio/delta-del-rio-iscuande> 22/10/09
- 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.
- Ramírez, G. 1988. 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.
- Restrepo J.D., P. Zapata, J.M. Díaz, J. Garzón-Ferreira, C. García y J.C. Restrepo. 2005. Aportes fluviales al mar Caribe y evaluación preliminar del impacto sobre los ecosistemas costeros. 189-215. Restrepo J.D. Los sedimentos del río Magdalena: Reflejo de la crisis ambiental. Universidad EAFIT. Medellín. 189–215.
- Riley y Chester. 1983. *Chemical Oceanography*. Academic Press, 8th ed. London. 398 p.
- Salas, H y J. Bartram. 2004 Historia y aplicación de normas microbiológicas de calidad del agua en el medio marino. <http://www.cepis.org.pe/bvsaca/e/fulltext/historia/historia.pdf> 12/10/2009.
- 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.
- Serguei, L., C. Parra, C. Andrade, Y. Thomas. 2003. Patrones de la pluma turbia del canal del Dique en la bahía de Cartagena. *Boletín Científico CIOH* 22: 77–90.
- 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* 31(4-12): 214 – 225.
- Shuval, H. 2003. Estimating the global burden of Thalassogenic Disease Human infectious disease caused by wastewater pollution of the marine environment. *The Journal of Water and Health*. 1 (2): 53 -64.
- Sociedad portuaria regional de Buenaventura-SPRBUN. 2009. Reporte de Estadística de la Información para comercio exterior. www.sprbun.com. 30/10/2009.
- SPRC - Sociedad Portuaria Regional de Cartagena. 2009. <http://albatros.puertocartagena.com/> 30/10/2009.
- Steer, R., F. Arias, A. Ramos, P. Sierra, D. Alonso y P. Ocampo. 1997. Documento base para la elaboración de la política Nacional de ordenamiento integrado de las zonas costeras colombianas. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” INVEMAR. Serie de Publicaciones Especiales, No. 6. 390 p.
- Strickland, J.D.H. y T.R. Parsons. 1968. *A practical handbook of seawater analysis*. Fish. Res. Board of Canada. Segunda Edición. Ottawa. 58 p.
- Suárez, M. 2002. Tendencia actual del *Escherichia coli* 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 30/11/2008.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD, 2009. Reportes del Sistema Único de Información de Servicios Públicos. <https://www.sui.gov.co/SUIWeb/logon.jsp> 19/10/2009.

- 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.
- Troncoso, W., L.J. Vivas, J. Acosta, G. Ramírez, J. Betancourt, J.P. Parra, S. Narváez, J. Sánchez y B. Cadavid. 2008. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. Informe técnico final, Santa Marta. 296 p.
- 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. 87 p.
- Velásquez, O. y Cortes, L.M. 1997. Estudio y evaluación de metales traza (Pb, Cr, Cd, y Hg) en aguas, sedimentos y organismos marinos de la bahía de Buenaventura. Boletín científico CCCP (6): 57-61.
- Walker, C y D. R. Livingstone, 1992. Persistent pollutants in marine ecosystems. A special publication of SETAC. Pergamon Press, New York. 270p.
- World Health Organization, WHO. 1999. Health based Monitoring of Recreational Waters: The Feasibility of a New Approach (The "Annapolis Protocol"). Protection Of the Human Environment Water, Sanitation and Health Series. World Health Organisation, Geneva.. WHO/SDE/WSH/99.1. 50 p.
- Zapata, F.A. 2001. Formaciones coralinas de isla Gorgona. pp. 27-40. En: L.M. Barrios & M. López-Victoria (eds.). Gorgona marina: contribución al conocimiento de una isla única. INVEMAR, Ser. Pub. Esp. 7, Santa Marta, 160 pp.
- 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.