



Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico Colombiano 2007

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, 2007

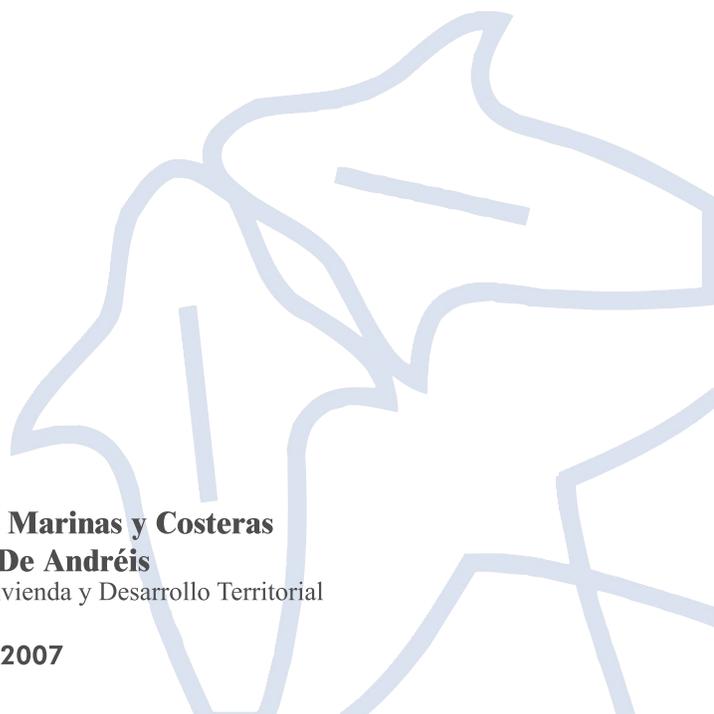
Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico Colombiano

2007

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, 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

Directivos de 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

GABRIEL RODOLFO NAVAS SUÁREZ
Coordinador (E) Programa BEM

LUISA FERNANDA ESPINOSA DÍAZ
Coordinadora Programa CAM

MARIO ENRIQUE RUEDA HERNÁNDEZ
Coordinador Programa VAR

PAULA CRISTINA SIERRA CORREA
Coordinadora Programa GEZ

GEORGINA GUZMÁN OSPITIA
Coordinadora Programa GEO

Personal Científico INVEMAR

WALBERTO TRONCOSO OLIVO
Coordinador Proyecto y Físicoquímicos

JORGE AUGUSTO ACOSTA R.
Impacto Ecosistemas Marinos

GUSTAVO RAMÍREZ TRIANA
Coordinador Laboratorios y Plaguicidas

JULIÁN MAURICIO BETANCOURT
Plaguicidas e Hidrocarburos

JUAN PABLO PARRA
Hidrocarburos

SILVIA NARVÁEZ y JOSÉ GREGORIO SÁNCHEZ
Microbiología

BETTY CECILIA CADAVID
Metales

LIZBETH JANET VIVAS AGUAS
Fuentes de Contaminación y Cargas
Sistema de Gestión de Información y Cartografía

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

LEONARDO ARIAS ALEMÁN
Laboratorio de Sistema de Información

JESÚS ANTONIO GARAY TINOCO
Asesor

INFORME TÉCNICO 2007

Compilación y Edición

Lizbeth Janet Vivas Aguas
Walberto Troncoso Olivo

Nodos, Entidades Participantes y Colaboradores

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Chocó CODECHOCO
Bladimir Peréa
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC
Luisa M. Baena, Alejandro Pantoja y Milene Castillo
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
Javier Calderón y Edwin Enrique Cera
Corporación Autónoma Regional del Magdalena - CORPAMAG
Ismael Acosta Morales
Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA
Luz Elena Alean y Alberto Escolar
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
Domigo Montalvo y Raúl Mezquida
Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá - CORPOURABA
Jairo Guillermo Vázquez
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - CORALINA
Patricia Abdul-Aziz y Alexander Secue
Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico - IIAF
Lady Palacios

Estudiantes

Diana Rodríguez, Tania Córdoba, Rosana Lastra,
Cynthia Coley, Jackeline Redondo y Juan Carlos Sánchez

Fotografías

Lizbeth Janet Vivas A, Silvia Narvárez,
Adriana Suárez, Luz Marina Prieto,
Ángela López, Marcela Caviedes,
Ildefonso Castro, Franklin Estupiñán y
Proyecto Biomalaga



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	2
GENERALIDADES.....	3
1. ÁREA DE ESTUDIO	3
2. METODOLOGÍA	5
2.1 VARIABLES MEDIDAS.....	6
2.2 MÉTODOS ANALÍTICOS.....	6
2.3 SISTEMA DE GESTIÓN DE BASE DE DATOS Y CARTOGRAFÍA.....	9
2.4 SISTEMA DE ÍNDICES PARA REPRESENTAR LA CALIDAD DEL AGUA MARINO-COSTERAS DEL PAÍS.....	11
DIAGNÓSTICO NACIONAL.....	15
3. ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL CARIBE Y PACIFICO COLOMBIANO.....	15
3.1 FUENTES TERRESTRES FIJAS DE CONTAMINACIÓN AL MAR.....	15
3.2 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES EN EL AGUA	17
3.3 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS.....	22
3.4 IMPACTO DE LOS ECOSISTEMAS SOBRE LA ZONA MARINA Y COSTERA Y SUS RECURSOS NATURALES	27
3.5 CONCLUSIONES.....	30
REGIONAL CARIBE.....	33
4. ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL CARIBE COLOMBIANO.....	33
4.1 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS.....	33
4.2 PRESENCIA DE CONTAMINANTES.....	35
4.3 SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA	41
4.4 LA GUAJIRA.....	49
4.5 MAGDALENA	57
4.6 ATLÁNTICO.....	67
4.7 BOLIVAR.....	77
4.8 SUCRE	85
4.9 CÓRDOBA.....	93
4.10 ANTIOQUIA	101
COSTA PACÍFICA	109
5. ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL PACIFICO	109
5.1 COMPORTAMIENTO DE LOS FISICOQUÍMICOS.....	109
5.2 PRESENCIA DE CONTAMINANTES.....	111
5.3 CHOCÓ	117
5.4 VALLE DEL CAUCA.....	127
5.5 CAUCA.....	137
5.6 NARIÑO.....	147
BIBLIOGRAFÍA.....	157

INTRODUCCION

El desarrollo industrial, económico y social que ha experimentado la sociedad, ha generado una serie de consecuencias sobre el ambiente, que en la actualidad preocupan a diversas entidades no sólo del tema ambiental sino también del orden económico (GESAMP, 2001; FMAM, 2001; Val y MacKinley, 2004). Situaciones como el cambio climático, los efectos sobre la capa de ozono, el derretimiento de los glaciares, el aumento de incidencia de enfermedades, disminución en la producción pesquera y agrícola, son algunos de los temas que se tocan a menudo en las conferencias mundiales, regionales y locales, en busca de soluciones.

Los países industrializados fueron los primeros en observar que sus recursos naturales se estaban agotando por lo que la necesidad de iniciar acciones para mejorar y preservar sus recursos naturales, fue evidente. En la actualidad países desarrollados, han iniciado acciones para prevenir el deterioro de los recursos naturales, sobre todo el acuático por su trascendencia para el desarrollo de los grandes centros poblados (Rubio, 1995; Devlin, 2007). Nuestro país también ha iniciado esfuerzos por conocer el estado de los recursos naturales, particularmente el estado de la calidad de las aguas marino-costeras, como respuesta a los convenios y tratados que se han firmado en el plano internacional (Garay et al., 2004).

El incremento en la tecnología, sobre todo en dispositivos específicos de medición que permiten realizar seguimiento a las condiciones ambientales, ha permitido conocer como es el impacto de los contaminantes sobre los recursos naturales y por ende mejorar las propuestas de solución a esas problemáticas (Frye *et al.*, 2000). Sin embargo esa tecnología no siempre está al alcance de todos los países que intentan realizar estudios de seguimiento a gran escala. El objetivo final de todas las acciones de seguimiento y uso de tecnología, es el de proteger no sólo el ambiente, sino la vida misma de los seres humanos que hacen uso de los recursos naturales (PNUMA, 1995; WHO, 2003).

A través de la REDCAM, Colombia viene haciendo el seguimiento semestral a la calidad de las aguas marino-costeras, mediante el monitoreo sistemático de variables medidas en aguas costeras superficiales y en corrientes de agua continentales que se constituyen en fuentes de sustancias al mar territorial (Garay *et al.*, 2001). En la REDCAM interactúan varias entidades para la planificación, recolección y análisis de información sobre calidad de aguas marino-costeras de Colombia. Todo el sistema sirve a los propósitos del sistema nacional ambiental (SINA) en cabeza del Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). La información puede ser consultada en la Internet.

El presente informe contiene la descripción estacional y temporal de las variables fisicoquímicas, microbiológicas y de contaminantes (Hidrocarburos del petróleo y Plaguicidas organoclorados) tanto en el Caribe, como en el Pacífico colombiano. En este documento se presentan los resultados del segundo muestreo de 2006 y del primer muestreo de 2007. También se muestra el Indicador de Calidad de aguas, según el uso que tenga el recurso. El desarrollo de este indicador es de gran utilidad para la evaluación del recurso hídrico ya que es un elemento integrador de los datos de calidad de las aguas marino-costeras del país.

GENERALIDADES



Trabajo en campo



Análisis en el laboratorio

GENERALIDADES

1. ÁREA DE ESTUDIO

Colombia se ubica al norte de Suramérica, con acceso a dos masas marinas importantes: el Océano Pacífico y el Mar Caribe (IGAC, 2002). La línea de costa en el Caribe colombiano es de 1600 Km, desde Punta Castilletes hasta el Cabo Tiburón, incluyendo el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, así como las islas del Rosario y de San Bernardo (Figura 1-1). La extensión de la costa Pacífica es de 1392 Km. que parte de la frontera con Panamá hasta el Ecuador en el sur, incluyendo las islas de Gorgona, Gorgonilla y Malpelo.

Colombia posee el 10% de flora y fauna del planeta, a pesar de que su extensión geográfica es inferior al 1% de la superficie de la tierra. Es el país más rico del mundo en orquídeas y palmeras. Una de cada cinco especies de aves habita en el territorio colombiano, pues posee mil setecientas cincuenta y cuatro especies que representan el 19.4% de la avifauna mundial. Es uno de los cinco países con mega-diversidad en el mundo (Castellanos y Chamarravi, 2006). En el ámbito mundial ocupa el segundo lugar en diversidad de anfibios y el tercero en reptiles. Segundo en la variedad de primates (27) y líder en población de peces. Son 26 zonas de vida con sorprendente variedad climática que abarcan todas las altitudes: litoral, llanura, selva, montaña y nevados.

Además de la riqueza representada en biodiversidad, Colombia es rica en hidrocarburos, en minerales, en recursos forestales y en recursos pesqueros. Estos recursos naturales están expuestos a todo tipo de condiciones y elementos contaminantes que se generan por las actividades del desarrollo normal del país, pero que con mayor conocimiento se puede prevenir (Garay *et al.*, 2004).

Las áreas costeras de la región del Caribe, presentan un alto grado de contaminación causado principalmente por desechos domésticos e industriales. Las descargas domésticas no están sujetas a tratamiento y son vertidas directamente en las aguas costeras o a través de los ríos, como el Magdalena, el cual drena la hoya hidrográfica del mismo nombre y que a su vez está constituida por 31 ríos, de los cuales el Cauca y el Bogotá, son los mayores receptores y conductores de toda índole de contaminantes.

La franja costera del Pacífico colombiano está siendo afectada principalmente por las aguas residuales y en menor proporción por descargas de desechos industriales (principalmente en los puertos; Tejada *et al.* 2003).

La evaluación de los resultados de los sistemas de monitoreo permite controlar el estado del sistema y su afectación por actividades antrópicas con el fin de soportar acciones y estrategias de protección y manejo del recurso, ejemplo de ello, lo constituyen los programas existentes en el país, que han permitido al MAVDT la opción de mejorar el conocimiento de los recursos marinos y aplicar mejoras a los controles que se deben implementar al hacer uso de dichos recursos (INVEMAR, 2005).



Figura 1-1. Mapa oficial de las fronteras de Colombia, incluidas las marinas (IGAC, 2004)

Con el fin de hacer seguimiento a los contaminantes que afectan la calidad del agua marino-costera y que son tributados por las diferentes fuentes, se cuenta desde el 2001 con una red de estaciones, las cuales han permanecido en general invariables, salvo en los casos en que los resultados y necesidades han requerido la realización de ajustes. Dichas estaciones incluyen: las vías de entradas y conexión al mar, comprendiendo estas los principales ríos, desembocaduras, estuarios, ciénaga y playas fundamentalmente (Ramírez *et al.*, 2006). En la costa Caribe para el primer muestreo de 2007 se continuó con las 207 estaciones y en el litoral Pacífico se siguen monitoreando 103, incluyendo Isla de Gorgona. (Figura 1-2).

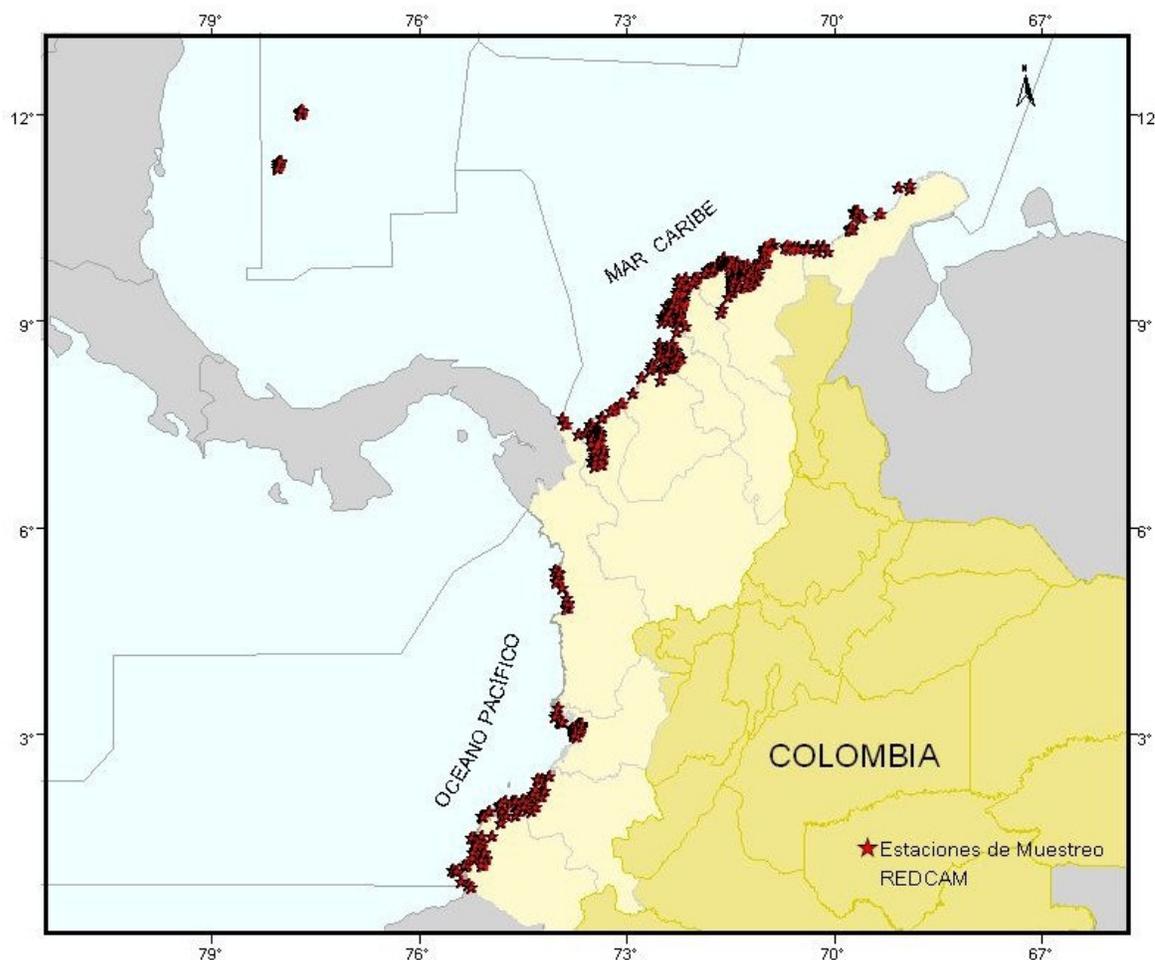


Figura 1-2. Estaciones de muestreo de la REDCAM en la costa Caribe y Pacífico de Colombia.

2. METODOLOGÍA

Las salidas de campo se realizan durante dos campañas anuales: la primera durante la época seca, entre enero y abril; la segunda abarca que generalmente abarca la época húmeda, entre septiembre y noviembre. Sin embargo, en algunas áreas del país los muestreos no se realizan en estas temporadas, debido a contratiempos logísticos, así como a la influencia de otros factores que pueden invertir las épocas de lluvia y sequía (IDEAM, 2000). La toma de muestras

se realiza de manera coordinada entre el INVEMAR y cada corporación en su jurisdicción, para lo cual se desplazan los técnicos e investigadores a las estaciones, por vía terrestre o marítima. El trabajo de laboratorio se realiza en INVEMAR y en ciertos casos por las corporaciones (CORALINA, CVC, CARDIQUE y CORPOURABÁ), según su disponibilidad de infraestructura, equipos y profesionales especializados.

Las muestras de agua son transportadas a los laboratorios donde son procesadas y luego la información se estandariza e ingresa en la Base de Datos, quedando a disposición del Sistema de Información de la REDCAM, integrada al Sistema de Información Ambiental Marino (SIAM). La cartografía base fue montada por el Laboratorio de Sistemas de Información del INVEMAR, utilizando como fuentes de referencia los mapas elaborados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Departamento Nacional de Estadística (DANE).

2.1 VARIABLES MEDIDAS

Los parámetros fisicoquímicos medidos en las aguas coteras y continentales son: salinidad, oxígeno disuelto, pH, temperatura, nitratos, nitritos, amonio y sólidos en suspensión. Además se midieron coliformes totales y fecales, metales pesados (cadmio, cromo y plomo), hidrocarburos derivados del petróleo (HDD) y plaguicidas organoclorados. (Tabla 2-1)

2.2 MÉTODOS ANALÍTICOS

Los métodos utilizados para la determinación de las diferentes variables se describen en el Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos (Garay *et al.*, 2003), éstos métodos corresponden a los “*Métodos de Referencia Estándar*” consignados en los Manuales de Referencia de la UNESCO, Standard Métodos y Strickland y Parsons (1972) los cuales son utilizados internacionalmente.

2.2.1 Físicoquímicos.

Los métodos usados en la determinación de las variables fisicoquímicas se relacionan en la Tabla 2-1 y se encuentran detallados en el Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-químicos y Contaminantes Marinos (Garay *et al.*, 2003).

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

La legislación colombiana indica que la manera de medir condiciones de contaminación microbiana, es mediante los indicadores de contaminación fecal “*Coliformes fecales*”. De igual manera se utilizan los valores guía de la OMS (Organización Mundial de la Salud, 2003) para “*Enterococos*”, que se han usado ampliamente como grupos de elección para determinar la calidad microbiológica de estas masas de agua. Sin embargo, los estudios epidemiológicos realizados recientemente sugieren tener en cuenta otros factores para seleccionar los indicadores a incluir en las regulaciones, entre los que se pueden enumerar: la naturaleza del agua, parámetros físico-químicos, estudios previos realizados a nivel nacional y factibilidad de determinación de estos grupos seleccionados a nivel de laboratorio (Cabelli, 1983).

Los microorganismos conocidos como Coliformes totales pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, se caracterizan porque son de forma bacilar, Gram negativos y fermentan el azúcar lactosa con producción de ácido y gas a 35°C dentro de 48 horas. En este grupo se incluyen las bacterias del género: *Escherichia*, *Enterobacter*; *Citrobacter* y *Klebsiella*. La bacteria *Escherichia coli* constituye aproximadamente, un 10% de los microorganismos intestinales del hombre, así como de animales de sangre caliente y debido a esto se ha utilizado como indicador biológico de contaminación fecal.

Tabla 2-1. Listado de Variables monitoreadas y sus métodos de análisis

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

El método para la determinación tanto de Coliformes totales como de fecales, fue el recuento indirecto por tubos múltiples de fermentación expresado en el Número Más Probable (NMP) en 100 mililitros de agua siguiendo las recomendaciones de los métodos estándar (Eaton *et al.*, 2005) y la norma establecida para las aguas colombianas (Ministerio de Agricultura, 1984).

La legislación colombiana a través del **decreto 1594** (Ministerio de Agricultura, 1984), establece niveles permisibles para la destinación del recurso hídrico con fines recreativos mediante contacto primario, como en la natación y el buceo y contacto secundario, como en los deportes náuticos y la pesca. Los niveles establecidos en el decreto son: para uso del recurso hídrico con

finés recreativos mediante contacto primario Coliformes fecales 200 NMP/100 ml y para coniformes totales 1000 NMP/100 ml. En el caso de uso del recurso hídrico con fines recreativos mediante contacto secundario para Coliformes totales es de 5000 NMP/100 ml.

2.2.3 Residuos de Plaguicidas

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

Para la determinación de plaguicidas OC se realiza una extracción líquido - líquido con soluciones al 6 y 15 % de éter etílico en hexano. El extracto obtenido se concentró en rotavapor y se purificó con ácido sulfúrico concentrado. Los residuos OC se cuantificaron en un cromatógrafo de gases Perkin-Elmer Autosystem con detector de Captura de electrones (ECD), en el cual se realizaron curvas de calibración de cinco puntos que contenían 50, 100, 150, 200 y 300 pg/μL 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/μL de estándar interno (2,4,5 TCB). Las condiciones de trabajo para el Cromatógrafo, se pueden leer en la Tabla 2-2.

Tabla 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 μm
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

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

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

2.2.5 Metales traza

Las muestras de agua son tratadas con Ditiocarbamato de Pirrolidín Amonio (APDC) a pH 4 y Metil isobutil cetona (MIBK) y extraídas con HNO₃ 4N. Las mediciones se hacen en un Espectrómetro de Emisión Atómica de Plasma Acoplado (ICP) marca SPECTRO. El equipo usa como fuente de emisión, un flujo de plasma de argón. El procedimiento realizado se describe en detalle, en el *Manual de Técnicas Analíticas para la determinación de Parámetros Físico-Químicos y Contaminantes Marinos: Aguas, sedimentos y organismos* (Garay et al, 2003).

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

La información que recopilan los monitoreos a la zona costera del país, es almacenada y asegurada en el “Sistema de información de la REDCAM”, que está conformado por una Base de Datos en ORACLE, encargada de almacenar toda la información recopilada por las instituciones que conforma la REDCAM, previa revisión, filtración y en algunos casos corrección de la información, para garantizar la calidad de los datos suministrados. Todos los nodos pueden acceder directamente a la información mediante consulta a través de la Página Web del sistema o la Página Web de INVEMAR (Figura 2-1), en la cual también es posible consultar cartografía de la información y gráficos de tendencia temporales de las mediciones.

2.3.1 Formas de salida de la información

El sistema ofrece a sus usuarios dos opciones (Figura 2-1), **Ingresos de datos** (suministrar datos actualizados) y **Consultas** (en forma de Gráficos, Tablas Estadísticas y Mapas temáticos).

La REDCAM cuenta la siguiente cartografía

- ❖ La cartografía base departamental.
- ❖ Una interfaz de publicación de cartografía en línea - ArcIMS 9.0 – en la página Web de INVEMAR.
- ❖ Un módulo de salidas gráficas para la creación de mapas -ArcMap 9.0. de las variables analizadas.
- ❖ Módulo de figuras para gráficos de tendencias.

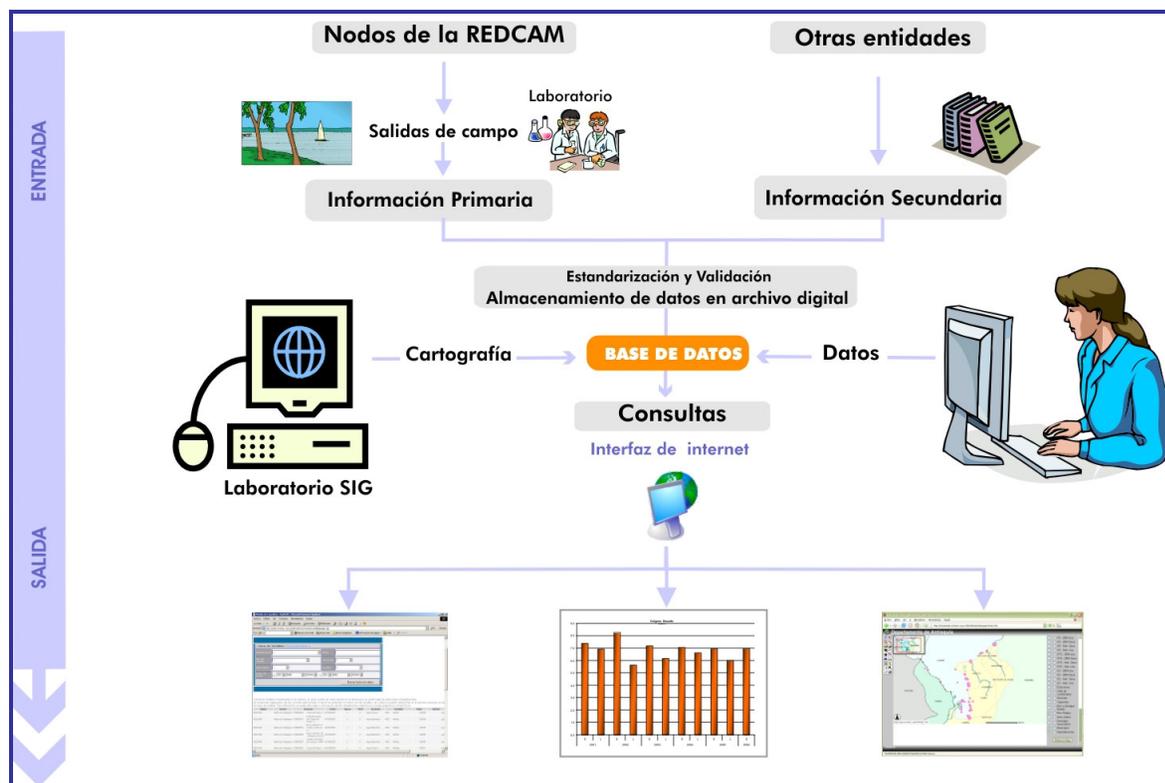


Figura 2-1. Flujo de la información en el sistema REDCAM.

2.3.2 Estado Actual 2007

En este momento el Sistema de información de la REDCAM contiene 173.734 registros de 57 parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, metales pesados, plaguicidas organoclorados e hidrocarburos del petróleo; tomados de 9229 muestras que corresponden a 7 años de monitoreo, con información histórica y primaria, recolectadas en las 976 estaciones de muestreo que se localizan en los litorales del Caribe y Pacífico colombiano, Tabla 2-3.

Tabla 2-3. Crecimiento del Sistema de Gestión de Datos

ÍTEM	Diciembre 2001	Abril 2002	Noviembre 2003	Octubre 2004	Octubre 2005	Noviembre 2006	Octubre 2007
Estaciones de muestreo	276	412	779	826	826	976	976
Muestras analizadas	361	1376	5164	5974	6860	8595	9229
Registros almacenados	4515	18114	109230	122590	137042	164173	173734
Variables	42	53	56	56	57	57	57

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

La cantidad de datos que recopilan los sistemas de seguimientos como el sistema de información de la REDCAM, sugiere constantemente la necesidad de resumirlos y analizarlos. Sin embargo, en nuestra labor resumir no significa quitar sino integrar de manera coherente y funcional, para aprovechar toda la información disponible en el momento de calificar el estado ambiental de los cuerpos de agua costeros.

La batería de indicadores de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia SISCAM, nace como una herramienta que pretende resolver la necesidad de una referencia para evaluar el estado de la calidad de las aguas marinas y costeras, diferenciando los usos y tipos de aguas considerados. Aunque en cada ejercicio se han determinado mejoras para el cálculo, se considera un instrumento que está bien encaminado hacia las necesidades del país, en cuanto a la evaluación de aguas costeras se refiere.

Estos indicadores incluyen una serie de funciones que califican cada una de los parámetros involucrados, los cuales son ponderados dentro de una sumatoria por bloques (diferencia entre los parámetros naturales y los contaminantes introducidos por la actividad humana). El resultado es un porcentaje que dependiendo del rango numérico, representa un concepto de calidad entre cuatro opciones. Cada opción es relacionada con un color que indica rápidamente la condición de las aguas evaluadas (Marín *et al*, 2003).

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

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

Aunque la batería del SISCAM contempla cuatro indicadores; para el presente análisis, sólo se tendrán en cuenta las estaciones que corresponden al tipo de agua marina, no se van a tener en cuenta las aguas estuarinas.

2.4.1 Parámetros Utilizados

El indicador está conformado por dos conjuntos de variables, un primer conjunto comprende aquellos parámetros físicoquímicos que describen la calidad natural del agua y un segundo grupo de variables que involucran los contaminantes inorgánicos, orgánicos y microbiológicos, que representan las alteraciones de dicha calidad por actividades antrópicas.

En la Tabla 2-4, se presentan los quince parámetros que fueron seleccionados como indicadores de la calidad físicoquímica y microbiológica de las aguas para conformar el indicador. Esta selección fue hecha por el grupo Calidad Ambiental Marina de INVEMAR, en el marco del proyecto “*Formulación y Diseño del Sistema de Gestión de Indicadores Ambientales Marinos y Costeros de Colombia*”.

Tabla 2-4. Parámetros utilizados para evaluar la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia. Modificado de: Decreto 1594 de 1984 y proyecto REDCAM

No	TIPO	COD	NOMBRE	UNIDAD
1	Físico/Químicos	NO2	Nitritos	μg/l
2	Físico/Químicos	NO3	Nitratos	μg/l
3	Físico/Químicos	PO4	PO4 (Ortofosfatos)	μg/l
4	Físico/Químicos	DBO	Demanda bioquímica de oxígeno – Excluido	mg/l
5	Físico/Químicos	OD	Oxígeno Disuelto	mg/l
6	Físico/Químicos	SST	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l
7	Físico/Químicos	SAL	Salinidad	‰
8	Físico/Químicos	PH	pH	Unidad
9	Hidrocarburos del petróleo	HDD	Hidrocarburos disueltos y dispersos	μg/l
10	Metales Traza	CD	Cadmio	mg/l
11	Metales Traza	CR	Cromo	mg/l
12	Metales Traza	PB	Plomo	mg/l
13	Microbiológicos	CFS	Coliformes Fecales	NMP/100 ml
14	Microbiológicos	CTT	Coliformes Totales	NMP/100 ml
15	Plaguicidas organoclorados	OCT	Organoclorados Totales	ng/l

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

Teniendo en cuenta las características del agua marina de la zona costera, se realizó el cálculo del Indicador para la preservación de flora y fauna ($ICAM_{PFF}$). El $ICAM_{PFF}$ representa el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas, que describen el estado de un cuerpo de agua marino (ecuaciones 2), con relación a las condiciones ambientales que propician la preservación de la flora y la fauna. De ninguna manera se representa con éste ICAM, la presencia o ausencia de flora o fauna en las aguas, sólo se referencia a través de un valor resultante las condiciones del agua que de una u otra manera alertarán sobre el estado, ya sea óptimo o deficiente, del agua evaluada (Marín *et al*, 2003).

Ecuación (2) en aguas marinas:

$$ICAM_{PFFM} = [(0.21)OD + (0.18)SST + (0.17)PO4 + (0.16)NI + (0.15)pH + (0.13)SAL] - [(0.2)HDD + (0.19)DBO + (0.18)CFS + (0.15)CTT + (0.14)OCT + (0.14)MET]$$

2.4.3 Indicador de Calidad en Aguas Marinas para Recreación, Actividades náuticas y Playas (ICAM_{RAP})

Como el $ICAM_{RAP}$ evalúa la aptitud de las aguas para contacto primario y secundario, es preciso mencionar que en este indicador juegan un papel preponderante los parámetros microbiológicos. Los coliformes adquieren una importancia diferente dependiendo del tipo de agua a considerar. Para las aguas marinas los coliformes fecales (CFS) son considerados de

mayor importancia y por tanto tiene el más alto factor de ponderación, seguido de los coliformes totales (CTT), en el caso de las aguas estuarinas los coliformes totales (CTT) son el parámetro de mayor ponderación. Esta consideración está de acuerdo con el Decreto 1594 de 1984, donde se establecen niveles permisibles para la destinación del recurso hídrico con fines recreativos mediante contacto primario y secundario (MinAgricultura, 1984; Marín *et al.*, 2003).

Se asume que en las aguas estuarinas la principal actividad recreativa esta dada para contacto secundario y en las aguas marinas aunque se dan ambos el principal es contacto primario.

Ecuación (3) en aguas marinas:

$$ICAM_{RAPM} = [(0.20) SST + (0.18) OD + (0.17) SAL + (0.16) PH + (0.15) PO4 + (0.14) NI] - [(0.21) CFS + (0.19) CTT + (0.17) DBO + (0.16) HDD + (0.14) OCT + (0.13) MET]$$

La evaluación del **ICAM** se obtiene a partir del algoritmo de la *Ecuación 1*, el cual permite transformar en un número adimensional, la valoración del grado de contaminación del agua. El valor final del indicador se ubica entre cien (100, excelente calidad) y cero (0, mala calidad); este valor se halla partir de formulaciones matemáticas que evalúan, a través de las ecuaciones 2 y 3 la influencia de cada una de estos parámetros en el total del índice (Tabla 2-5.)

El grado de certeza del indicador calculado depende de una serie de factores entre los que podemos mencionar los siguientes: Calidad de la información (dato), representatividad de la misma en el área que se aplica, cantidad de información sobre el área (número de estaciones), números de parámetros presentes en el cálculo, dispersión de los datos usados para el análisis etc. Intrínsecamente, los algoritmos presentan una desviación del 10 %, calculado a partir de las funciones que califican las concentraciones de los parámetros medidos, más la interpolación de datos faltantes. Los resultados que aquí se presentan, están influidos por estos factores, por lo que se recomienda que cada una de las evaluaciones de calidad presentadas, sea tomada dentro de ese contexto y de las condiciones observadas en campo.

Tabla 2-5 Descriptores del Indicador de Calidad de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia (ICAM). Tomado de Informe Final de Indicadores SISCAM. INVEMAR, 2003

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

DIAGNÓSTICO NACIONAL



Isla Palma



Pescadores en la Bahía de Santa Marta

DIAGNÓSTICO NACIONAL

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

3.1 FUENTES TERRESTRES FIJAS DE CONTAMINACIÓN AL MAR

Los vertimientos residuales son la principal fuente de contaminación de las costas; en la mayor parte de los países en vías de desarrollo y en muchos lugares de los desarrollados, los vertimientos urbanos e industriales se suelen hacer directamente al mar, sin tratamientos previos de depuración. Es así que el océano no sólo recibe las aguas residuales, sino que, en muchas ocasiones, se usa para arrojar las basuras o, incluso, los residuos radiactivos.

Las aguas costeras del país, se encuentran influidas por un grupo de actividades que se resumen en la Figura 3-1, pero aunque no son las únicas, son las más relevantes:

- a. Industrias.
- b. Agricultura y ganadería.
- c. Instalaciones y actividades portuarias (hidrocarburos, carboneras, pasajeros, etc).
- d. Poblaciones.

Las actividades referidas, está localizadas a lo largo de todo el litoral, sobre las cuales en la actualidad se ejerce control incipiente por parte de las autoridades ambientales. De todas estas actividades, la que mayor influencia ejerce sobre el recurso hídrico es la presencia de poblaciones en la zona costera. Los centros urbanos, generalmente realizan vertimientos directos de sus aguas servidas, sin realizar ningún tratamiento previo (Garay *et al.*, 2006; SSPD, 2006). En las aguas residuales se encuentran microorganismos patógenos, nutrientes inorgánicos, cantidades pequeñas de hidrocarburos que afectan las condiciones naturales de las aguas costeras y por ende la biota asociada.

En la costa colombiana convergen múltiples actividades antropogénicas, localizadas principalmente en Barranquilla, Cartagena y Buenaventura que incluyen terminales marítimos y de cabotaje, refinería petrolera, terminales de oleoducto, exportación de carbón mineral, actividad turística, industrias multinacionales de agroquímicos, pesca artesanal e industrial, agricultura, etc. En la Figura 3-1 se evidencia que las principales fuentes de contaminación terrestres, se ubican en los centros densamente poblados y donde se centran la mayoría de las actividades. Pero también, hay otros centros urbanos menores como Santa Marta, San Andrés y Riohacha, Ciénaga, Coveñas, Tolú y Turbo, que hacen aportes significativos por su cercanía a la costa.

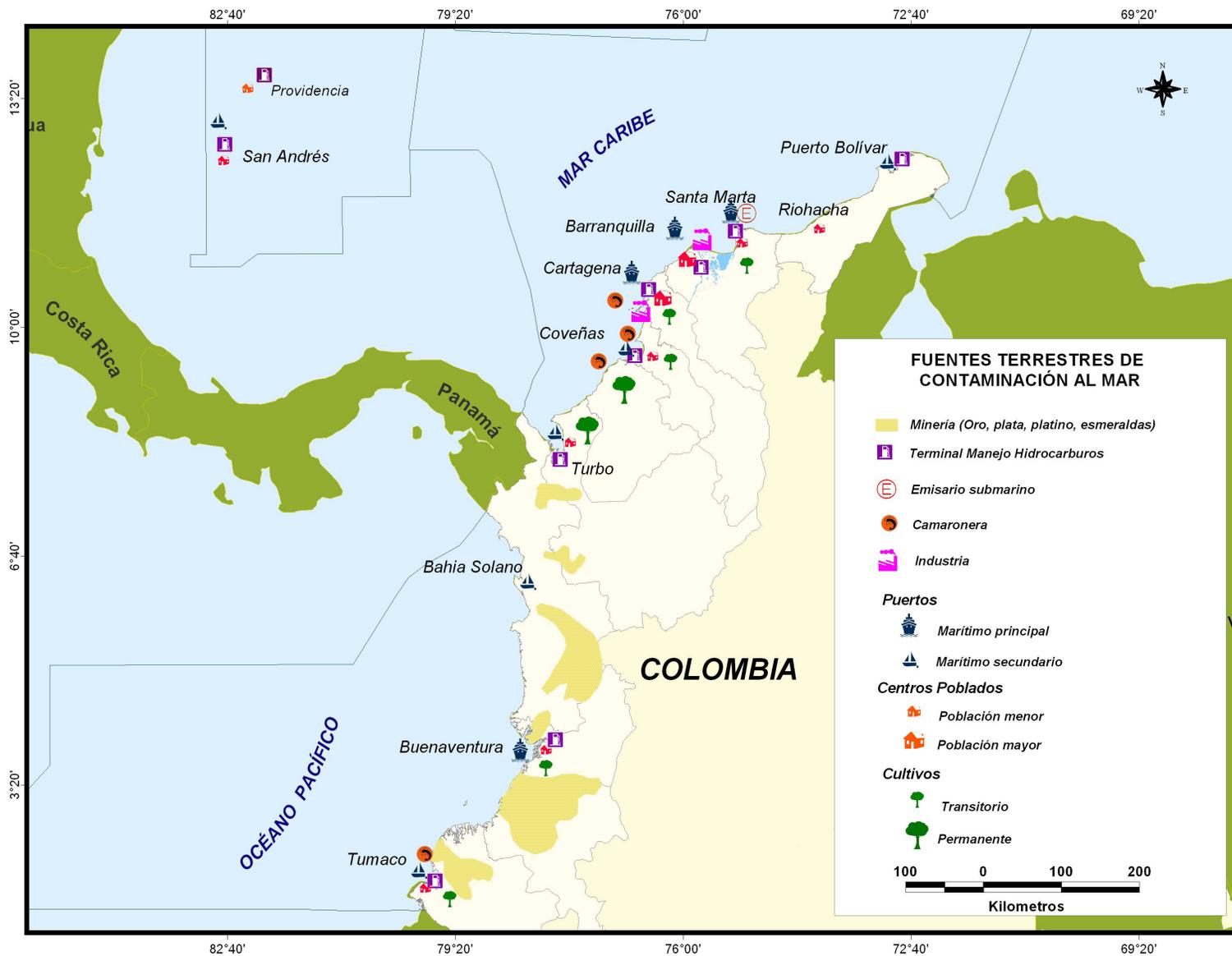


Figura 3-1. Principales fuentes terrestres de contaminación al medio marino. Fuente: IGAC, 2002; Ramírez, *et al*, 2006.

3.2 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA PRESENCIA DE CONTAMINANTES EN EL AGUA

3.2.1 Hidrocarburos

La evaluación de hidrocarburos se centra en los compuestos aromáticos, por ser estos los más tóxicos para el medio marino, por esta razón para el diagnóstico se utiliza la técnica analítica que permite conocer el contenido total de hidrocarburos aromáticos disueltos y dispersos en aguas (HDD). El diagnóstico de fuentes de contaminación por hidrocarburos muestra los residuos de hidrocarburos ingresan a las zonas costeras colombianas por actividades portuarias y marítimas, y por la exploración, explotación, transporte, refinación y usos del petróleo con sus derivados. Tanto en el Caribe como en el Pacífico, existen problemas locales por derrames crónicos 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, de las aguas servidas municipales, que pueden contener cantidades considerables de aromáticos polinucleares (Harrison y Perry, 1975).

Los resultados del análisis 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). Teniendo en cuenta los resultados históricos de la REDCAM y este límite establecido por UNESCO, se estableció que para las aguas colombianas, las concentraciones inferiores a 1 µg/L no representan un riesgo para el ambiente, rango donde se encuentran más del 75 % de los registros del proyecto REDCAM; concentraciones entre 5 - 10 µg/L se consideran altas para las condiciones actuales y representan una alerta para tomar acciones, con el fin impedir el aumento en los niveles. Concentraciones mayores a 10 µg/L, representan contaminación de las aguas por hidrocarburos con graves riesgos para la biota.

Los niveles más altos de HDD se presentan en las áreas más pobladas, razón por la cual en el Caribe las zonas costeras más afectadas son Santa Marta, Barranquilla, Cartagena y los Golfos de Morrosquillo y Urabá. Algunas zonas como el sur de la Guajira y 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.

Desde el 2001 a la fecha, se observa una disminución importante en las concentraciones de hidrocarburos. Tanto en la costa Caribe como en el Pacífico; los sitios donde se registran valores mayores a 5.0 µg/L son de carácter puntual. En el 2001, las concentraciones de HDD tenían el rango más amplio, alcanzando los 33.7 µg/L (Nariño) en la época seca y 49,4 µg/L (Bolívar) en la época húmeda siguiente, en el 2002 los valores máximos fueron 17.8 (Córdoba) y 25.2 µg/L (San Andrés) para las épocas seca y húmeda respectivamente; en el 2003 el valor máximo fue de 13.9 µg/L (Chocó); en el 2004 de 9.7 µg/L (Atlántico); y en la época seca del 2005 no sobrepasan de 4.7 µg/L (Sucre).

Para analizar cuales son las zonas costeras más impactadas por residuos de hidrocarburos, se hizo una representación espacial de las estaciones donde se han encontrado las mayores concentraciones de HDD (Figura 3-2); en ellas podemos observar dos aspectos importantes: a) las concentraciones han disminuido con relación a las que se registraban con anterioridad al 2003; y b) en la actualidad los sitios con mayor impacto por hidrocarburos se localizan en el Pacífico.

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. Afortunadamente 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 en forma ligera. Por ejemplo, el valor más alto de HDD en Bolívar corresponde a la Bahía de Cartagena, que es un cuerpo de agua cerrado y de bastante desarrollo marítimo; pero el resto de la zona costera (ej, las islas) de este departamento se encuentra en condiciones más favorables.

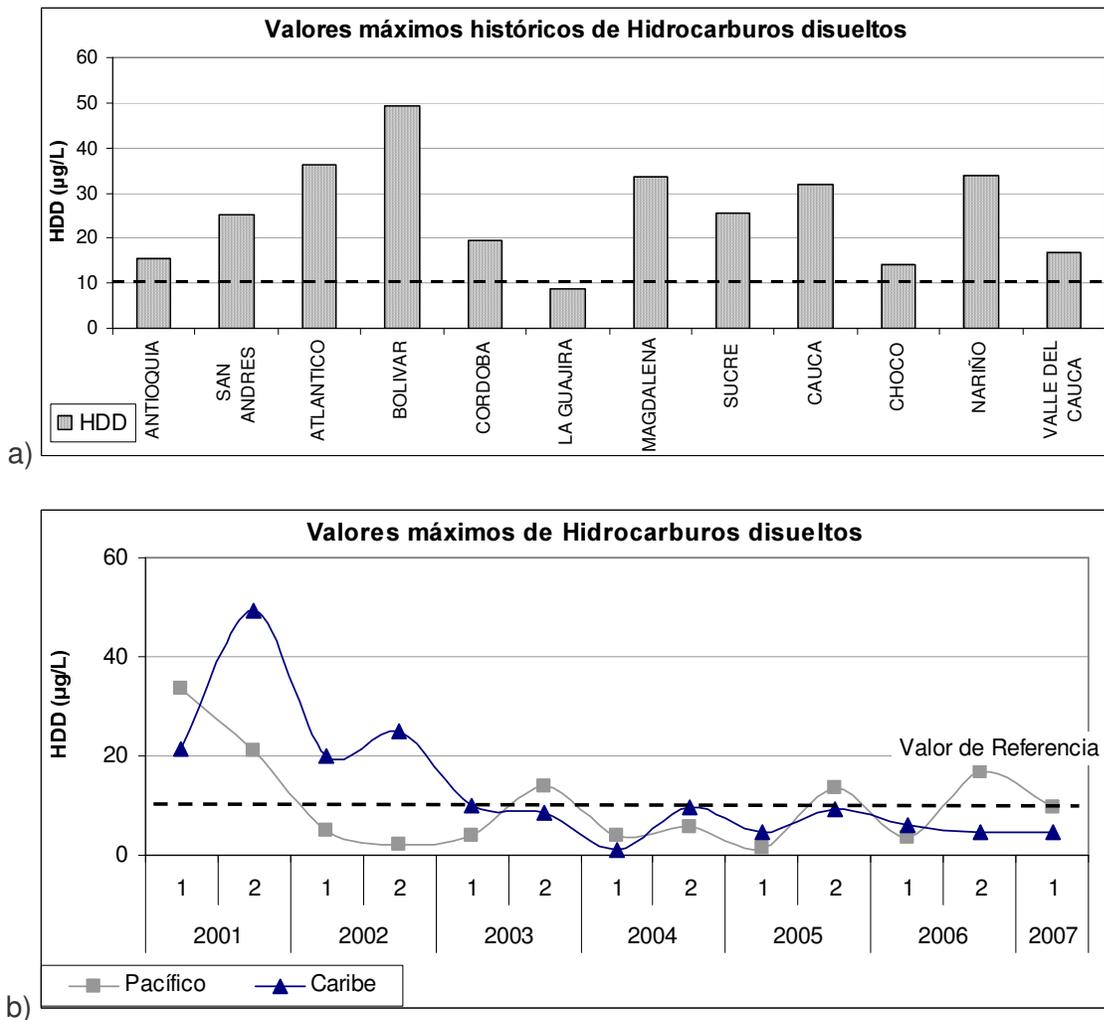


Figura 3-2. Valores máximos reportados en la base de datos REDCAM para hidrocarburos disueltos dispersos (HDD), en aguas. A) Por departamento, y B) Por monitoreo. (La línea punteada representa el valor de referencia de 10 µg/L)

3.2.2 Residuos de Plaguicidas

Los productos plaguicidas son parte integral de la agricultura intensiva, la mayoría de ellos son compuestos orgánicos sintéticos, cuyas propiedades físicas y químicas varían ampliamente. En su afán de conseguir mejores cosechas el hombre ha sintetizado compuestos con diversos grupos funcionales, tales como, organofosforados, organoclorados, piretroides y carbamatos, lo cual les otorga comportamientos muy diferentes en el medio.

En el Caribe la actividad económica que se desarrolla produce mayor presión ambiental, dado el gran número de habitantes de esta región, demandando productos, algunos dañinos, o que después de su uso se convierten en perjudiciales para el ambiente (insecticidas para el hogar y jardín, etc.). La necesidad de producir más alimentos conlleva a la utilización de compuestos agroquímicos y plaguicidas, que en muchas ocasiones terminan afectando seres distintos para los cuales fueron aplicados. Como las principales fuentes de plaguicidas al medio marino se han identificado: los cultivos (banano, arroz, pastos, algodón, maíz y frutales); la manufactura de los mismos en Cartagena y Barranquilla; los residuos 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.

Para fines de diagnóstico ambiental de la contaminación por plaguicidas organoclorados (OC) los resultados del análisis se compararon con el valor de referencia de 30 ng/L, utilizado en este informe como indicador umbral de alto riesgo en aguas marinas (Marín, 2002). Al igual que para los hidrocarburos, mediante el análisis histórico de datos de la REDCAM se estableció que para las aguas costeras colombianas, concentraciones inferiores a 5 ng/L se consideran bajas y no representan un riesgo para el ambiente, entre 5 y 15 ng/L representan un riesgo bajo; concentraciones entre 15 y 30 ng/L representan un riesgo medio por contaminación con OCT; y concentraciones mayores a 30 ng/L representan contaminación por OC con graves riesgos para la biota.

La Figura 3-3 representa los rangos de OC registrados durante el proyecto. 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).

En el Pacífico aunque no existen registros de OC anteriores al 2001, los valores máximos en Cauca y Nariño son del mismo orden a los registrados en el Caribe. Desde el 2003, las concentraciones no han variado, por el contrario de manera similar que en el Caribe se evidencia la disminución paulatina de los residuos de OC en, observándose en más del 70% de las estaciones concentraciones menores de 3 ng/L en los últimos tres años de estudio, excepto en los departamentos de Antioquia y san Andrés, los cuales presentaron en el 2006 las concentraciones más altas de los últimos años.

Una visión general del comportamiento de estos contaminantes se presenta en la Figura 3-3b. Desde el 2001 hasta el 2005 los valores más altos se encontraron en al 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 mas del 90% de las muestras colectadas estuvieron por debajo del límite de detección (Figura 3-3), a excepción de Antioquia donde el máximo valor fue de 15.9 ng/L. En el 2005 aunque el valor máximo se hallo 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 y en el 2007 nuevamente el valor mas alto en todo el país se localiza en la región del Urabá Antioqueño (17,6 ng/L).

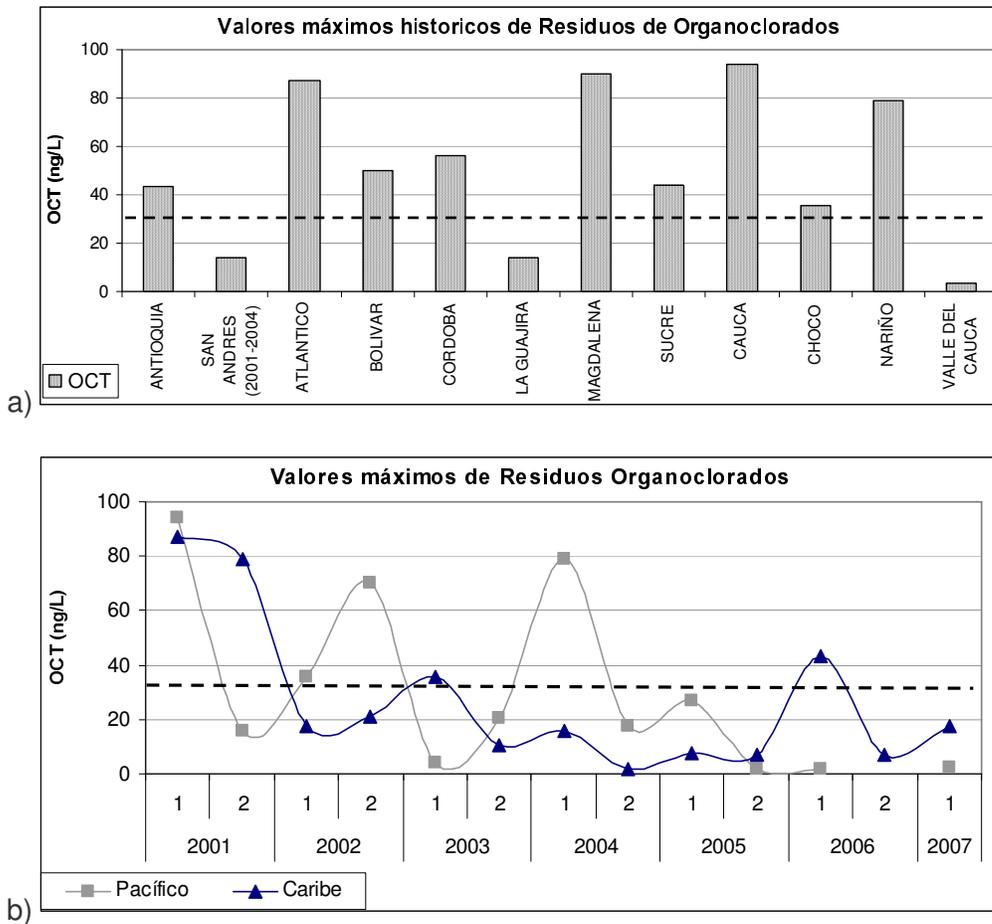


Figura 3-3. Valores máximos históricos reportados en la base de datos REDCAM en aguas. A) Por departamento, y B) Por monitoreo. La línea punteada representa el valor de referencia 30 ng/L, El valor máximo para el Valle del Cauca

Los resultados permiten afirmar que desde el 2001 las concentraciones de residuos OC para la región Caribe han disminuido, exceptuando los departamentos de San Andrés y Antioquia donde se registraron concentraciones que superan el nivel de referencia para alto riesgo de

toxicidad (148 y 54 ng/L). Para el Pacífico, esta tendencia se presenta desde el 2004 (Figura 3-3).

3.2.3 Microorganismos de Origen Fecal

Los mares y océanos están siendo impactados con las descargas de grandes cantidades de contaminantes, dentro de los cuales los microorganismos juegan un papel importante, por su asociación con la producción de enfermedades de riesgo para la salud pública. La contaminación microbiológica del recurso hídrico es una problemática que se vive de manera especial en los países del Caribe y de América Latina, teniendo en cuenta que un gran porcentaje de los residentes viven cerca de los ríos o líneas de costa, donde se vierten de manera descontrolada descargas de aguas residuales domésticas no tratadas o con tratamientos deficientes (PAHO, 2003), unido a la expansión de las áreas recreativas, prácticas inadecuadas de agrosilvicultura y la concentración del desarrollo industrial en las zonas (González *et al.*, 2003; OMS, 2003). En Colombia se estima que el volumen de descargas domésticas es cerca de 67 m³/s (Acevedo, 2004).

Es importante destacar que las áreas marinas afectadas por la descarga de contaminantes, también son empleadas para el desarrollo de actividades turísticas, lo cual aumenta el riesgo de infección de los visitantes o bañistas a enfermedades de transmisión hídrica, al igual que el menoscabo de ambientes ecológica y económicamente importantes, como el caso de diversos estuarios y cuerpos de agua empleados para el cultivo de mariscos y peces (González *et al.*, 2003).

Bajo este contexto, es primordial conocer y controlar las condiciones microbiológicas de las fuentes hídricas, lo cual se lleva a cabo con la determinación de bacterias indicadoras de contaminación fecal, Coliformes y Enterococos, que han sido empleados ampliamente para asociar la contaminación proveniente de fuentes humanas y de animales de sangre caliente (Bordalo *et al.*, 2002).

El análisis de resultados muestra que los ríos con mayor concentración de Coliformes totales/100 ml entre el segundo muestreo del 2006 y el primer muestreo de 2007 fueron el Río Manzanares en el departamento de Magdalena (1.600.000 NMP), Río Jella en Choco (540.000 NMP), Desembocadura del Río Caimán en Antioquia, Río Magdalena en Atlántico (500.000 NMP) y Río Sinú en Córdoba (350.000 NMP), valores que están por encima de los límites establecidos en la legislación colombiana para estos fines (MINSALUD, 1984) y representan un riesgo potencial de adquirir enfermedades de transmisión hídrica. Estos ríos hacen parte de las principales vertientes del País y se encargan de recolectar y transportar al mar, los residuos generados por los distintos municipios y ciudades a lo largo de su cuenca. De igual forma, una gran parte de estos tributarios son empleados para actividades de pesca, en algunos casos recreación de tipo secundario e inclusive actividades que involucran el contacto primario, especialmente por parte de habitantes locales.

Otras fuentes relevantes de Coliformes fueron el Emisario en Santa Marta en el Magdalena y la Bahía de Buenaventura en el Valle del Cauca, con valores de CTT y CFS de 460.000 y 2.400.000 NMP/100 ml, respectivamente. Estas concentraciones son las de mayor orden en los siete años de monitoreo de la REDCAM y responden, en el caso del Emisario, a que las descargas de aguas residuales domésticas que se vierten al mar a cierta profundidad y distancia, posiblemente no fueron asimiladas en el tiempo óptimo que requiere el cuerpo

receptor para su recuperación. En la Bahía de Buenaventura, se debe a la influencia de los ríos que allí desembocan, como Anchicaya, Dagua, Potedo y Raposo, sumado a las descargas de aguas residuales de las poblaciones costeras de Buenaventura, la Bocana, la Playita y San José de Anchicaya, entre otras.

En relación con aguas de recreación, Colombia cuenta con un conjunto de playas atractivas para el turismo y sus diversas actividades, las cuales se ubican por lo general cerca de áreas urbanas que vierten aguas residuales, constituyéndose en uno de los principales problemas sanitarios y ecológicos de las zonas costeras. Así mismo, tanto en el Caribe como en el Pacífico colombiano existen otras áreas recreativas cercanas a los ríos, donde se controla el flujo de agua ya sea para recreación (cuando el agua es represada antes de su descarga) u otros propósitos. La represa y descarga en sí pueden incrementar los niveles microbianos mediante la re-suspensión de sedimentos, además la contaminación por microorganismos patógenos puede estar influenciado por los periodos climatológicos, por ejemplo en época de lluvias los niveles de microorganismos puede elevarse debido al lavado de los suelos. En cuanto a la calidad microbiológica, departamentos como San Andrés, Choco, Cauca, Nariño y Guajira presentaron condiciones óptimas en la totalidad de sus balnearios, para actividades de contacto primario y secundario, teniendo como base los lineamientos de la legislación colombiana (200 NMP CFS/ 100 ml) y la Organización Mundial de la Salud (40 UFC Enterococos/ 100 ml). En contraste, el departamento de Sucre en el primer muestreo de 2007, tuvo siete de sus nueve playas no aptas para la recepción de bañistas (26.500 NMP CFS/100 ml y 190 UFC Enterococos/100 ml) y de las cuales, la más importante es la estación *Coveñas Coquerita*. Históricamente, esta estación ha presentado valores significativos de indicadores de contaminación fecal, provenientes de los vertimientos del Arroyo Villeros que recoge las aguas residuales de la Base Militar de Coveñas y de algunas poblaciones aledañas.

Otros balnearios que no fueron idóneos para las actividades de recreación en el segundo muestreo del 2006 fueron Playa Pasacaballos, Salahonda y Mosquera en Nariño, Juanchaco en Valle del Cauca, Playa Arboletes y Necoclí en Antioquia; playa Rodadero, Taganga, Municipal y Salguero en Magdalena. En el primer muestreo del 2007 se encontraron no aptas Playa Blanca en San Antero Córdoba, Playa Municipal y Taganga en el departamento de Magdalena y Playa Pradomar, Salgar y Puerto Colombia en Atlántico.

Las condiciones sanitarias de los balnearios son fundamentales para la seguridad de los bañistas, ya que estos se exponen agentes infecciosos a través del agua de baño en actividades de nado, careteo o buceo y a través de la ingestión directa de la misma. De igual manera el riesgo de infección de alguna enfermedad aumenta en temporadas de mayor afluencia de personas, donde hay mayor tiempo de exposición y mayor población expuesta por área (González *et al.*, 2003; OMS, 2003).

3.3 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS

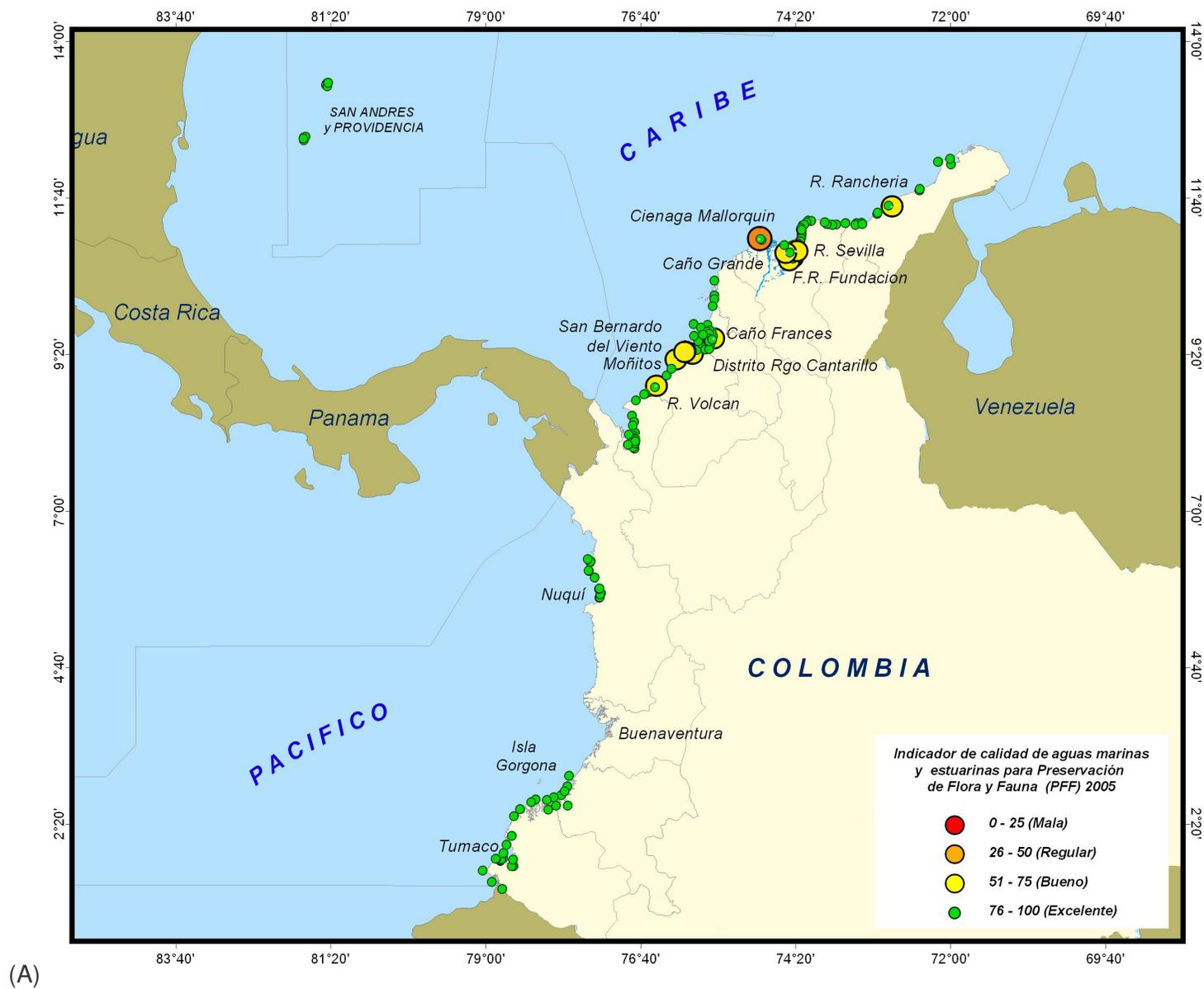
Desde el año 2001 se han realizado esfuerzos por unificar las mediciones sobre la calidad de los recursos naturales del país, mediante el uso de indicadores (IDEAM, 2002). Sin embargo, cada uno de los esfuerzos por definir y usar los indicadores, ha develado la complejidad de la tarea que a su vez incide sobre los resultados de esa labor. En la actualidad el indicador de calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia ICAM, ha tenido un desarrollo que permite

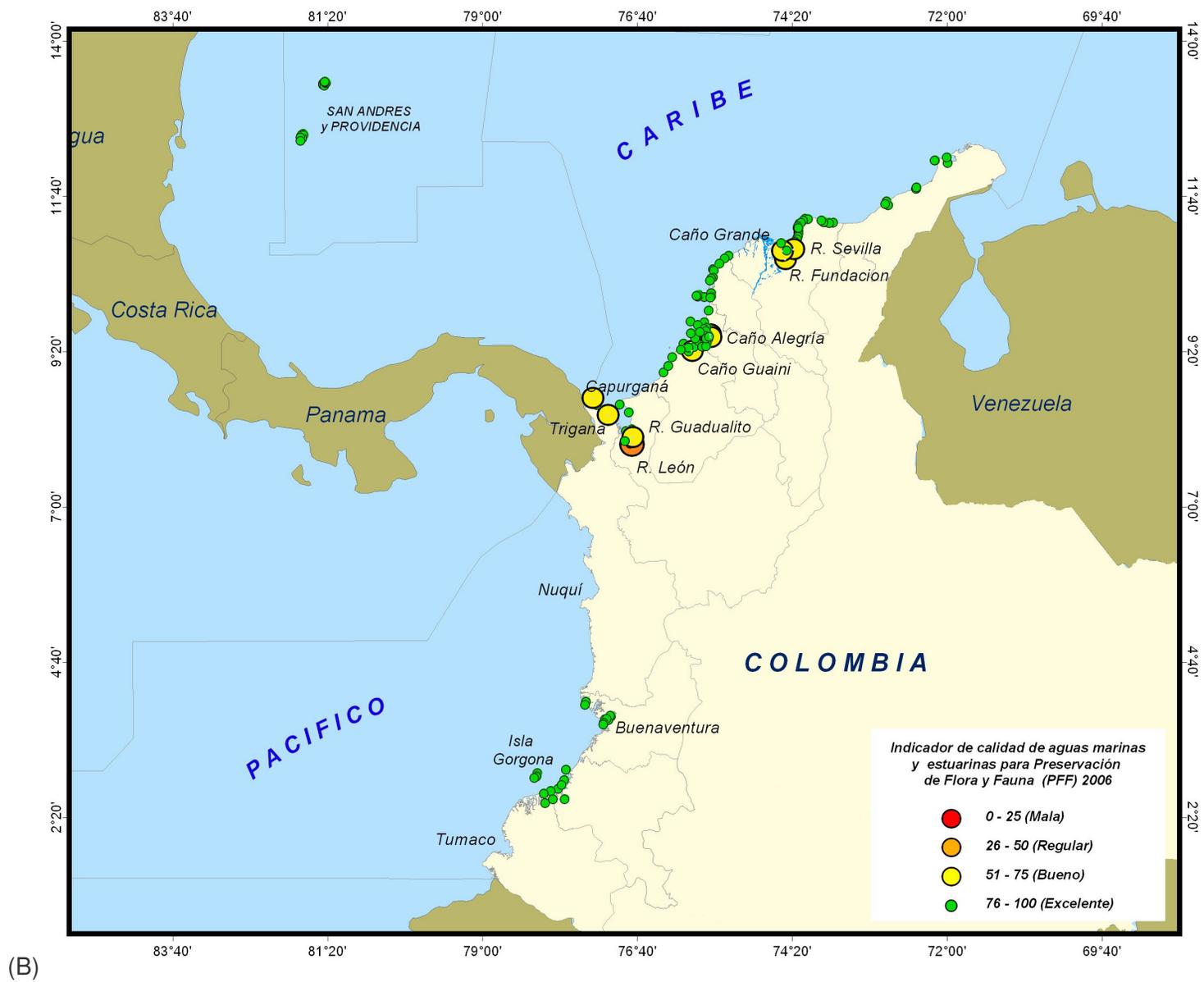
iniciar el análisis de los resultados de esta herramienta dentro de la base de datos del proyecto REDCAM.

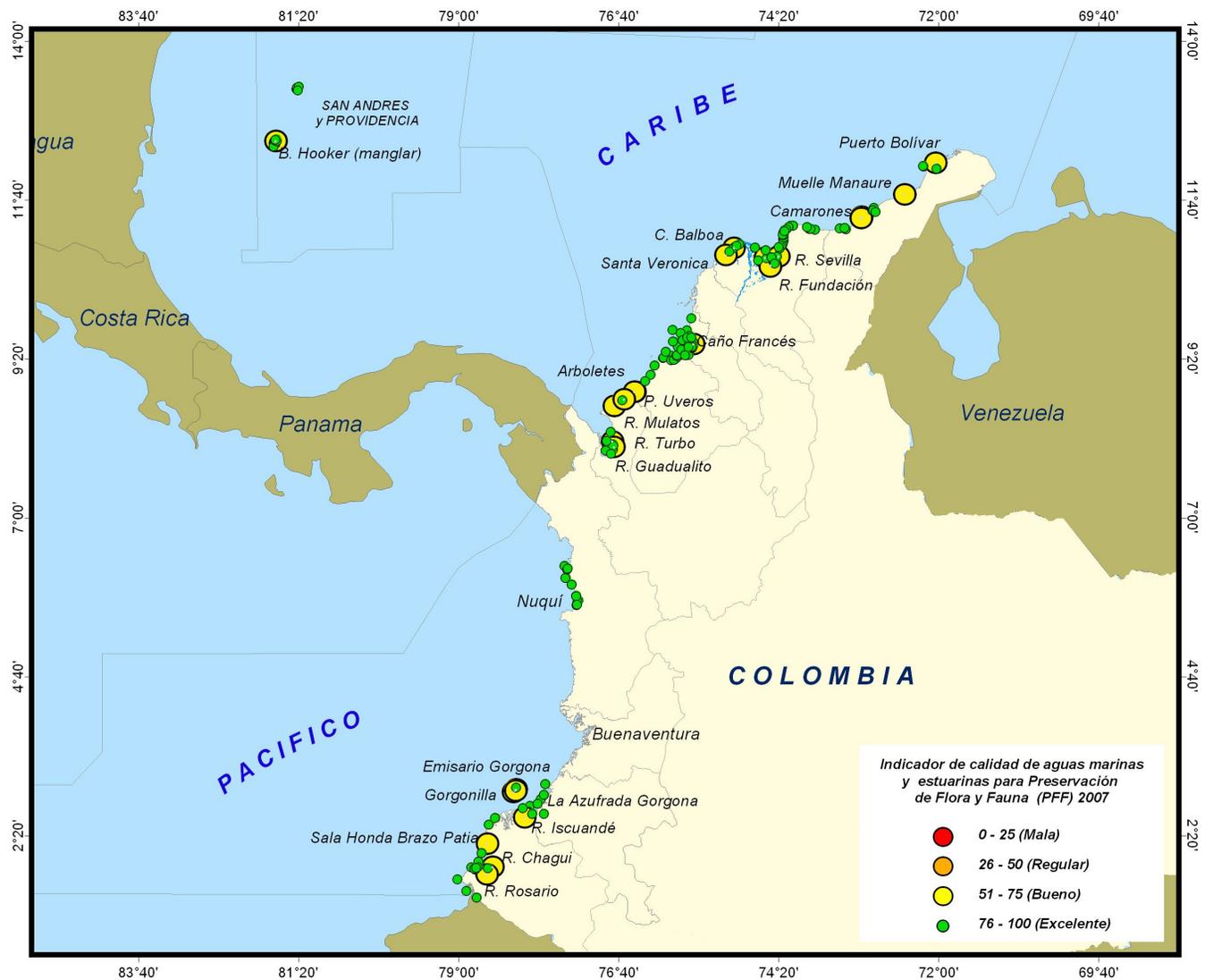
La Figura 3-4, representa los resultados del cálculo del ICAM usando los resultados de los muestreos del primer muestreo de 2005, 2006 y 2007. Los gráficos muestran que algunas estaciones que presentaban condiciones regular en el 2005 (e.g. Ciénaga Mallorquín), se han recuperado; pero otras estaciones que tenían excelentes condiciones en el pasado, en la actualidad presentan índices de calidad buenos (San Andrés y Guajira para el Caribe; Nariño y Cauca en el Pacífico). En la mayoría de los casos, los datos que influyen en la disminución del índice de calidad, corresponden a una variable que presentó cambios en las concentraciones y que influyen en el cálculo (es el caso de la estación *Azufrada* en la Isla Gorgona, que presentó un aumento en la concentración de sólidos en suspensión que llegó a 64 mg/L).

En los cálculos del ICAM se evidencia que uno de los parámetros que más influyó en el primer muestreo de 2007 fueron las concentraciones de sólidos disueltos (> 70 mg/L) y los bajos contenidos de oxígeno en el agua (< 4 mg/L; INVEMAR, 2007b). Ese caso se presentó en las estaciones de *Playas de Arboletes* y *Playa Uveros* en el departamento de Antioquia, *Playa Camarones* y la estación *Frente a Camarones* en La Guajira y *Caño Alegría* en Sucre.

Algunos de los parámetros medidos tienen como fuente principal las aguas residuales, por lo se recomienda en este aspecto la implementación de plantas de tratamiento para aguas residuales y mejora de las existentes, de manera que se disminuya el impacto sobre las aguas costeras y sus ecosistemas asociados.







(C)

Figura 3-4. Representación gráfica del Indicador de Calidad de aguas marinas para el uso de preservación de flora y fauna, aplicado a los datos de muestreo del primer muestreo de (A) 2005, (B) 2006 y (C) 2007.

3.4 IMPACTO EN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS Y SUS RECURSOS NATURALES

El aumento de las poblaciones que se desarrollan en las zonas costeras del país, se relaciona con los aumentos en las actividades agrícolas e industriales, necesarias para el desarrollo de esas poblaciones. Como resultado la “salud” de los ecosistemas costeros se ve afectada, por el pobre manejo que se realiza a los desechos sólidos y líquidos, con significativas implicaciones a nivel ecológico, socioeconómico y de salubridad.

En la mayoría de las áreas costeras del mundo se han registrado daños por contaminación, afectando significativamente las pesquerías costeras y marinas (Islam y Tanaka, 2004). Por consiguiente, el control de la contaminación acuática se ha identificado como una necesidad inmediata para el manejo sostenible y la conservación de los recursos hidrobiológicos. En ese sentido Williams (1996) considera que el conocimiento científico aporta a la solución del problema, con la introducción de estrategias de manejo eficaces para el control de la contaminación marina.

3.4.1 Impactos Potenciales

El sector agrícolas aporta aproximadamente la mitad de la contaminación total del agua superficial, a través del enriquecimiento de nutrientes, principalmente, los iones amonio (NH_4) y nitrato (NO_3) derivados de los fertilizantes agrícolas (Soetaert *et al.*, 2006) y los pesticidas y sus residuos, que están catalogados entre los agentes más devastadores para los organismos y ecosistemas acuáticos ya que afectan todos los niveles de la cadena trófica (EPA, 2006). Los efectos ecológicos de los pesticidas son variados y a menudo complejos.

Debido a que los organismos más pequeños son comidos por organismos más grandes, la concentración de pesticidas y otros químicos son cada vez aumentados en el tejido y otros órganos de los animales consumidores. Así, pueden observarse las mayores concentraciones en las aves rapaces e incluso en el hombre. La presencia de residuos de pesticidas en diferentes organismos de la cadena alimenticia, empieza con el eslabón del fitoplancton marino, en el que pueden presentarse niveles relativamente altos de compuestos análogos del DDT.

Por otra parte, el alcantarillado también es una fuente importante de contaminantes al medio marino (Islam y Tanaka, 2004), ya que a través de él se producen descargas municipales, industriales, restos de animales, entre otros. En las ciudades altamente pobladas se generan grandes cargas diarias de residuos que son canalizados por los sistemas del drenaje, que generalmente terminan en ríos cercanos o los sistemas acuáticos. Los químicos orgánicos sintéticos (organoclorados, organofosforados, PAHs y organometales) son de preocupación ambiental, debido a su alta toxicidad y la alta persistencia en el ambiente y en los sistemas biológicos.

El alcantarillado contiene una serie de agentes contaminantes como metales pesados y elementos traza, que tienen efectos directos e indirectos sobre los organismos y ecosistemas. El efluente del alcantarillado esta constituido principalmente de materiales orgánicos en naturaleza y por consiguiente, sujeto al decaimiento bacteriano. Como resultado de esta

actividad bacteriana, la concentración del oxígeno en el agua es reducida, por esta razón el alcantarillado tiene una DBO alta. Esto puede agotar el oxígeno que necesita la biota acuática que conlleva al de proteínas y otros compuestos nitrogenados, mientras se liberan el sulfuro de hidrógeno y el amoníaco, compuestos potencialmente tóxicos para los organismos marinos aun en bajas concentraciones.

Los metales considerados los más tóxicos para la vida marina incluyen, en orden de toxicidad decreciente: mercurio, cadmio, plata, níquel, selenio, plomo, cobre, cromo, arsénico y zinc (Islam y Tanaka, 2004). Estos metales interfieren en procesos metabólicos, causan un aumento en la permeabilidad de la membrana celular en el fitoplancton y otras algas marinas, que conllevan a la pérdida de constituyentes intracelulares y por consiguiente, afectan la integridad celular.

La turbidez ocasionada por los sedimentos que ingresan con los ríos y descargas continentales, limitan la penetración de la luz del sol en la columna de agua, afectando el crecimiento de algas y plantas acuáticas arraigadas. Los contaminantes llegan a los peces y otros predadores, a través de la ingestión de sedimento e indirectamente a través del alimento (asociado con la fracción de carbono particulado del sedimento). Los deltas, bosques de manglar, las playas y otros hábitats costeros se ven favorecidos por el suministro de sedimentos, mientras que los arrecifes de coral y las praderas marinas, pueden sofocarse o privarse de luz, siendo la sedimentación una de las mayores amenazas globales para los arrecifes, particularmente en el Caribe (Islam y Tanaka, 2004).

3.4.2 Impactos sobre ecosistemas y recursos naturales asociados

3.4.2.1 Manglares y Lagunas Costeras

La eutroficación es uno de los problemas que está afectando a las lagunas costeras cercanas a los grandes centros poblacionales y las desembocaduras de las principales arterias fluviales, tanto en el Caribe como en el Pacífico colombiano. Se han registrado concentraciones elevadas de nutrientes y cambios en las poblaciones de especies características en zonas como Riohacha, las ciénagas de Mallorquín, Tesca, Santa Marta, en los manglares aledaños a Turbo, San Andrés y en las aguas interiores de las bahías de Buenaventura y Tumaco (INVEMAR, 2004).

En el Pacífico colombiano se concentra la mayor extensión de manglares del país, la cual ocupa una franja casi continua y de ancho variable. Aunque en esta costa el impacto sobre el ecosistema ha sido de menores proporciones, se calcula que hubo una reducción del 5% (casi 14.000 ha) de estos manglares entre 1969 y 1996, la mayor parte de la cual se ha dado en el Cauca, como consecuencia de la tala para aprovechamiento de madera y desarrollo agropecuario, además de procesos erosivos fluvio-marinos y la salinización de suelos (Garzón-Ferreira 1998). En la bahía de Buenaventura, los árboles de mangle son muy bajos y poco desarrollados debido al alto nivel de intervención por aprovechamiento forestal, la proliferación de asentamientos humanos y la contaminación por residuos líquidos y sólidos. En Nariño los manglares han recibido impactos derivados de la explotación para la obtención de taninos, la construcción de piscinas camarónicas, la substitución por cultivos agrícolas de subsistencia y la obtención de leña. Por otra parte, las autoridades locales han emprendido proyectos de recuperación, lo que sumado a la disminución del impacto por el cese del aprovechamiento y la

reducción en el mercado de las camarонерías ha propiciado una lenta recuperación de este ecosistema.

3.4.2.2 *Playas y Litorales Rocosos*

Las playas y litorales rocosos son impactadas por el aumento turístico y el crecimiento poblacional. Debido al retraso administrativo para una adecuada disposición de desechos, se ha impactado la calidad paisajística de estos ecosistemas, por la acumulación de basuras y aguas turbias, redundando en el deterioro de estos hábitats que además generan importantes ingresos económicos a los pobladores locales y la nación.

El efecto de los contaminantes sobre las playas y litorales rocosos ha sido escasamente estudiado en el país. No obstante se sabe que las poblaciones de invertebrados que habitan playas y acantilados han sido diezgadas e inclusive agotadas en los sitios de mayor afluencia turística, como resultado de la mala planificación de la actividad y la escasa educación de los guías de turismo, así como de los mimos turistas. En ciertos sitios estratégicos, las playas son un ambiente fundamental para la anidación de tortugas, en donde la acumulación de desechos puede impedir que los neonatos lleguen al mar y esto aumenta el número de pérdidas en poblaciones que ya están en peligro de extinción. Por otra parte, el ruido y la iluminación en las playas, son contaminantes visuales y auditivos que impiden la oviposición, perturban el nacimiento de las pequeñas tortugas y las desvían de su camino al mar.

Actualmente no se cuenta con información cuantitativa verídica, pero se puede decir que las comunidades de playas y litorales que han sido más fuertemente impactados por la contaminación y la sobreexplotación son aquellas ubicadas en las cercanías a los centros poblacionales y turísticos, como Santa Marta, Cartagena, el golfo de Morrosquillo y San Andrés.

3.4.2.3 *Arrecifes coralinos y Praderas de Fanerógamas*

El efecto de los contaminantes sobre los ecosistemas coralinos y las praderas de fanerógamas es aun un campo por explorar en el país. Es claro que el porcentaje de coral vivo, ha sufrido cambios en los últimos años, que generalmente son de disminución del sustrato arrecifal. En el Pacífico las reducciones han sido temporales, y generalmente asociadas a los períodos de ocurrencia del fenómeno El Niño (Garzón-Ferreira, 1998, INVEMAR, 2004).

Entre las amenazas antropogénicas de mayor impacto en las dos costas están la pesca con explosivos, extracción de recursos vivos (principalmente langosta y caracol), alteración de los cursos de agua continentales y el incremento en la sedimentación. En el Caribe se presentan altos valores de sobrepesca, actividades turísticas, desarrollo urbano y contaminación por aguas residuales (INVEMAR, 2004).

La zona donde se ha observado más el deterioro de las formaciones de corales y praderas de fanerógamas en el país es en la bahía de Cartagena. Hay evidencias que, hasta hace aproximadamente 50 años, en el interior de la bahía existían formaciones coralinas vivas y praderas de fanerógamas; actualmente han desaparecido o están en avanzado estado de deterioro, proceso que se inició hace tres siglos con la apertura del canal del Dique y la consiguiente llegada de una alta carga de sedimentos. Por otro lado, la contaminación química ha sido identificada como otro agente potencial de degradación arrecifal (Garzón-Ferreira, 1998) debido al efecto de los desechos industriales y domésticos de la zona industrial de Mamonal y

Cartagena. Durante el 2004 se registraron niveles bajos en cuanto a la prevalencia de enfermedades coralinas, no obstante en San Andrés hubo un incremento notable de Plaga Blanca. Los valores de blanqueamiento se han mantenido dentro del rango de variación observado en todas las áreas de monitoreo, no obstante las amenazas y los agentes de degradación continúan ejerciendo influencia sobre estos ecosistemas estratégicos.

3.4.2.4 *Fondos Sedimentos y sistemas pelágicos*

Los impactos que reciben los organismos que habitan los extensos fondos sedimentarios de las costas del país son las descargas de las zonas agrícolas e industriales, aguas servidas urbanas, lixiviado de basuras, residuos sólidos y la pesca semi-industrial de camarón.

Los fondos sedimentarios son el ecosistema marino más extenso y el menos conocido en la actualidad. Áreas como la plataforma del Magdalena y el Golfo de Morrosquillo presentan más información que las demás y de allí se tiene el conocimiento actual del bentos en Colombia. La Bahía de Cartagena y la Ciénaga de Tesca presentan comunidades bentónicas pobremente desarrolladas (en comparación con las asociaciones de la plataforma de Bolívar, Magdalena y Guajira) que presentan bajas densidades y riqueza de familias, debido a los problemas de contaminación orgánica e industrial que allí se presentan.

Muchos recursos pelágicos han sido diezmados por la sobreexplotación, tanto en el Caribe como en el Pacífico. En Colombia es difícil evaluar la calidad ambiental de estas comunidades pues aún no existen estudios de referencia para evaluar impactos y perturbaciones sobre los sistemas bénticos, pelágicos y planctónicos. Por esta razón se requiere desarrollar estudios sobre la ecología de las comunidades bentónicas, los factores que las regulan, su riqueza, variación espacial y temporal, dada la importancia que tienen estos organismos en la cadena trófica como alimento de especies comerciales de peces e invertebrados.

3.5 CONCLUSIONES

El diagnóstico de la calidad de aguas marinas y costeras muestra que los principales tipos de contaminantes que llegan a los ambientes marinos costeros del país, en general siguen correspondiendo a los residuos líquidos domésticos e industriales, productos utilizados en las actividades agropecuarias, y los derivados de la explotación y manejo de minerales. Las principales vías de entrada de estos contaminantes son los ríos y los vertimientos directos al mar de las poblaciones costeras, con actividades importantes como las portuarias o industriales. Los sitios donde se sigue observado deterioro de la calidad de los ambientes costeros son Bahía de Cartagena, el Golfo de Urabá, el Golfo de Morrosquillo y la desembocadura del río Magdalena para el Caribe; la Bahía de Buenaventura y las desembocaduras de los ríos Mira y San Juan, en el Pacífico.

En el 2007, los parámetros que más influyeron en la calidad de las aguas marinas y costeras fueron sólidos disueltos (>70 mg/L) y oxígeno disuelto (< 4 mg/L). En las estaciones de Playas de Arboletes y Playa Uveros en el departamento de Antioquia, Playa Camarones y Frente a Camarones en La Guajira y Caño Alegría en Sucre.

En cuanto a los hidrocarburos dispersos disueltos (HDD), desde el 2001 se muestra una disminución importante en la concentración de HDD tanto en el Caribe como en el Pacífico.

Durante el 2007, los sitios donde se registraron valores mayores al de referencia (10 µg/L) son de carácter puntual.

Durante el proyecto, en los departamentos de Magdalena, Bolívar y Atlántico se han registrado los valores históricos de organoclorados (OC) más altos, seguidos de Córdoba y Sucre, ya que presentan 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 la Virgen, y en Golfo de Urabá, en cuya cuenca existe una fuerte actividad bananera. Desde el 2003, es evidente una tendencia a la disminución paulatina de los residuos de OC en aguas, tanto del Caribe como del Pacífico, observándose en más del 70% de las estaciones concentraciones menores a 3 ng/L, excepto en los departamentos de Antioquia y San Andrés, los cuales presentaron en el 2006 concentraciones altas. Durante el 2007, todas las mediciones estuvieron por debajo del límite de detección.

Para las mediciones de contaminación fecal, las estaciones con mayor concentración de Coliformes totales/100 mL, en el muestreo de 2006 y 2007 fueron el Río Manzanares en el Magdalena (1.600.000 NMP), Río Jella en Chocó (540.000 NMP), Desembocadura del Río Caimán en Antioquia, Río Magdalena en Atlántico (500.000 NMP) y el Río Sinú en Córdoba (350.000 NMP). Otros sitios con alta presencia de Coliformes fueron el Emisario submarino de Santa Marta y la Bahía de Buenaventura con valores de 460.000 NMP/100 mL Coliformes totales (CTT) y 2.400.000 NMP/100 mL Coliformes termotolerantes (CFS), respectivamente. Estas concentraciones son las de mayor orden en los siete años de monitoreo de la REDCAM y responden, en el caso del Emisario, a que las descargas de aguas residuales domésticas que se realizan al mar a cierta profundidad y distancia, posiblemente no fueron asimiladas en el tiempo óptimo que requiere el cuerpo receptor para su recuperación; mientras que en la Bahía de Buenaventura se debe a la influencia de los ríos que allí desembocan, como Anchicaya, Dagua, Potedo y Raposo, sumado a las descargas de aguas residuales de las poblaciones costeras de Buenaventura, la Bocana, la Playita y San José de Anchicaya, entre otras. En relación con aguas de recreación y su calidad microbiológica, departamentos como San Andrés, Choco, Cauca, Nariño y Guajira presentaron condiciones óptimas en la totalidad de sus balnearios, para actividades de contacto primario y secundario teniendo como referencia la legislación colombiana (200 NMP CFS/ 100 mL) y la Organización Mundial de la Salud (40 UFC Enterococos/ 100 mL). Situación contrastante con la estación Coveñas Coquerita (Sucre) que en el primer muestreo de 2007 fue playa no apta para la recepción de bañistas con 26.500 NMP CFS/100 ml y 190 UFC Enterococos/100 ml.

COSTA CARIBE



Bahía de Santa Marta



Playa Blanca (Córdoba)

COSTA CARIBE

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

4.1 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS

Las concentraciones de nutrientes y niveles de otros parámetros fisicoquímicos en el Caribe durante el primer muestreo del año 2007, están relacionadas con las actividades consideradas fuentes de contaminación al medio acuático costero.

En San Andrés y Providencia, las estaciones del *Muelle San Andrés* y *Bahía Hooker (plantas)*, presentaron concentraciones de fosfatos por encima de 100 µg/L; aunque las de nitratos no fueron tan altas, los valores registrados en las mismas estaciones para el NO₃, fueron superiores a 70 µg/L.

En el departamento del Magdalena, las estaciones con niveles altos de iones inorgánicos de amonio y de fósforo, son las ubicadas en los ríos y caños de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) y su área de influencia. En el caso de los ríos que drenan de la Sierra Nevada las concentraciones superaron los 80 µg/L de amonio (NH₄) y las de fósforo (PO₄) por encima de 100 µg/L en los ríos Sevilla, Fundación y Aracataca. En el distrito de Santa Marta, las estaciones del *Emisario submarino* y del *Río Manzanares* reportaron valores de amonio por encima de 100 µg/L.

En el Atlántico, las estaciones *Ciénaga Balboa* y las playas de *Pradomar* y *Santa Verónica* presentaron niveles altos (superiores a 100 µg/L) de fósforo inorgánico. Estos registros suponen un vertimiento constante de aguas residuales, sobre la *Ciénaga Balboa* donde una parte de la población de Puerto Colombia, realiza allí sus vertimientos directos.

En Bolívar, *Canal del Dique*, *Matunilla*, *Correa*, *Lequerica*, *Arroyo Plata*, *Emisario de ACUACAR* son todos vía de entrada de nutrientes inorgánicos disueltos en la Bahía de Cartagena y algunos de ellos aportan grandes cantidades de sólidos suspendidos (en el caso del caño Matunilla este año se registraron valores superiores a 500 mg/L).

La franja costera de Antioquia, es la que más valores altos de nutrientes inorgánicos presenta. En total son 14 estaciones en las que el amonio, los ortofosfatos y en algunos casos, sólidos en suspensión tienen concentraciones elevadas (Figura 4-1, Figura 4-2 y Figura 4-3) que influyen sobre otros parámetros como el oxígeno disuelto, cuyas concentraciones están por debajo de 4 mg/L. Las estaciones que presentan estas condiciones son los *Ríos San Juan (Arboletes)*, *Caimán Nuevo*, *Guadualito*, *Turbo*, *Volcán* y *León*; las playas que resultan afectadas por los aportes de estos ríos son: *Arboletes*, *Necoquí*, *Turbo*, *Totumo*, *La Martina* y *Uveros*.

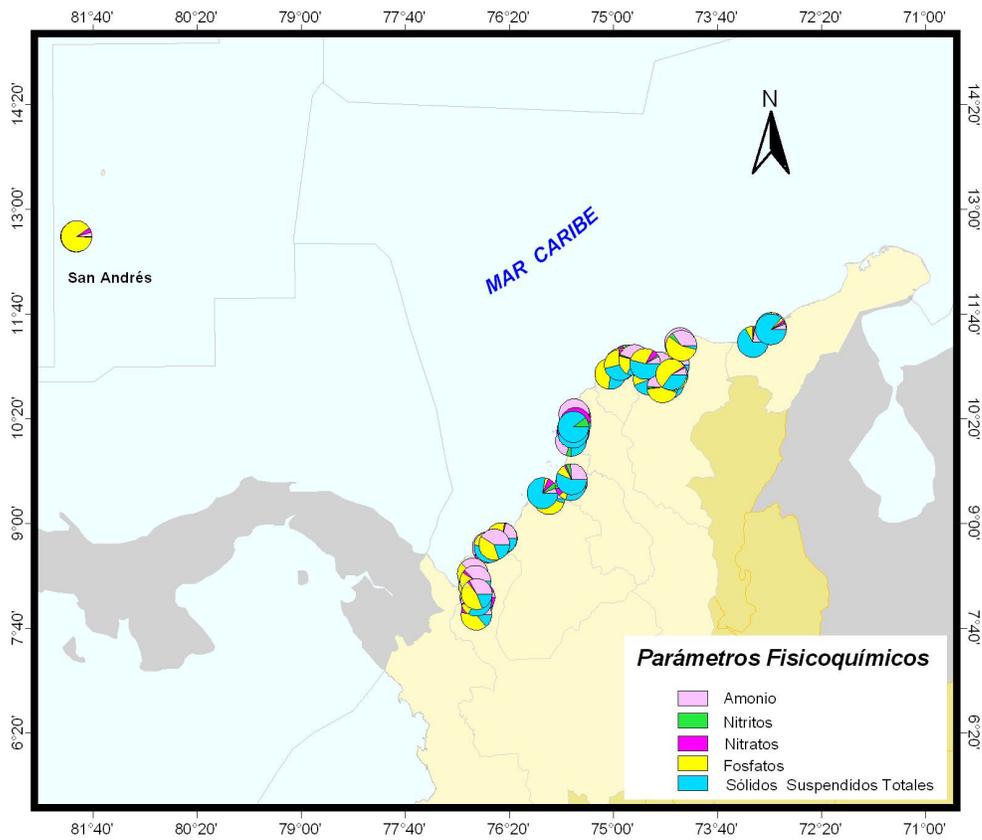


Figura 4-1. Sitios donde se han registrado concentraciones de nutrientes y sólidos suspendidos que superan el valor esperado en aguas naturales de la costa Caribe colombiana (REDCAM 2007).

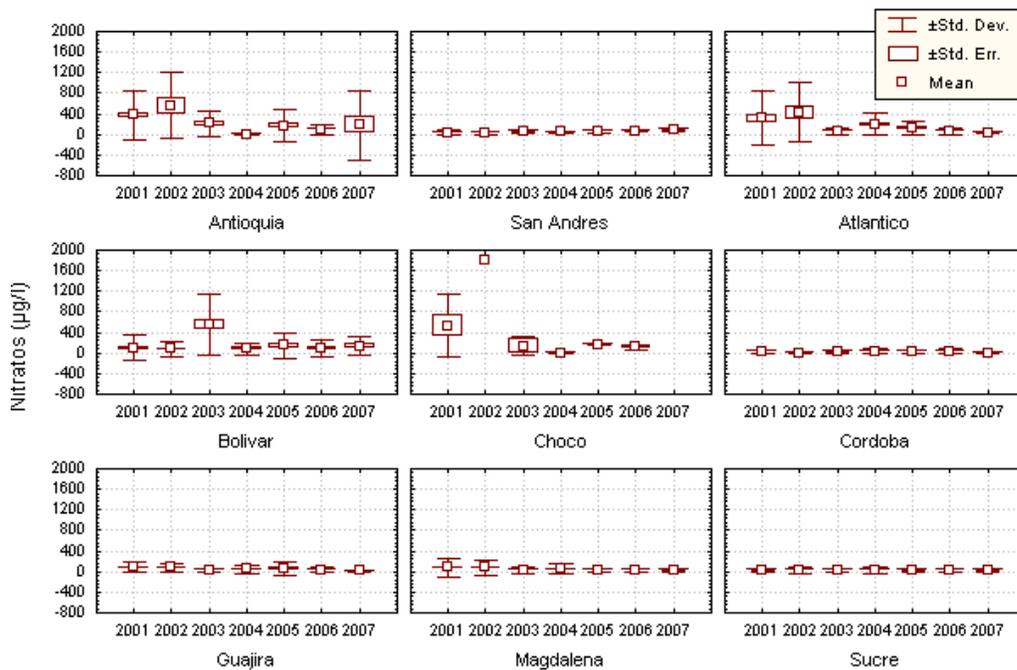


Figura 4-2. Tendencia histórica promedio de Nitratos ($\mu\text{g/L}$) en departamentos de la costa Caribe colombiana (REDCAM 2007).

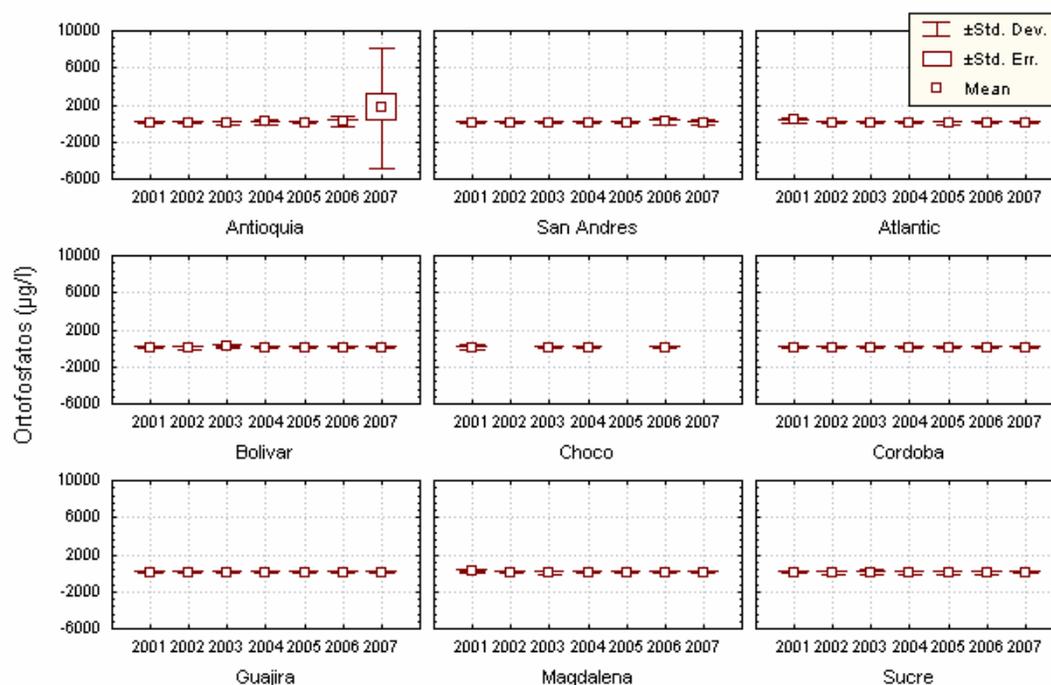


Figura 4-3. Tendencia histórica promedio de Ortofosfatos ($\mu\text{g/L}$) en departamentos de la costa Caribe colombiana (REDCAM 2007).

4.2 PRESENCIA DE CONTAMINANTES

4.2.1 Hidrocarburos del Petróleo

Las concentraciones de hidrocarburos en la costa Caribe están directamente relacionadas con la exploración, explotación, transporte, refinación y usos del petróleo y sus derivados y en gran medida con las actividades portuarias y marítimas. Existen problemas locales por derrames crónicos en los puertos, las refinerías de petróleo y por los buques de cabotaje, o 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 del Cerrejón, la industria de agroquímicos, la pesca artesanal e industrial, la agricultura intensiva, las salinas y la actividad turística, entre otras (Minambiente, 2000).

Históricamente en la zona costera de Atlántico, Bolívar y Magdalena se han encontrado valores de HDD que superan los $10 \mu\text{g/L}$, 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 tres departamentos, la actividad marítima, los parques industriales a orillas de los cuerpos de agua y los grandes centros urbanos.

En este sentido, los sitios más afectados por hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) derivados del petróleo corresponden al área de influencia de las ciudades de Santa Marta, Barranquilla, Cartagena y a los Golfos de Morrosquillo y Urabá. Algunas zonas como el sur de la Guajira y San Andrés tienen un impacto medio. En las áreas de influenciada de las descargas del Río Sinú (Córdoba) es recurrente la entrada de residuos de hidrocarburos, como resultado de la influencia de los pueblos ribereños del Río Sinú.

El análisis de la información muestra que en los últimos cuatro años ha habido una tendencia decreciente de concentración (Figura 4-4), también se observa que las concentraciones mas 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 siguiente 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 mas altas se localizaron en la *Bahía de Santa Marta* (5.92µg/L) y el *Golfo de Urabá* (4.59 µg/L, *Río Mulatos*) en el primero y segundo semestre respectivamente; en el 2007 nuevamente la concentración más alta se localiza en *Playa Berrugas* (Golfo de Morrosquillo, 4.75 µg/L).

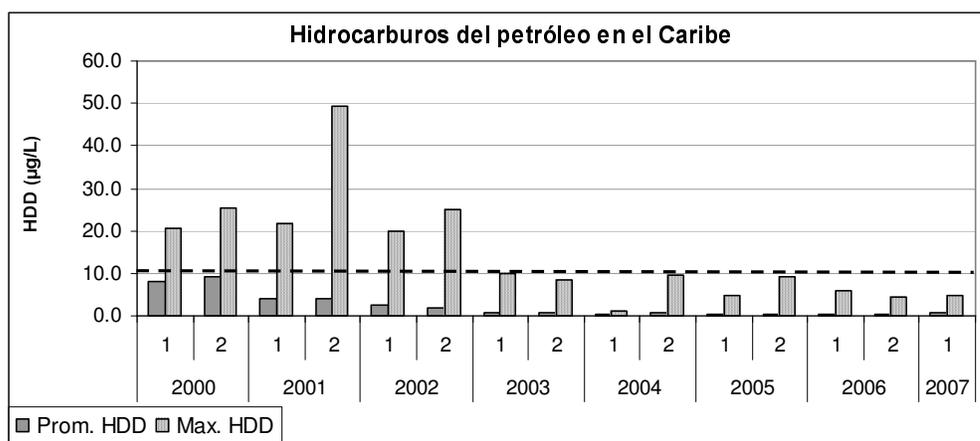


Figura 4-4. Concentraciones medias de HDD hidrocarburos en aguas costeras del Caribe colombiano (2000-2007)

4.2.2 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 que son transportados por los ríos y escorrentías, tal es el caso del Río Magdalena que recorre las principales regiones agrícolas del país y los ríos que cruzan la zona bananera de Urabá y Magdalena.

La contaminación de los ecosistemas marino-costeros del caribe colombiano con plaguicidas se produce por diferentes vías; entre que se encuentran el arrastre de contaminantes por 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 plaguicidas, 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: el Inderena; el Ministerio de Salud; la Universidad Jorge Tadeo Lozano; la Universidad Nacional; el CIOH en convenio con la OEA, Colciencias, IAEA, entre otras); el INVEMAR, Corpourabá, y la Universidad de Antioquia.

Algunos estudios determinaron que 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.

Las regiones en las cuales ha sido recurrente la presencia de OC son: la zona costera de Bolívar, principalmente la Bahía de Cartagena y la Ciénaga de Tesca. También, se han reportado altas concentraciones de plaguicidas organoclorados 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 insumos agroquímicos (Morales, 2001).

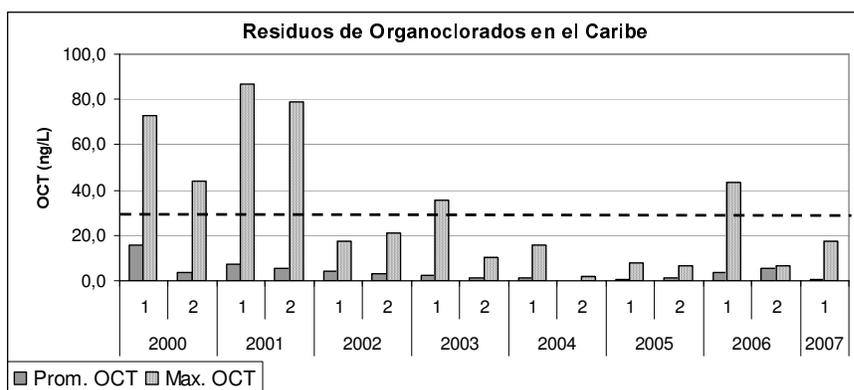


Figura 4-5. Concentraciones medias de residuos de organoclorados en aguas costeras del Caribe colombiano. (No incluye la información de San Andrés 2005-2006).

Analizando los rangos de OC obtenidos con el proyecto REDCAM, vemos que en departamentos como el Magdalena, Bolívar y Atlántico se han reportado 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 grandes de las llanuras costeras; grandes extensiones de cultivos de arroz, plátano, palma africana y pastizales, que drenan corrientes de agua al mar Caribe. Por fortuna los monitoreos revelan una tendencia de disminución en las concentraciones de estos residuos (Figura 4-5); siendo cada vez menos el

número de muestras que contienen residuos OC a excepción del departamento de San Andrés donde en los dos últimos años se han registrado concentraciones que superan el valor de referencia adoptado (>30 ng/L, 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 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 registran los niveles más altos para ese muestreo en la región Caribe (15,87 ng/L, Figura 4-6). 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 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 registran en el Golfo de Urabá (17.6 ng/L) evidenciando el impacto de las actividades agrícolas adyacentes al Golfo.

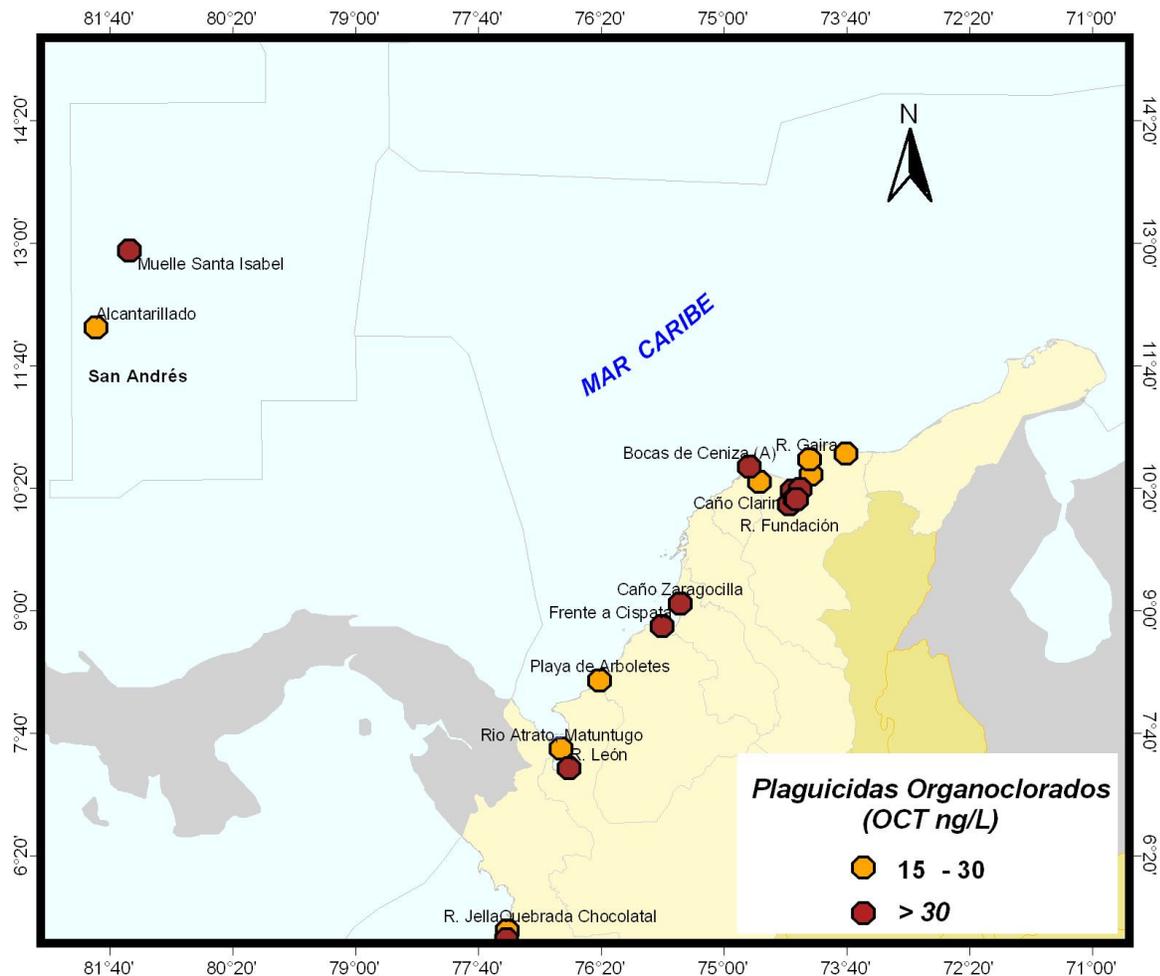


Figura 4-6. Sitios donde se han registrado concentraciones que superan el valor de referencia para organoclorados en aguas (> 30 µg/L). REDCAM 2001-2007.

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. 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 San Andrés que corresponden a los más altos del Caribe, por consiguiente es necesario mantener el seguimiento para establecer si estos residuos son transportados desde Centroamérica o se liberan desde la isla, tal como se planteó en el 2002 cuando también se midieron valores relativamente altos. Además, no se aprecia en las épocas húmedas 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 la oferta climática.

4.2.3 Microorganismos de Origen Fecal

La región Caribe cuenta con un sistema de tributarios que actúan como medio de transporte de microorganismos procedentes de los vertimientos de ciudades, municipios y asentamientos humanos a lo largo de su cuenca. En ésta región, los tributarios que mayores niveles de Coliformes presentaron en el periodo comprendido entre el segundo semestre de 2006 y el primer semestre de 2007 fueron: Río Manzanares (Magdalena), Río Caimán (Antioquia), Río Sinu (Córdoba), y el Río Magdalena a la altura del barrio Las Flores (Atlántico) (Figura 4-7). Las concentraciones de indicadores en los Ríos se encontraron en el orden de 10^5 NMP/100 ml, a excepción del Río Manzanares, el cual durante el año 2006 presentó un incremento significativo de CTT Y CTE, llegando a un valor de 1.600.000 NMP/100 ml. Es importante resaltar que aun cuando los efectos de estas descargas se minimizan con la llegada del contaminante al mar debido a procesos de dilución y dispersión, los cuerpos de agua tienen una capacidad límite de recepción, un área de influencia y un tiempo de recuperación, que por las grandes cantidades de desechos que están siendo vertidos, no se alcanzan a completar estos procesos en el corto plazo y se afectan zonas de importancia ecológica y turística (Boyd y Tucker, 1992).

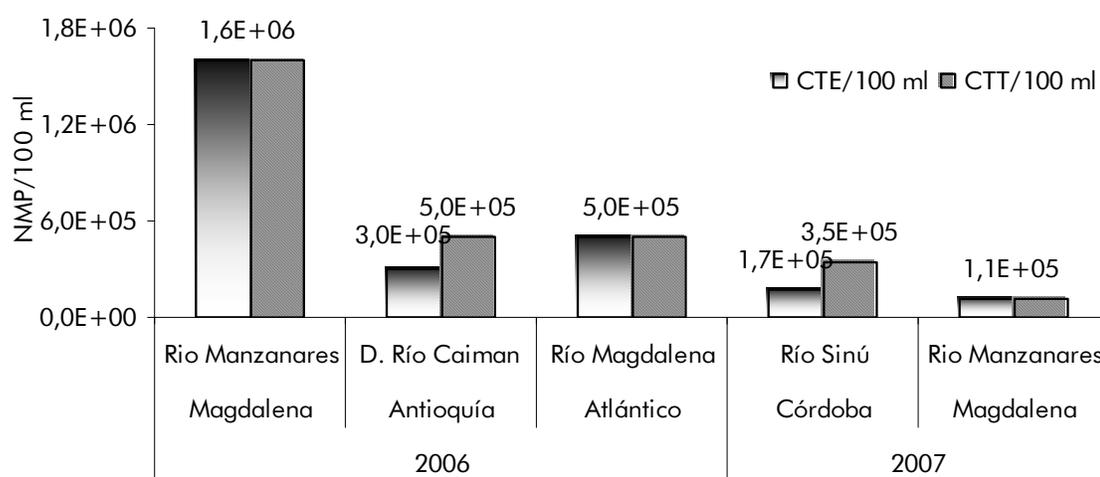


Figura 4-7. Concentración de Coliformes totales (CTT) y termotolerantes (CTE) en los tributarios de la Región Caribe durante el primer (I) semestre del año 2006 y segundo (II) semestre del año 2007.

La costa Caribe goza de un conjunto de áreas marinas destinadas al desarrollo del turismo, que atraen cientos de visitantes anualmente y que ha constituido una actividad de sustento económico en la región, de forma tal que conocer periódicamente el estado de las playas resulta de interés para las comunidades involucradas en esta actividad. Así, en el primer semestre del año 2007, se encontraron trece playas con concentraciones de CTE por encima de lo establecido en el decreto 1594 de 1984 (200 NMP CTE/ 100 ml), dentro de las cuales, siete están localizadas en el departamento de Sucre, tres en Atlántico, dos en Magdalena y una en Córdoba (Figura 4-8). El departamento de Sucre presenta la situación sanitaria más crítica en sus playas, debido a la falta de un sistema eficiente de alcantarillado que ocasiona el depósito de las aguas residuales domésticas en la zona costera del departamento. Ésta situación se repite en la mayoría de los municipios y ciudades del País y de América latina, y como es descrito por González *et al.* (2003), los vertimientos residuales en cuerpos de agua están asociados con la generación de numerosas enfermedades que van desde amebiasis hasta cólera.

De igual manera, durante el segundo semestre del año 2006, las playas de Necoclí y Arboletes en Antioquia, sobrepasaron los límites de CTE consignados en la legislación, con un valor de 2.400 y 1.700 NMP / 100 ml, respectivamente, mientras los departamentos de San Andrés, Guajira y Choco Caribe exhibieron condiciones bacteriológicas idóneas en sus aguas de baño y se encontraron seguros para el desarrollo de diversas actividades de recreación en el año de estudio.

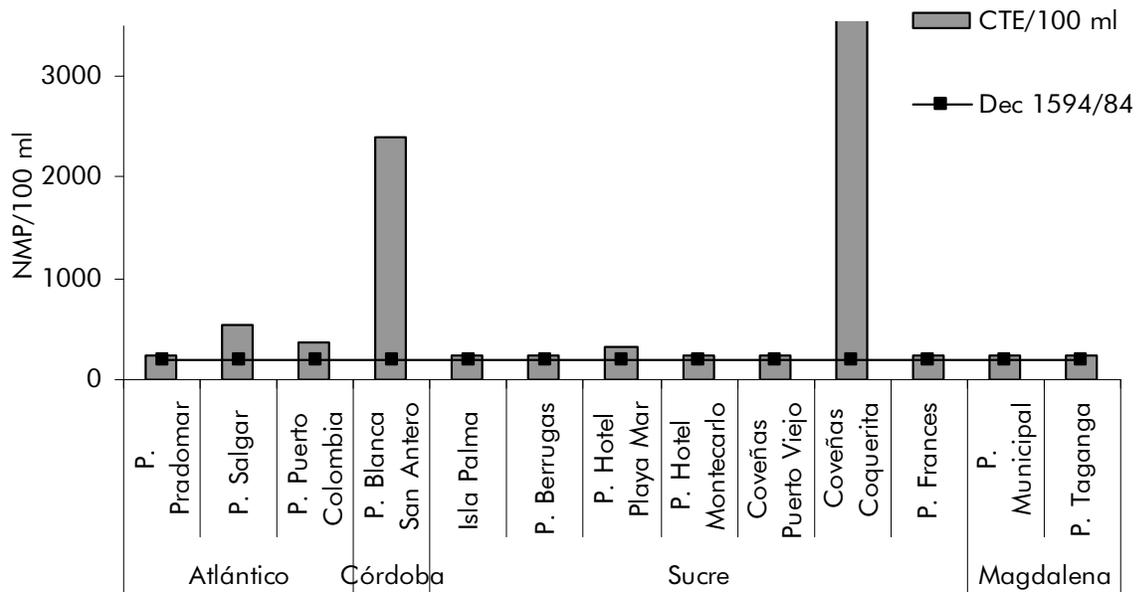


Figura 4-8. Distribución de las playas que sobrepasaron el límite permisible por la legislación colombiana para aguas de contacto primario en el primer semestre de 2007

SAN ANDRÉS y PROVIDENCIA



San Andrés



Cocoteros Providencia

4.3 SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

4.3.1 Estaciones de Muestreo

La Corporación Regional del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA), ha realizado una evaluación de las estaciones de muestreo del departamento, donde se realizan muestreos en 25 estaciones, que abarcan tanto San Andrés como Providencia. El grupo de estaciones responde a las necesidades planteadas por la corporación autónoma regional, en los sitios de mayor influencia antrópica sobre las aguas costeras del archipiélago (Figura 4.3-1).

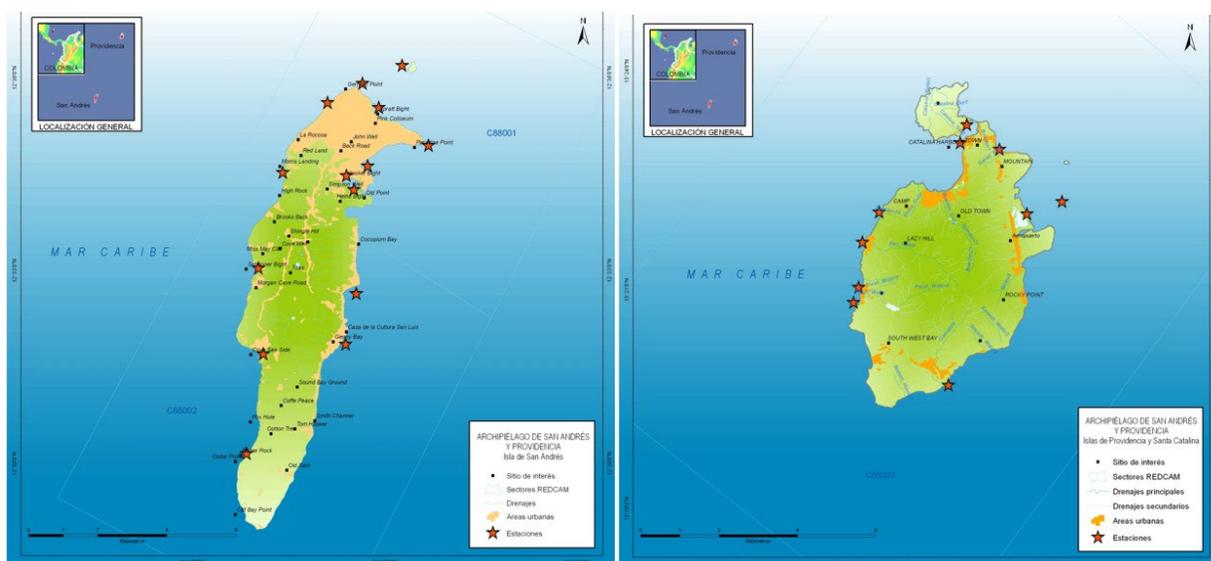


Figura 4.3-1. Estaciones de muestreo en San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

4.3.2 Comportamiento y Evaluación de las Variables fisicoquímicas

Nutrientes

Amonio: Para San Andrés, durante el primer muestreo del año 2007 la estación ubicada en la estación de bahía Hooker Manglar, presentó la concentración del ión amonio más alta en la zona costera del departamento (valor de 108.6 $\mu\text{g/l}$; Figura 4.3-2). Otro punto de descargas del ión lo constituye la estación del Alcantarillado, que para el primer muestreo de 2007 reportó concentración de 68 $\mu\text{g/l}$. En Providencia las concentraciones de amonio, durante este muestreo estuvieron por debajo de 30 $\mu\text{g/L}$. Las estaciones con altas concentraciones de amonio, tienen las siguientes influencias: la primera en cuanto a la condición de cuerpo de agua semicerrado, con poca circulación y aportes naturales y antrópicos de materia orgánica; la

segunda es de la influencia de la descarga de las aguas residuales, que llevan una alta carga de materia orgánica y microorganismos.

Nitrato: Durante el primer muestreo del 2007, la mas alta concentración del ión nitrato fue registrada en Bahía Hooker (manglares, con 112 $\mu\text{g/L}$), la segunda estación de mayor concentración fue la de Punta Norte con 104 $\mu\text{g/L}$. Se considera que para el caso de Bahía Hooker, un valor alto de nitratos está dentro del rango natural de este tipo de aguas naturales con influencia continental; en el caso de punta norte, es la primera vez que se reporta valores por encima de 100 μl . Históricamente, las concentraciones de nitrato en las aguas de la zona costera han presentado variaciones según la temporada, pero su tendencia es al aumento con valores promedios alrededor de 50 $\mu\text{g/L}$.

Ortofosfato: En el año 2007, el valor más alto de fósforo inorgánico disuelto se registró en la estación del Muelle de San Andrés (1250 $\mu\text{g/L}$), el segundo valor para el mismo muestreo fue registrado en Bahía Hooker (plantas; 141 $\mu\text{g/L}$). Las estaciones con estas condiciones, corresponden a sitios donde se realizan descargas de aguas continentales (por la presencia de actividades y asentamientos humanos), pero que en este período de muestreo, indica niveles muy por encima de fósforo inorgánico en este tipo de aguas.

El departamento de San Andrés ha presentado tendencias al aumento de nutrientes en las estaciones ubicadas en las descargas de las aguas continentales o en sitios de influencia de las mismas (Figura 4.3-1Figura 4.3-2), por lo que una mejora en las acciones correctivas, puede hacer que estos vertimientos sean menores.

Sólidos en suspensión (SST): Para el año 2007, el registro más alto de este parámetro fue de 16 mg/L medido en las estaciones de Bahía Hooker y el segundo (13 mg/L), en la estación de Roky Cay. Las aguas costeras de este departamento presentan los valores más bajos de sólidos en suspensión, siendo el valor máximo registrado de 31 en el área de Bahía Hooker.

Oxígeno disuelto: Este parámetro se encontró entre 5.47 y 8.37 mg/L, durante el primer muestreo del 2007. La estación que presento disminución de la concentración de oxígeno fue la del vertimiento del Alcantarillado y la de mayor concentración fue la estación de Bahía Hooker (plantas). A pesar de la influencia del Alcantarillado sobre las aguas costeras, el efecto principal es el ingreso de nutrientes inorgánicos, dejando la concentración de oxígeno con valores por encima del nivel crítico (4 mg/L; Decreto 1594 de 1984).

Los **otros parámetros fisicoquímicos**, se encontraron dentro de los rangos normales para las aguas del departamento; el pH entre 7.94 y 8.34, la salinidad entre 35.6 y 37.2 (esto es generado por las condiciones de las aguas oceánicas alrededor de las islas); la temperatura entre 24.4 y 33.6 °C; valores por encima de 30 se pueden dar en los sitios con características de estuarios o aguas represadas como ocurre con las estaciones en Bahía Hooker.

Los resúmenes estadísticos, mapas de distribución y tendencias de otros parámetros en las estaciones del departamento de Córdoba se pueden consultar en las siguientes direcciones de Internet: http://www.invemar.org.co/consul_estadisticas.jsp y <http://lsi-sig-04.invemar.org.co/website/sanandres/viewer.htm> respectivamente.

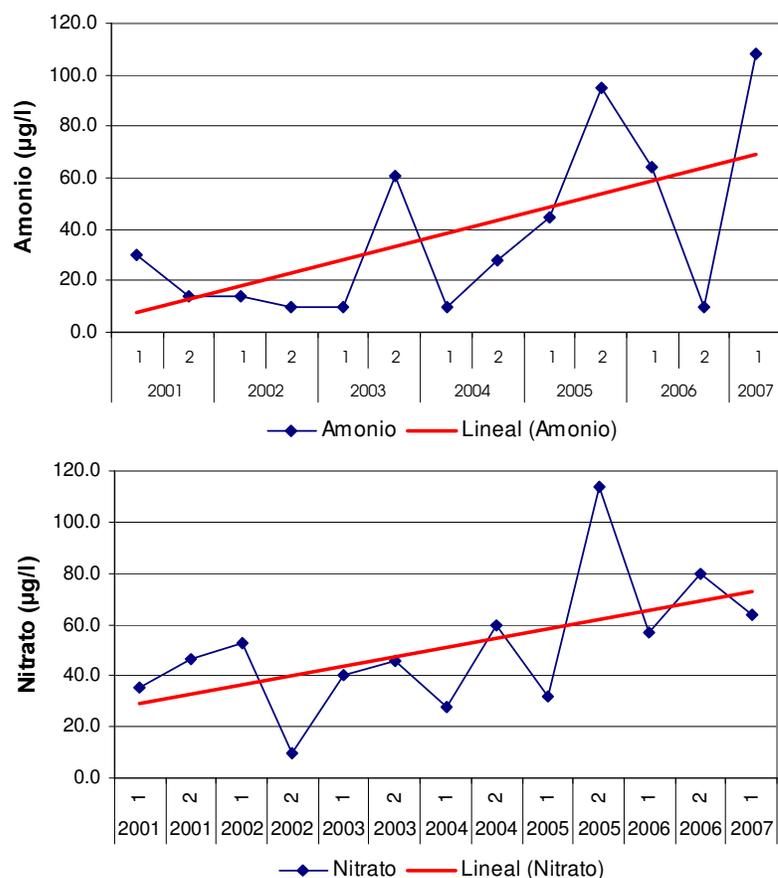


Figura 4.3-2. Variación y tendencia lineal de (A) amonio en Bahía Hooker (manglar) y (B) nitratos en Alcantarillado.

San Andrés, tiene servicios públicos de agua potable y alcantarillado, con una cobertura media de 47.76 % en acueducto y 11.95 % en alcantarillado (Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2006), registrando una población de 70.554 habitantes en los municipios costeros, según el censo de 2005; significa que algo más de 62.000 personas carecen de servicio de alcantarillado y que por lo tanto disponen de sus aguas residuales, en los cuerpos de agua en la zona costera del departamento.

4.3.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

Hidrocarburos

A continuación se presenta una breve descripción de los resultados obtenidos desde que se inicio el proyecto en el 2001.

2001: Los niveles de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD), fueron inferiores a 5 µg/L para las dos temporadas, con promedios de 1.09 y 1.24 µg/L para la época seca y lluviosa, respectivamente. De hecho los valores más altos encontrados fueron en el segundo muestreo con un máximo de 2.84 µg/L (*Muelle Departamental*), debido a la actividad portuaria; Sin

embargo, se encuentran por debajo del valor máximo permisible de 10 µg/L (UNESCO, 1984; Atwood *et al.*, 1988).

2002: En la época seca, los valores estuvieron entre 8.10 y 10.09 µg/L alcanzando el valor permisible para aguas marina y costeras no contaminadas (10.0 µg/L), en la época húmeda se observó una situación ambientalmente más difícil, los resultados del monitoreo revelaron un rango entre 6.5 y 25.17 µg/L, (máximo en *Bahía Hooker - plantas*).

2003: Las concentraciones determinadas en la época seca muestran riesgos menores pero nuevamente, el sitio donde se reportan los valores más altos corresponde a *bahía Hooker - manglar* (1.30 µg/L).

2004: la concentración media encontrada para la época seca es igual a la del año inmediatamente anterior para la misma época con 0.29 µg/L y el rango de valores estuvo comprendido entre menores a 0.03 µg/L y 1.00 µg/L. en la época de lluvias las concentraciones aumentaron ligeramente sin sobrepasar el 1.00 µg/L excepto en la estación *Bahía Hooker – manglar* (3.76 µg/L).

2005: En la época seca se registraron las concentraciones mas bajas de los últimos tres años (prom. 0.28µg/L) y la las tendencia observada es a disminuir las concentraciones desde el 2002 (Figura 4.3-3), el valor máximo fue de 1.46 µg/L (*Muelle San Andrés*).

2006: Las concentraciones en todo el departamento no sobrepasan los 0.35 µg/L, valor muy inferior al adoptado como referencia (10µg/L)

2007: En este año las concentraciones ascienden ligeramente hasta un valor máximo de 1.46 µg/L obtenido en el *Muelle santa Isabel*.

El sector norte de la isla es el que presenta los mayores registros de hidrocarburos en aguas con un promedio de 3.49 µg/L (Tabla 4.3-1), y un rango que va hasta los 25.2 µg/L superando el valor de referencia para aguas no contaminadas (10 µg/L). Las estaciones de este sector son las que reciben más vertimientos de hidrocarburos (*Bahía Hooker* y *Muelle San Andrés*) sin embargo, en la actualidad las concentraciones no muestra mayores impactos por el tráfico marítimo y las descargas de aguas residuales.

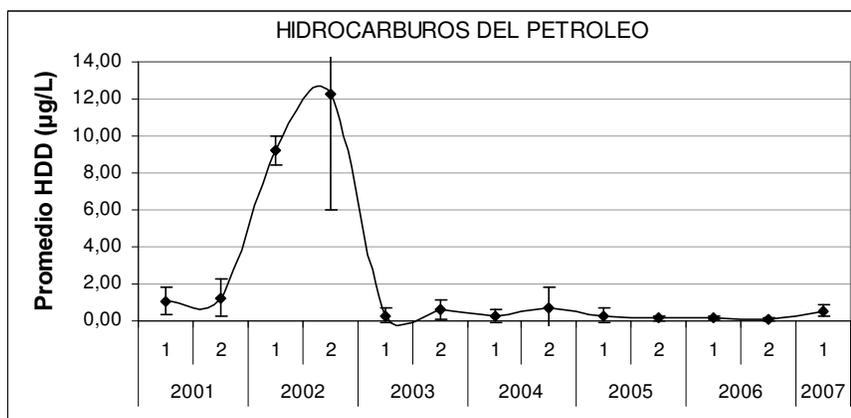


Figura 4.3-3. Comportamiento histórico de hidrocarburos en aguas costeras de San Andrés y Providencia.

Tabla 4.3-1. Resumen estadístico de las concentraciones de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de San Andrés y Providencia.

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

Plaguicidas

Son muy pocos los estudios que de este tema se han hecho en el departamento, una síntesis de la información recolectada por el proyecto REDCAM se presenta a continuación:

2001: Los análisis realizados mostraron valores inferiores a 3.0 ng/L en todas las estaciones y en las dos épocas, muy por debajo del valor máximo permisible de 30 ng/L, indicando que no hay variación del contenido de plaguicidas organoclorados (OC) en la zona por el incremento de las lluvias. Permitiendo clasificar la zona como de bajo riesgo de contaminación por residuos de plaguicidas.

2002: En el monitoreo del primer muestreo se presentaron valores relativamente altos (14.4 ng/L), comparados con los registrados para el 2001. La situación para el segundo muestreo fue similar, con un máximo de 6.3 ng/L en *Bahía Hooker (plantas)*, Si bien en la isla no existe actividad agrícola que pueda demandar consumos altos de agroquímicos, su detección así sea en bajos niveles se puede atribuir en buena parte al posible transporte marino de estas sustancias al archipiélago de San Andrés y Providencia desde las costas de Centroamérica, distantes de las islas 300 kilómetros, conjuntamente con los aportes domésticos locales, dado que las mayores contribuciones al contenido total de organoclorados corresponden a aldrin y lindano (gama-HCH), que se sabe son empleados domésticamente para la eliminación de hormigas y piojos.

2003: En la zona de bahía Hooker se sigue hallando el valor más alto para el departamento (12.0 ng/L) en época seca. En este año se inicio el seguimiento de estos compuestos a una nueva estación, denominada "*Influencia Basurero*", pero debido a la misma variación expresada anteriormente aun es muy apresurado establecer que no existe influencia de los vertidos del municipio con un único valor registrado (<0.03 ng/L).

Es importante prestarle atención a este hecho en los siguientes monitoreos, ya que, las estaciones donde se encontraron las concentraciones mayores corresponden a sitios de vertimiento de aguas residuales. En el 2001 y 2002, los valores más altos de OC se hallaron en las estaciones de la bahía de Hooker, el cual es el sector isleño que más recibe descargas terrestres. En la época de lluvias el rango de fluctuación de los valores de OC no supero los 3.1 ng/L (Est. *Agua dulce*).

2004: La tendencia reportada desde el 2002 ha sido de disminución y en los dos monitoreos del 2004 no se detectaron concentraciones de OC, excepto en la estación *Agua dulce* que registro

una concentración de 1.1 ng/L durante la época seca. En este año nuevamente la concentración de OC en la estación “*Influencia Basurero*” fue menor a 0.03 ng/L.

2005: las concentraciones son inferiores al límite de detección del método analítico (<0.03 ng/L). En el segundo muestreo se obtiene uno de los registros mas altos de OC para ese año en el país (59 ng/L *Muelle Santa Isabel*, sin embargo en el resto de estaciones las concentraciones son inferiores a 1.0 ng/L

2006: En este año nuevamente en el *Muelle Santa Isabel* se obtiene la concentración de OC más alta registrada en el país (148 ng/L), lo cual es sorprendente porque en la Isla de Providencia no existe un desarrollo agrícola.

2007: Las concentraciones registradas son muy bajas, varían en un rango cuyo valor máximo es de 1.5 ng/L obtenido nuevamente en la estación *Muelle Santa Isabel*.

La Figura 4.3-4 Ilustra la evolución histórica a partir del 2001 de los niveles promedio de OC en las dos épocas climáticas, considerando el promedio de todas las estaciones del archipiélago de San Andrés. El sector que ha presentado las concentraciones más altas e incluso el mayor promedio del departamento corresponde al sector Norte (2.1 ng/L), debido a estaciones como *Bahía Hooker* y *Alcantarillado*, las cuales se han encontrado evidencia de residuos de plaguicidas en concentraciones relativamente altas para el departamento, por lo cual es necesario mantener una vigilancia en ellas. En Providencia los registros de los tres últimos años causan sorpresa en vista de que este departamento insular no posee una actividad agrícola como para atribuirle estas concentraciones superlativas en las aguas.

Como se mencionó anteriormente, se plantea la hipótesis de que la fuente de estos tóxicos se deba a factores externos al territorio insular, posiblemente asociados al transporte desde la costa centroamericana y su posible arribo a la costa occidental del departamento o bien a descargas puntuales en estos dos sectores. Sin embargo, parece ser algo puntual porque la presencia de residuos OC es mas recurrente sólo para esta estación, mientras que en las otras no se detectan residuos de ningún organoclorado.

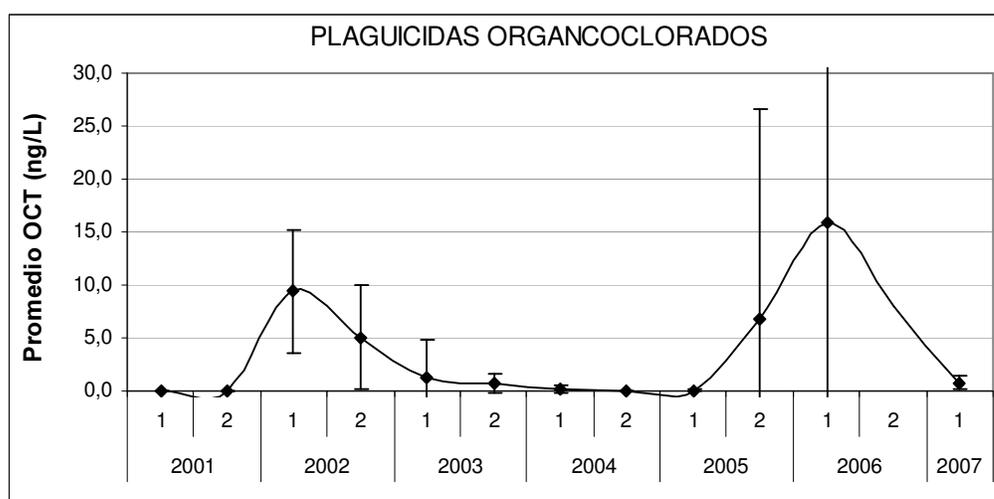


Figura 4.3-4. Comportamiento histórico de plaguicidas organoclorados en aguas costeras de San Andrés y Providencia.

4.3.4 Contaminación Microbiológica

La calidad sanitaria del recurso hídrico, el departamento de San Andrés y Providencia dentro del monitoreo microbiológico para evaluar de acuerdo a los parámetros establecidos por la legislación colombiana el estado de sus aguas.

En el periodo comprendido entre el segundo muestreo del 2006 y primer muestreo del 2007 el 100 % de las estaciones monitoreadas estuvo dentro de los límites de Coliformes totales (CTT) y Termotolerantes (CTE) señalados en el artículo 42 y 43 del decreto 1594 de 1984. Éstos resultados favorecen el desarrollo confiable de actividades de recreación, pesca y turismo en el departamento, además de poner en evidencia 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. De igual manera hay que tener en cuenta, el efecto bactericida y de dilución que ejerce el mar sobre los microorganismos provenientes de las diferentes descargas, ya que las aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado y pozas sépticas son vertidas directamente al mar, sin tratamiento previo (SIGAM, 2006); dentro de los efectos bactericidas de los mares se encuentra la muerte por salinidad, radiaciones solares y radiaciones UV (Oli y Krstulovi, 1992).

Es importante resaltar la disminución en las concentraciones de Coliformes que han tenido las estación Alcantarillado y Bahía Hooker (Plantas) en los seis años de monitoreo. Estas estaciones presentan los niveles históricos de CTT y CTE más altos del departamento, con un valor de CTT y CTE del orden de 16.000 NMP / 100 ml en el primer muestreo del año 2003, para ambos casos. A partir del segundo muestreo del año 2003 los niveles de microorganismo indicadores han tendido a mantenerse por debajo de 1.600 NMP / 100 ml (Figura 4.3-5). La carga microbiana presente en la estación de Bahía Hooker proviene de las descargas de aguas domésticas de los asentamientos circundantes y en la actualidad, a nivel microbiológico, no impiden el uso de este estuario para actividades de contacto secundario, como la pesca realizada por pobladores nativos.

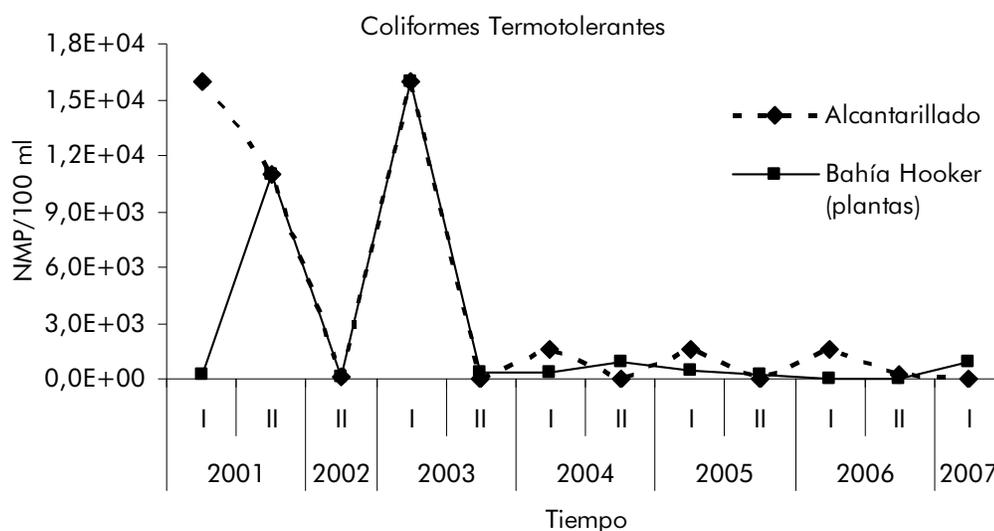


Figura 4.3-5. Tendencia histórica de Coliformes termotolerantes en el primer (I) y segundo (II) muestreo (2001 – 2007) en las estaciones Alcantarillado y Bahía Hooker.

4.3.5 Conclusiones

Aunque en la actualidad, la zona costera del departamento de Córdoba durante el primer muestreo del 2007, presenta buenas condiciones en sus aguas en cuanto a las concentraciones de iones nutrientes y otros materiales (materia orgánica y sedimentos), la tendencia de las condiciones fisicoquímicas indican que la zona costera por tener un nivel bajo de desarrollo urbano, el sistema de aguas costeras aun posee la capacidad de diluir lo que ingresa desde el continente. Se recomienda aprovechar la oportunidad, que en la zona costera del departamento aun es baja la presión antrópica, para realizar planes que permitan la disminución del ingreso de nutrientes a las aguas costeras del departamento.

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

En la mayoría de las estaciones donde se evalúa la presencia de plaguicidas actualmente, no se detecta ningún compuesto organoclorado, como 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.

El 100% de las estaciones presento concentraciones de Coliformes por debajo de los límites permisibles establecidos en la legislación colombiana para actividades de contacto primario y secundario.

LA GUAJIRA



Puerto Bolívar



Cabo de la Vela

4.4 LA GUAJIRA

4.4.1 Estaciones de Muestreo

Las estaciones de muestreo en el departamento de La Guajira han permitido, conocer la evolución de la calidad de sus aguas costeras; el monitoreo realizado esta generando un conocimiento de importancia para los tomadores de decisiones, en cuanto al conocimiento del recurso agua, alrededor del departamento (Figura 4.4-1).

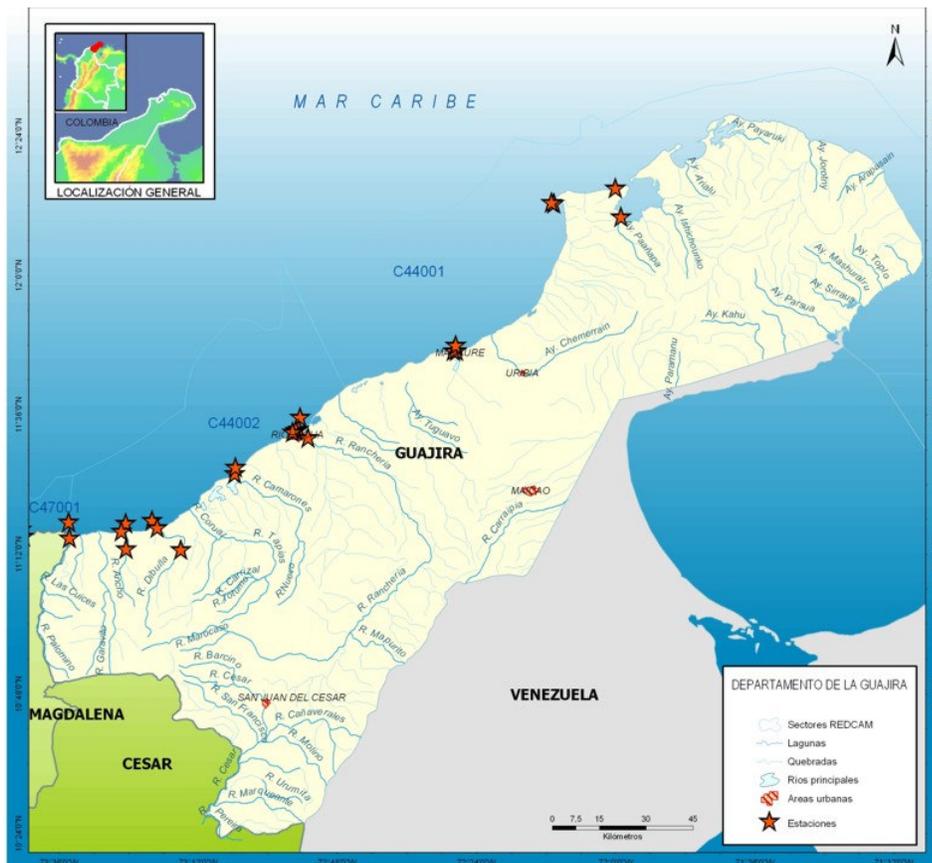


Figura 4.4-1. Estaciones de muestreo en el departamento de La Guajira.

4.4.2 Comportamiento y Evaluación de las Variables fisicoquímicas

Nutrientes:

Amonio: Para el primer muestreo del año 2007 la estación ubicada en la Playa de Dibulla, presentó una concentración del ión amonio más alta en la zona costera del departamento (valor de 55.8 $\mu\text{g/L}$; Figura 4.4-2), aunque en el contexto histórico representa un valor dentro de rangos aceptables para las estaciones en el departamento de La Guajira. Los ríos y descargas

de aguas continentales, son las principales fuentes de este ión, es el caso del río Jerez, en donde históricamente se han registrado valores

Nitrato: En el primer muestreo del 2007, las concentraciones del nitrato estuvieron en el orden de 9.4 µg/L, lo que históricamente representó una disminución de sus concentraciones. La tendencia general del ión nitrato en las aguas costera es a disminuir, pero no se deben descuidar las fuentes provenientes de fuentes importantes de este parámetro como los ríos y vertimientos (ríos Palomino y Ranchería, así como el vertimiento del municipio de Riohacha).

Ortofosfato: En el año 2007, el valor más alto de fósforo inorgánico disuelto se registró en el río Ranchería (119.6 µg/L), que representa dos veces el segundo valor para el mismo muestreo y registrado en el río Cañas (58.4 µg/L). Por ser un departamento parcialmente desértico, las actividades agrícolas son limitadas e inducen poca influencia sobre las concentraciones de fósforo inorgánico.

El departamento de La Guajira ha presentado valores mayores a 500 µg/L en las estaciones del vertimiento del Alcantarillado y frente al río Palomino (552 y 555 respectivamente, durante el primer muestreo del año 2001). Los promedios anuales en la zona costera se han mantenido por debajo de 40 µg/L, con excepción del año 2001.

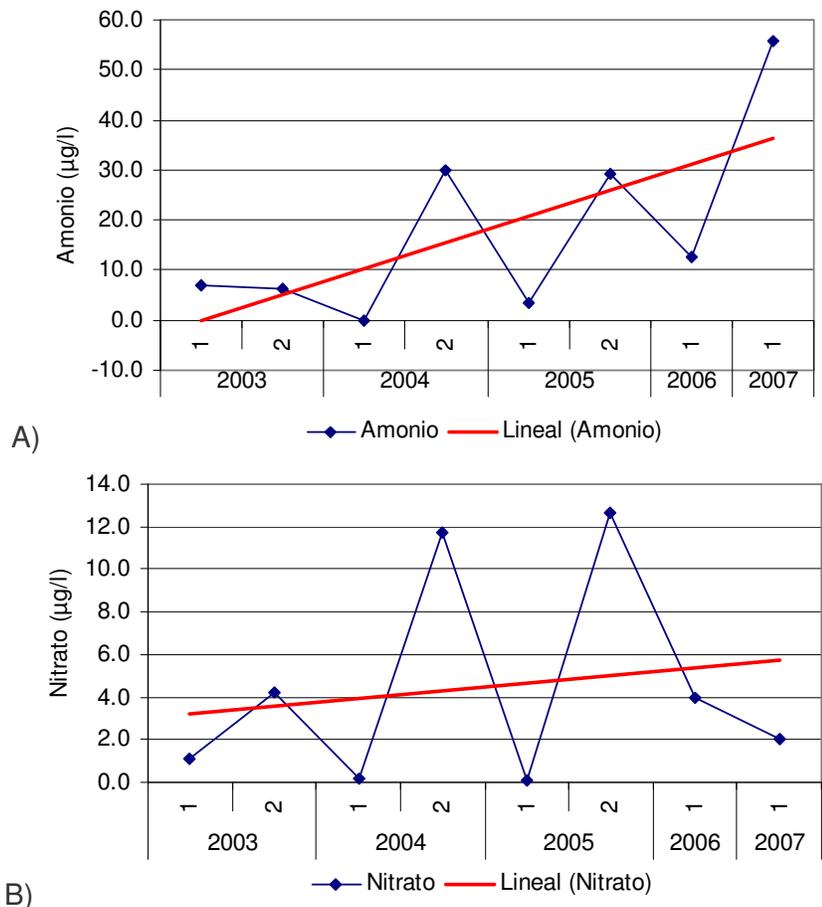


Figura 4.4-2 Variación de la concentración de (A) amonio y (B) nitrato en la estación Playa Dibulla.

Sólidos en suspensión: Para el año 2007, el registro más alto de este parámetro fue de 259.3 mg/l (registrado en las dos estaciones del vertimiento de Riohacha). Históricamente esta estación ha presentado registro de este nivel, cuando lo que se esperaría en aguas marino-costeras con influencia continental es que no supere los 70 mg/l en aguas estuarinas (Troncoso *et al.*, 2006).

Oxígeno disuelto: Este parámetro se encontró entre 4.01 y 9.16 mg/l, durante el primer muestreo del 2007. Las estaciones que presentaron disminución de la concentración de oxígeno fueron: Puerto Nuevo y Puerto Bolívar; dentro de estas estaciones se encontró que los SST registraron valores por encima de 30 mg/l, lo que sugiere la presencia de material orgánico, que disminuyó el oxígeno del agua (Begon *et al.*, 2006).

Los **otros parámetros fisicoquímicos**, se encontraron dentro de los rangos normales para las aguas del departamento; el pH entre 7.9 y 8.4, la salinidad entre 32 y 38.9; la temperatura entre 24.4 y 31.6 °C aclarando que valores por encima de 30 se pueden dar en los sitios con características de estuarios (este es el caso de Bahía Hooker).

Los resúmenes estadísticos, mapas de distribución y tendencias de otros parámetros en las estaciones del departamento de la Guajira se pueden consultar en las siguientes direcciones de Internet: http://www.invemar.org.co/consul_estadisticas.jsp y <http://lsi-sig-04.invemar.org.co/website/guajira/viewer.htm> respectivamente.

La principal fuente de nutrientes en las aguas de la zona costera del departamento, es principalmente causada por los vertimientos de aguas servidas (PNUMA, 2001) o la descargas de los ríos. En La guajira los servicios públicos de agua potable y alcantarillado, presentan una cobertura media de 51.6% en acueducto y 38.9 % en alcantarillado (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2006), registrando una población de 353.123 habitantes en los municipios costeros según el censo de 2005 (Riohacha, Manaure y Urbilla; Steer *et al.*, 1997); significa que algo más de 215.000 personas carecen de servicio de alcantarillado y que por lo tanto disponen de sus aguas residuales, en formas no convenientes hacia el entorno de dichas comunidades, involucrando la zona costera.

4.4.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

Hidrocarburos

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

Existen algunos estudios realizados por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), Garay y colaboradores en el 1992 reportaron concentraciones de Hidrocarburos Disueltos Dispersos (HDD) entre 0.18 y 3.19 µg/L para aguas, en sitios como Castilletes y Punta Estrella se ha registrado la presencia de hidrocarburos en agua, debido probablemente a las actividades petrolíferas en Venezuela, cuyos residuos son transportados por las corrientes a través del golfo de Coquibacoa (Garay, 1994). Estudios hechos en sedimentos reportaron valores de 0.85 µg/g de hidrocarburos aromáticos en la estación ubicada

en el muelle Riohacha (Garay, 1994). A Continuación se presenta un recuento de los resultados obtenidos en el proyecto

2001: Históricamente la mayor variación encontrada de hidrocarburos correspondió a la época seca, los niveles oscilaron entre 0.12 y 8.80 µg/L; los valores más altos se encontraron en las estaciones frente a los afluentes, indicando que la contaminación por HDD puede tener origen continental. Para la época húmeda todos los niveles estuvieron por debajo de 1.06 µg/L; lo cual puede sugerir un efecto de dilución o que se este presentando un proceso de adsorción en el material suspendido y sedimentando hacia el fondo. En esta misma época, el mayor valor se presentó en *Bahía Portete*, considerando la probabilidad de un ingreso de HC desde el golfo de Maracaibo en donde hay explotación intensiva de petróleo.

2002: En la época seca los valores no superaron la concentración de 1.28 µg/L (en la Estación *Manaure*) muy inferior al valor de referencia de 10 µg/L (UNESCO, 1984; Atwood, 1988), representando un nivel de riesgo bajo por contaminación con HDD, pero nuevamente el valor máximo se presentó en el norte del departamento.

2003: En el segundo muestreo del año se reportaron los valores más altos de los últimos dos años registros de 8.64 y 4.9 µg/L en el *Cabo de la Vela* y *Pta. Cabo de la Vela* respectivamente. Esto puede estar ratificando la “importación” de residuos y significar un factor muy importante de entrada de sustancias tóxicas, ya que no se había considerado el “transporte” de esto compuestos desde el vecino país.

2004: Las concentraciones bajaron significativamente con un máximo de 0.34 µg/g (*Muelle Manaure*) y un promedio de 0.14 µg/g. En la época lluviosa las concentraciones disminuyeron con relación al anterior presentando concentraciones inferiores a 0.2 µg/L, a excepción de *Puerto Bolívar* (3.15 µg/L).

2005: En el primer muestreo el comportamiento se mantuvo similar, con concentraciones bajas (< 0.2 µg/L) en todas las estaciones, excepto *Puerto Bolívar* (0.80 µg/L).

2006: Las concentraciones no superan el valor de 0,5 µg/L muy inferior al valor de referencia.

2007: Las concentraciones varían en un rango cuyo valor máximo es de 2.9 µg/L hallado en la estación *Muelle Manaure*.

La información obtenida no reflejan 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 µg/L (Tabla 4.4-1), el sector Norte presenta una concentración promedio mas alta que el sector sur del departamento ($P(T \leq t) = 0,0042$, Datos transformados $\sqrt{\quad}$) como reflejo de la actividad marítima generada en *Puerto Bolívar*, *Manaure* y *Riohacha* (Figura 4.4-3).

Se estima que 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 µg/L), y *Cañas* (0.74 µg/L), al igual que lo ocurrido en el 2001 para el *Río Jerez* (8.8 µg/L), esto nos permite decir, 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.

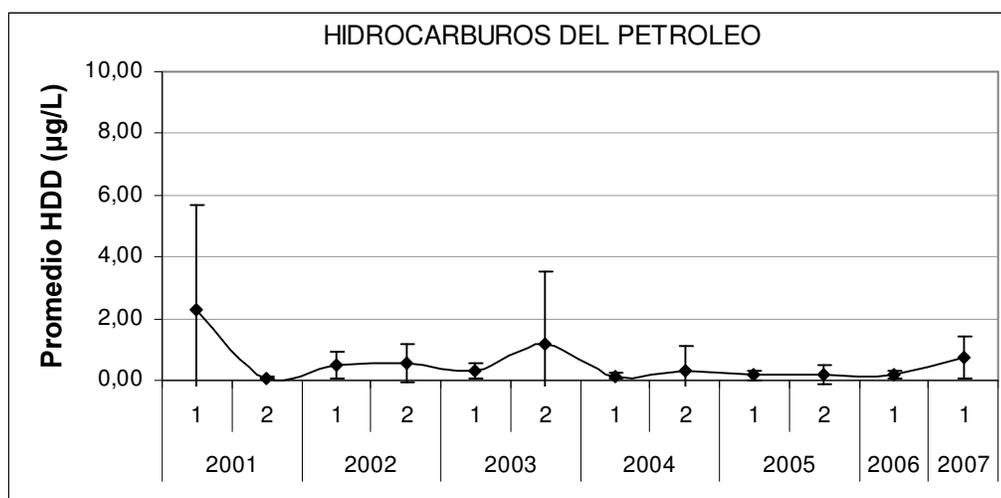


Figura 4.4-3. Comportamiento histórico de las concentraciones de hidrocarburos en las aguas costeras de la Guajira.

Tabla 4.4-1. Resumen estadístico de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de San Andrés y Providencia.

Parámetro	Alta Guajira		Baja Guajira	
	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)
Máx.	8,64	7,90	8,80	13,90
Mín.	0,04	0,03	0,03	0,03
Prom.	0,69	0,67	0,47	1,17
STDDV	1,46	1,42	1,32	2,16
num.	49	32	122	123

Plaguicidas

A continuación se presenta una descripción de los resultados obtenidos con relación a la contaminación por plaguicidas organoclorados (OC).

2001: Las concentraciones de OC en época húmeda reflejan un ligero aumento en los niveles con relación a la seca, reportándose las mayores concentraciones en los ríos Palomino y Ranchería, debido a que se facilita el escurrimiento de residuos de plaguicidas al mar. Los ríos Jerez y Cañas presentaron valores muy similares en las dos épocas entre 10 y 30 ng/L de OC, que representan un riesgo medio de contaminación; los otros afluentes se encontraron dentro de niveles normales (3 – 10 ng/L), y en ninguna de las épocas se presentaron valores que superaran el valor de referencia adoptado (30 ng/L, Marín 2002).

2002: Las concentraciones fueron inferiores en relación al 2001 no superaron los 2.1 ng/L medido frente a Río Cañas. En la época seca las concentraciones de las estaciones monitoreadas no superaron el valor de 3.0 ng/L, sin embargo, uno de los valores más altos fue el del río Ranchería con 1.2 ng/L esto encuentra sentido si recordamos que la cuenca del Ranchería es la de mayor desarrollo agrícola del departamento, y donde se cultiva

principalmente arroz, que es uno de los cultivos que más demanda el uso de agroquímicos (Garay y Castro. 1993).

2003: Nuevamente en el primer muestreo el máximo de OC se encontró en la estación del río Ranchería (2.6 ng/L). La situación se mantuvo en la época lluviosa con un valor máximo de 3.3 ng/L en la estación *Río Palomino*.

2004: Las concentraciones fueron menores al límite de detección de la técnica analítica, a excepción del registro para la estación *Cabo de la Vela* en la cual se encontró un valor de 7.9 ng/L, solamente explicable en el arribo marino y atmosférico desde otras latitudes costeras, incluyendo el de carácter transfronterizo. En la época de lluvias no se detectaron residuos de OC en las estaciones monitoreadas.

2005: Sólo se detectaron concentraciones muy bajas de DDT y heptacloro inferiores a 0.2 ng/L en estaciones influenciadas por los ríos Cañas, Ranchería y Palomino.

2006 y 2007: la concentración más alta es de tan solo 1,0 ng/L registrada en el río *Ranchería*.

La variación promedio en los niveles de residuos OC en la Guajira se presenta en la Figura 4.4-4; durante los últimos cuatro años no se han presentado valores por encima del valor de referencia. Aunque actualmente las concentraciones son muy inferiores a las obtenidas en el 2001, aún se siguen detectando estos compuestos en algunos sectores del departamento. La presencia de OC y su tendencia descendente supone que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aun se encuentran en el medio debido a su persistencia.

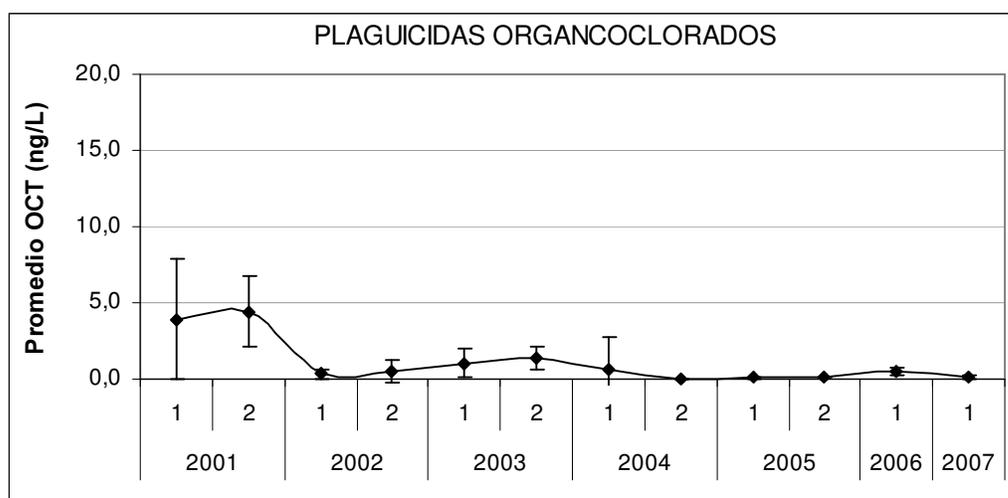


Figura 4.4-4. Tendencia histórica de plaguicidas organoclorados medidos en aguas costeras de la Guajira.

El déficit hídrico, especial en la época seca 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 y 2002 (4.4 y 0.5 ng/L para la época húmeda; y 3.88 y 0.31 ng/L en la seca). En el 2004 la situación no se mantiene pero puede

estar asociado a que el lavado del terreno durante una temporada lluviosa deja en el continente menores residuos disponibles para ser arrastrados en la siguiente.

En general la Guajira se clasifica en riesgo bajo de contaminación por residuos de OC como consecuencia del escaso desarrollo agrícola y a la poca población asentada en la costa, situación que se hace evidente en el sector norte del departamento donde se tiene en promedio la menor concentración de residuos ($P(T \leq) = 0,041$, datos 2001-2004) (Tabla 4.4-1) y la presencia de ellos en este sector puede estar asociada al transporte por las corrientes marinas desde la zona sur donde existe mayor probabilidad de contaminación por OC.

4.4.4 Contaminación Microbiológica

La fuente principal de descargas de contaminación microbiana a la franja costera del departamento la constituyen los ríos Palomino, Cañas, Jerez y Ranchería, los cuales recolectan las aguas residuales domésticas e industriales del departamento. Se ha determinado, que aportan al mar un promedio de Coliformes termotolerantes (CTT) por día de 13×10^{10} NMP, 60×10^9 NMP, 91×10^9 NMP y 89×10^9 NMP respectivamente (Marín *et al.*, 2004). En la Figura 5 se encuentra el comportamiento de estos tributarios en el periodo 2001-2007, donde se observa que la mayor concentración Coliformes se reportó en el año 2002 con valores superiores a 24.000 NMP/100 ml; a partir de entonces, los niveles de los cuatro tributarios han descendido hasta valores por debajo de los 400 NMP/100 ml. La carga microbiana de estos ríos ha sobrepasado constantemente los valores permisibles consignados en la legislación colombiana para aguas de contacto primario (200 NMP CTE/100 ml) y secundario (5.000 NMP CTT/100 ml), y aún cuando este no sea su principal destinación, muchas de las poblaciones cercanas hacen uso de sus aguas en actividades de saneamiento básico y recreación.

Durante el primer muestreo del año 2007, la concentración de CTE en la estación vertimiento Riohacha fue de 1.600.000 NMP/100 ml, siendo éste el valor máximo reportado durante los siete años de muestreo. Esta concentración se presentó, debido a que la muestra fue recolectada en la boca del vertimiento y no en el área de influencia marina, como había sido realizada anteriormente; de esta forma, el valor corresponde a la descarga real del vertimiento y no al efecto de dilución que se ejerce en el mar y el cual disminuye la concentración de CTE a valores de 3.400 NMP / 100 ml, como se ha observado en años anteriores.

En relación con la calidad microbiológica de los balnearios del departamento, el total de playas evaluadas se encontró apta para actividades de contacto primario y secundario en el primer muestreo del 2007, cumpliendo con un valor inferior a 200 NMP CTE/100 ml establecido en la legislación colombiana (MINSALUD, 1984) y de 40 UFC de Enterococos/100 ml determinado por la Organización Mundial de la salud (2003).

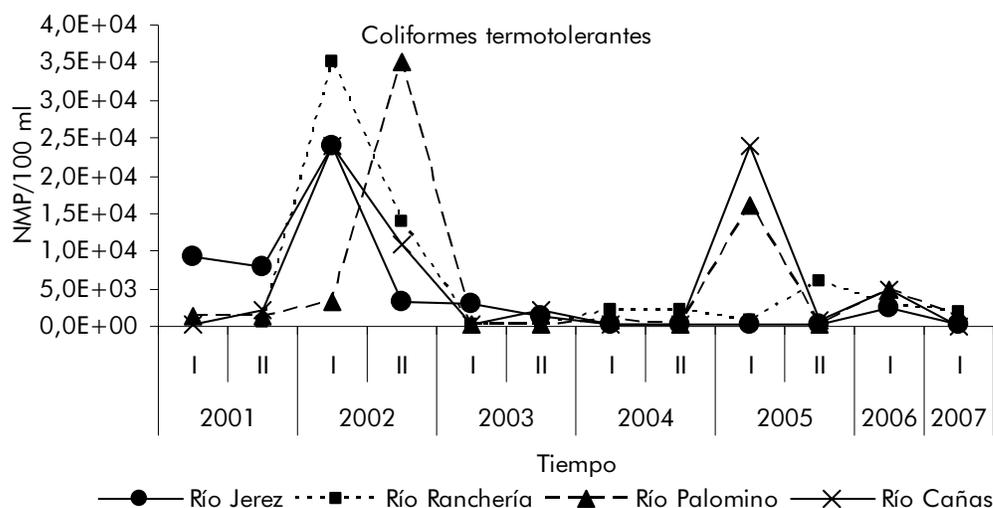


Figura 5. Tendencia histórica de Coliformes termotolerantes medidos en tributarios de La Guajira, durante el primer (I) y segundo (II) muestreo del año 2001-2007.

4.4.5 Conclusiones

La zona costera del departamento de La Guajira presentó buenas condiciones fisicoquímicas durante el primer muestreo de 2007. Existen fuentes de contaminantes al medio marino, que deben ser tenidas en cuenta para los planes de saneamiento costero; otras fuentes aunque no estén plenamente identificadas, deberán ser monitoreadas y revisar sus cargas el medio marino.

La actividad marítima de Puerto Bolívar, Manaure y Riohacha; y las descargas de aguas servidas constituyen la principal fuente de HDD al medio marino, sin embargo, los registros muestran una mínima entrada de estos compuestos hacia el medio marino 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 a la poca población asentada en la costa, situación que se hace evidente en el sector norte del departamento donde se registra 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 OC.

Las principales fuentes de carga microbiana al mar, en términos del grupo Coliformes, lo constituyen los tributarios de Ranchería, Palomino, Cañas y Jerez.

El 100 % de las playas evaluadas en el departamento se encontró en condiciones idóneas para el desarrollo de actividades de recreación de contacto primario y secundario.

MAGDALENA



Bahía Taganga



Bahía de Santa Marta – Puerto

4.5 MAGDALENA

4.5.1 Estaciones de Muestreo

Las estaciones de muestreo en el departamento del Magdalena han permitido, conocer y evaluar la calidad de sus aguas costeras; el monitoreo realizado esta generando un conocimiento de importancia para los tomadores de decisiones, en cuanto al conocimiento del recurso agua alrededor del departamento (Figura 4.5-1).

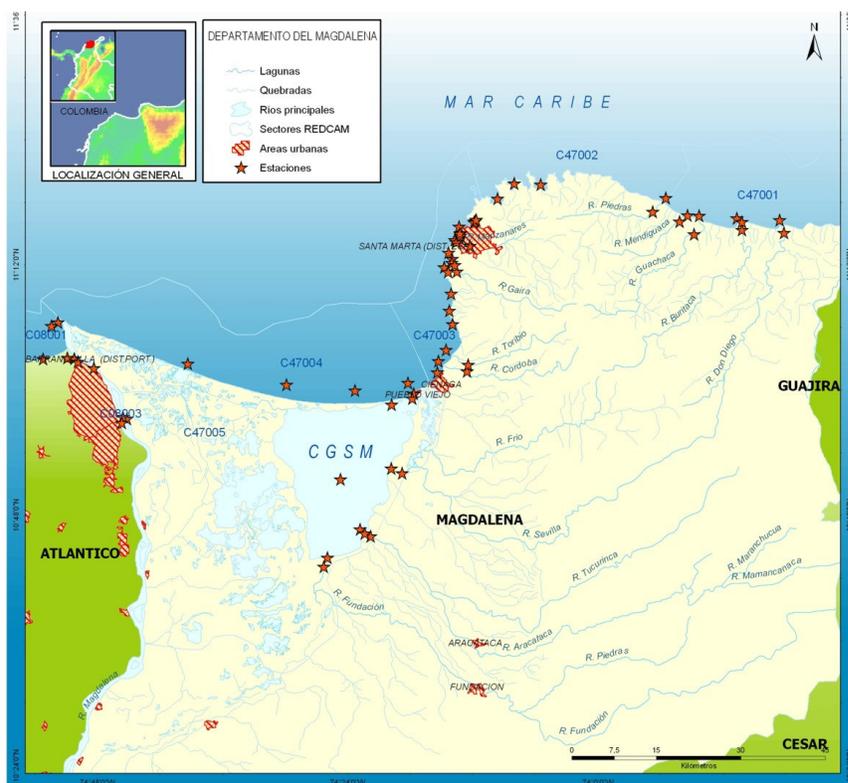


Figura 4.5-1 Estaciones de muestreo en el departamento del Magdalena.

4.5.2 Comportamiento y Evaluación de las Variables fisicoquímicas

Nutrientes:

Amonio: Para el primer semestre del año 2007 la estación ubicada en la salida al mar del emisario submarino del Distrito de Santa Marta, presentó la concentración del ión amonio más alta en la zona costera del departamento (valor de 174.3 $\mu\text{g/l}$; Figura 4.5-2). Los ríos y descargas de aguas continentales, son las principales fuentes de este ión, es el caso de los ríos Manzanares y Gaira (167.4 y 95.7 $\mu\text{g/l}$ respectivamente), en donde históricamente se han registrado valores altos (en el caso del río Manzanares superiores a 100 $\mu\text{g/l}$ en los muestreos

del primer semestre del 2004 y 2005). La región de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), por su condición de estuario y además con poblaciones en su entorno, se registra con frecuencia valores mayores a 100 µg/l del ión amonio. Sitios como la desembocadura de los ríos que llegan desde la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), son los más producción de amonio pueden generar por la descarga de materia orgánica (Navas, 1999).

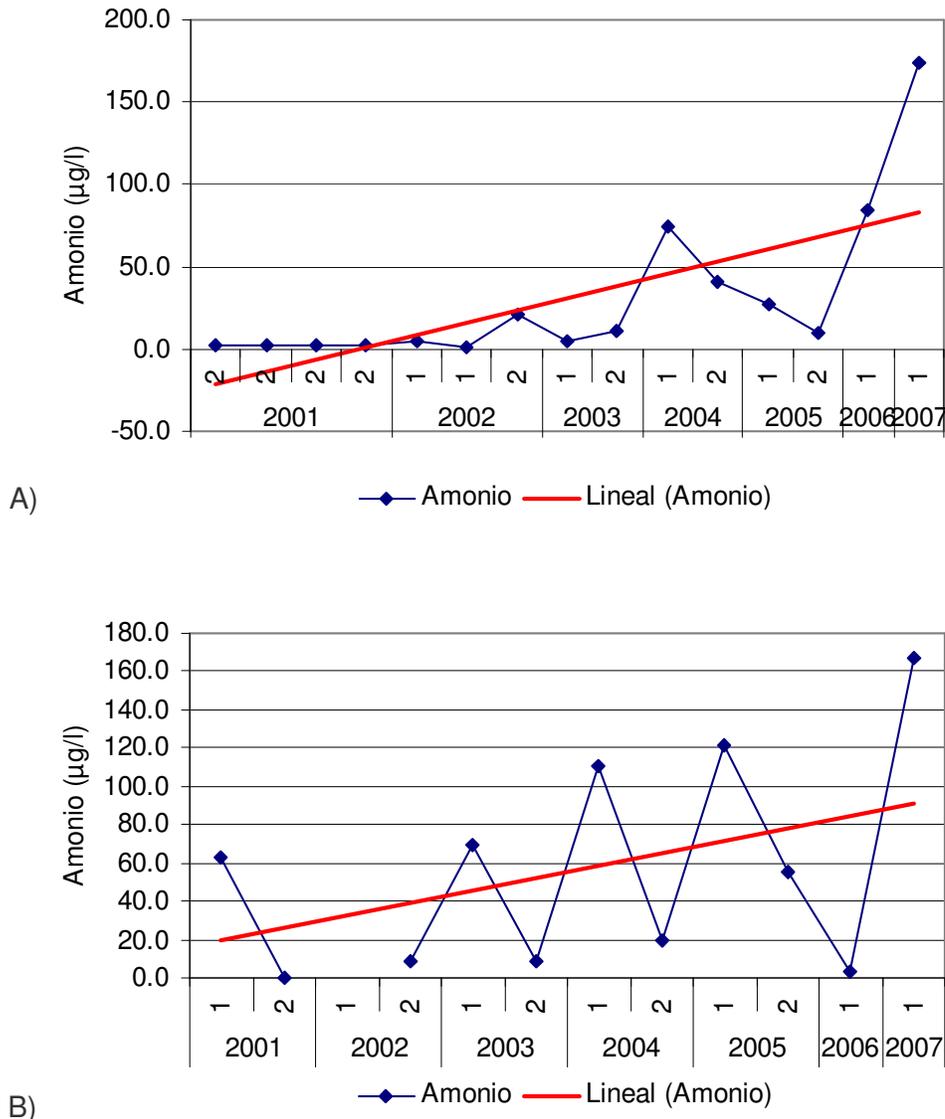


Figura 4.5-2. Variación y tendencia lineal de amonio en las estaciones A) Emisario Submarino y B) Río Manzanares.

Nitrato: Durante el primer semestre del 2007, las concentraciones del nitrato estuvieron en promedio en 13.4 µg/l (promedio del semestre), lo que representó una disminución de sus concentraciones históricas en la zona costera del departamento (Troncoso *et al.*, 2006b). La tendencia general del ión nitrato en las aguas costera es a disminuir, pero no se deben descuidar las fuentes provenientes de actividades importantes de este parámetro como los ríos y vertimientos (ríos Manzanares y Gaira, así como el vertimiento del emisario submarino); de la

misma forma los ríos Fundación, Aracataca y Sevilla pasan por poblaciones y terrenos de cultivo, estos ríos llegan a la CGSM en donde aportan a los procesos productivos del sistema acuático (INVEMAR, 2006).

Ortofosfato: En el año 2007, el valor más alto de fósforo inorgánico disuelto se registró en el río Manzanares (266.7 µg/l), el segundo valor para el mismo muestreo y registrado en el río Gaira (195.4 µg/l). Estas estaciones corresponden a dos ríos que transcurren por el Distrito de Santa Marta y que recogen algunos de los vertimientos que los pobladores de sus riveras realizan.

El departamento del Magdalena ha presentado valores mayores a 500 µg/l de nitrógeno inorgánico (como nitrato), en las estaciones de los ríos Manzanares, Gaira, Piedras, Fundación, Sevilla y en los sitios de descarga de la CGSM. Los promedios anuales en la zona costera del departamento se han mantenido cercanos a 40 µg/l de nitrato. Estos valores aunque son esporádicos, son generados por las descargas de aguas residuales tanto del sector urbano como en el rural (Ramírez *et al.*, 2006); Es relevante mencionar que los asentamientos humanos más grandes y cercanos a la zonas costeras, son los que más influyen en las descargas de nutrientes inorgánicos disueltos, como se aprecia en la Figura 4.5-1 y Figura 4.5-2.

Sólidos en suspensión (SST): Para el año 2007, el registro más alto de este parámetro fue de 134.2 mg/l (registrado en la estación de la playa Buritaca) y el segundo (103 mg/l), en la estación frente a Costa Verde. Históricamente las aguas costeras del departamento han presentado tendencia a disminuir la concentración de sólidos en suspensión, pero las principales fuentes siguen ubicadas en los centros urbanos (Santa Marta y Ciénaga), así como las actividades de

Oxígeno disuelto: Este parámetro se encontró entre 4.01 y 9.16 mg/l, durante el primer muestreo del 2007. Las estaciones que presentaron disminución de la concentración de oxígeno fueron: Puerto Nuevo y Puerto Bolívar; dentro de estas estaciones se encontró que los SST registraron valores por encima de 30 mg/l, lo que sugiere la presencia de material orgánico, que disminuyó el oxígeno del agua (Begon *et al.*, 2006).

Los **otros parámetros fisicoquímicos**, se encontraron dentro de los rangos normales para las aguas del departamento; el pH entre 7.9 y 8.4, la salinidad entre 32 y 38.9; la temperatura entre 24.4 y 31.6 °C aclarando que valores por encima de 30 se pueden dar en los sitios con características de estuarios (este es el caso de Bahía Hooker).

Los resúmenes estadísticos, mapas de distribución y tendencias de otros parámetros en las estaciones del departamento del Magdalena se pueden consultar en las siguientes direcciones de Internet: http://www.invemar.org.co/consul_estadisticas.jsp y <http://lsi-sig-04.invemar.org.co/website/magdalena/viewer.htm> respectivamente.

En el Magdalena los servicios públicos de agua potable y alcantarillado, presentan una cobertura media (68.7 % en acueducto y 40.6 % en alcantarillado; Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2006), registrando una población de 683.163 habitantes en los municipios costeros (Santa Marta, Ciénaga, Sitio Nuevo, Salamina, Remolino, Piñón, Cerro de San Antonio, Aracataca y Pueblo Viejo; Steer *et al.*, 1997), según el censo de 2005; significa que algo más de 338.000 personas carecen de servicio de alcantarillado, lo que supone una disposición de aguas residuales sin tratamiento a los cuerpos de agua, incluyendo a la zona costera del departamento.

4.5.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

Hidrocarburos

El sector de Santa Marta presenta un riesgo alto de contaminación por hidrocarburos principalmente por su movimiento marítimo y el vertimiento de aguas residuales, poniendo en peligro ecosistemas frágiles y actividades productivas. En los últimos años han ocurrido eventos de derrame de hidrocarburos, el hundimiento de la draga “*Mary*” en enero/2005, el choque de dos buques en el puerto de Santa Marta en Mayo/2005 y el ocurrido en agosto/2003 en el puerto carbonífero de Prodeco. Por fortuna estos incidentes afectan de manera puntual el medio marino, han sucedido en zonas abiertas donde los fenómenos de dilución han jugado papel importante en la recuperación del medio. A continuación se presenta una sinopsis de los resultados hallados (Figura 4.5-3):

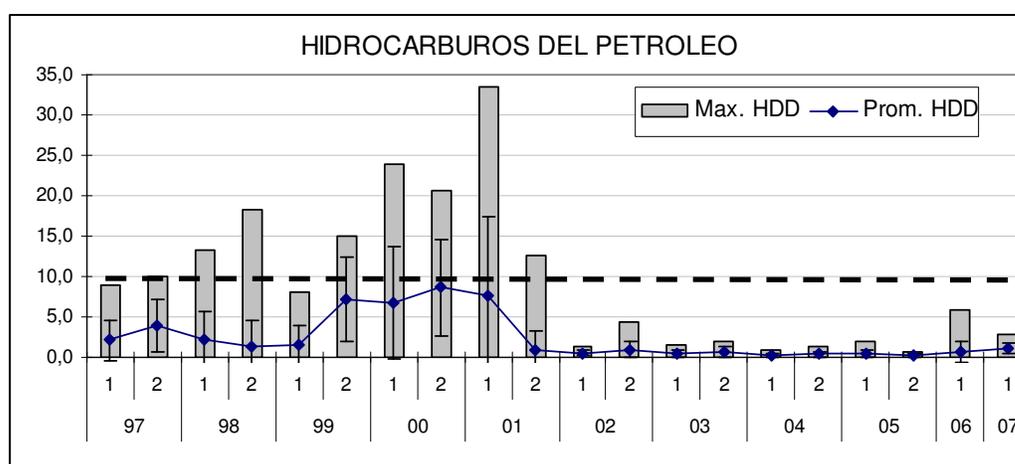


Figura 4.5-3. Comportamiento histórico de las concentraciones de hidrocarburos en las aguas costeras de Magdalena.

2001: Los niveles de concentración oscilan de moderadamente altos a indetectables a lo largo del ciclo anual. Se aprecian registros mayores, de forma puntual, aguas arriba del *Río Manzanares* (33.4 µg/L) y frente a la desembocadura del río Guachaca (21.6 µg/L), lo cual sugiere la influencia de actividades antrópicas. En general, los niveles de HDD en el resto de la franja costera estudiada tienden a ser inferior a 5.0 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).

2002: A partir del segundo semestre del 2001 los rangos de concentración se han estrechado considerablemente. Sin incluir un registro determinado en la Bahía de Santa Marta de 20 µg/L, en la época seca del 2002, el máximo fue 1.22 µg/L frente al río Don Diego, seis meses después en época húmeda el valor más alto se determinó en el río Manzanares con 4.26 µg/L.

2003: En el primer muestreo el valor máximo se localizó en el *Río Manzanares* con 1.49 µg/L y en el semestre siguiente la mayor concentración se midió en el *Río Buritaca* (1.65 µg/L).

2004: Las concentraciones registradas son muy bajas, en la actualidad los máximos corresponden a las estaciones el *Rodadero* y *Taganga* con valores de 0.94 y 0.56 µg/L

respectivamente, debida a la actividad náutica asociada al turismo que se desarrolla en estas playas. En la época lluviosa las concentraciones aumentaron ligeramente, mostrando un valor máximo de 1.37 µg/L en la estación *Río Gaira*.

2005: Las concentraciones en época seca se mantienen en el mismo orden a las del año anterior presentando un valor máximo en la estación *Río Manzanares* 2.05 µg/L.

2006: las concentraciones mas altas se hallan en la ZCSM, se registra un valor máximo de 5.9 µg/L en el interior de la Bahía de Santa Marta y de 2.2 en el *Río Manzanares*.

2007: Las concentraciones varían en un rango cuyo valor máximo es de 2.8 µg/L hallado en la estación *Río Manzanares*.

Tabla 4.5-1. Resumen estadístico de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de Magdalena.

Parámetro	Salamanca		CGSM		Isla Aguja - Boca de la Barra		Río Piedras - Guajira		Río Piedras - Isla Aguja	
	HDD	OCT	HDD	OCT	HDD	OCT	HDD	OCT	HDD	OCT
Máx.	0,76	1,00	0,43	87,00	33,40	21,00	21,59	17,40	7,65	10,40
Mín.	0,03	0,03	0,16	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Prom.	0,24	0,47	0,30	8,22	1,39	1,24	1,00	1,39	0,73	1,53
Mediana										
STDDV	0,24	0,35	0,19	17,88	4,23	2,86	2,56	2,43	1,45	2,47
num.	9	12	2	58	140	112	81	74	38	34

Entre 1997 - 2001 un gran número de estaciones presentaban concentraciones de hidrocarburos por encima de los 10 µg/L. Aproximadamente las dos terceras partes (62%) de las muestras analizadas en el periodo 1996-2001 presentan concentraciones superiores a 1.0 µg/L, que de acuerdo a la escala indicativa establecida por Marín (2001), suponen algún tipo de afectación al medio; desde el 2002 la situación se invierte y más del 82% de las muestras analizadas se encuentra por debajo de este valor.

Las concentraciones de HC exhiben el rango de variación más alto en el 2002 y a partir de este año muestran una tendencia a disminuir; y al comparar las concentraciones registradas en los últimos años, 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.

La clasificación por sectores muestra que la zona comprendida entre *Punta aguja* y *Boca de la Barra* es la de mayor afectación por vertimientos de hidrocarburos, con el promedio más alto de los cinco sectores 1.39 µg/L; precisamente en este sector se desarrollan actividades económicas y se encuentra los asentamientos mas poblados (Tabla 4.5-1), es así que las estaciones *Bahía Taganga*, *Río Manzanares* y *Río Gaira* con sus respectivos frentes presentan las mediciones mas altas.

Plaguicidas

En el Magdalena las regiones costeras más afectadas por fuentes terrestres de contaminantes organoclorado (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 del norte del departamento y los que descargan en la zona costera de Santa Marta como el Toribio, Córdoba y el río Manzanares, que en su recorrido recoge vertimientos producidos en la zona 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 al Ministerio de Salud en 1978 trabajando en la desembocadura del río Magdalena (Pagliardini, 1982). Martínez (1978) describió cualitativamente la incidencia de los plaguicidas aplicados en la zona bananera del Departamento del Magdalena. Análisis cuantitativos realizados posteriormente por INVEMAR en la CGSM revelaron la presencia de DDT, heptacloro, lindano y aldrin en los sedimentos de zonas de manglar de la CGSM (Espinosa *et al.*, 1995) y se determinaron valores de amplificación biológica para lisa (*Mugil incilis*), bocona (*Cetengraulis edentulus*) y chivo mapalé (*Ariopsis bonillai*), en un primer intento para conocer la dinámica de los organoclorados en la red trófica de la laguna (Plata *et al.*, 1993); y se evaluaron las tasas de acumulación y depuración de aldrin en la ostra (*Crassostrea rhizophorae*) a diferentes salinidades (Gómez *et al.*, 1995). Respecto a los efectos directos sobre organismos acuáticos, en diversos estudios se ha demostrado la toxicidad aguda de algunos insecticidas organoclorados sobre especies piscícolas, revelándose el endrin como el compuesto más tóxico (Lara *et al.*; 1977). En otro bioensayo de toxicidad LC₅₀ con aldrin y heptacloro en Mojarra amarilla (*Petenia raussii*) y Tilapia (*Tilapia rendalli*), se menciona que el heptacloro es más tóxico para la Tilapia (Montoya, 1981).

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

Descripción temporal

1995 –2001: Para el complejo de la CGSM la información histórica disponible para la red de estaciones estudiadas revela un comportamiento irregular en las diferentes zonas en cuanto a la frecuencia de aparición de residuos de plaguicidas organoclorados (rango de concentración de OCT 0.03 - 89.0 ng/L OCT), que depende de manera puntual y específica según las características hidrológicas propias de cada sector.

Con relación a la zona costera, se concluye que históricamente los mayores niveles de residuos de plaguicidas de tipo organoclorado corresponden principalmente a aldrin y DDT total. Se debe mencionar que Bahía Chengue, ubicada en el Parque Nacional Natural Tayrona, que se considera un sector costero de bajo riesgo de contaminación antropogénica, ha presentado detección de residuos de plaguicidas organoclorados, pero sus concentraciones han sido menores que en otros sectores, lo que demuestra el transporte de estos tóxicos desde otras zonas costeras por acción de las corrientes o deposición atmosféricas.

2002: Los valores determinados en este año son mucho más bajos que los que se hallaban un par de años atrás, aunque todavía siguen reportándose estos compuestos, principalmente en afluentes que recorren zonas agrícolas. Tal es el caso del *Río Guachaca* que presentó el valor más alto de OC para el primer semestre del 2002 con un valor de 17.4 ng/L.

2003: En el primer semestre de este año los ríos Sevilla y Fundación presentaron las concentraciones más altas, 35.7 y 21.6 ng/L respectivamente, las restantes estaciones no superaron los 8.0 ng/L. En el último monitoreo del 2003 las concentraciones fueron inferiores a 5.0 ng/L, pero aún se siguen detectando estos residuos en el departamento.

2004: Todas las estaciones monitoreadas presentaron concentraciones por debajo del límite de detección. La tendencia observada es a una disminución en la presencia de estos residuos (Figura 4.5-4)

2005: Se mantiene la misma situación del 2004 las concentraciones son inferiores al límite de detección de la técnica analítica.

2006 y 2007: Los registros oscilan en un rango cuyo valor máximo es de 2,8 ng/L registrado en el *Río Manzanares*. Los registros siguen siendo muy inferiores al valor de referencia adoptado (30 ng/L), por lo cual no existe riesgo de contaminación por OC.

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, 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 OC, y esta disminución puede ser gracias a la legislación en esta materia, y su presencia deberse a que en la actualidad 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.

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.

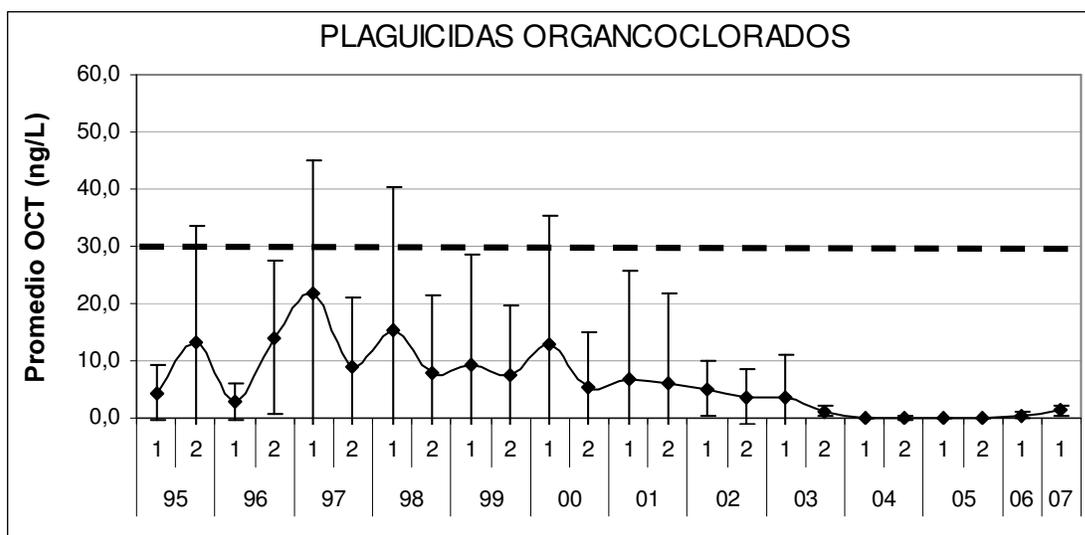


Figura 4.5-4. Tendencia histórica de plaguicidas organoclorados medidos en aguas costeras del Magdalena

4.5.4 Contaminación Microbiológica

El diagnóstico microbiológico del departamento se basa en el análisis de los microorganismos indicadores de contaminación fecal, en el periodo comprendido entre el segundo semestre de 2006 y el primer semestre de 2007. Las bacterias indicadores de contaminación fecal están definidas como microorganismos no patógenos, constituyentes normales de la flora intestinal de individuos sanos y que tienen la característica de estar presentes en el ambiente cuando los patógenos intestinales lo están (Pinilla, 2003). Dentro del grupo de indicadores se encuentran los Coliformes totales (CTT), Coliformes termotolerantes (CFS) y Enterococos (EFE).

Durante el año de muestreo, las estaciones que presentan los mayores aportes de Coliformes totales, en orden descendente, son: *Emisario Submarino* (460.000 NMP / 100 ml), *Río Manzanares* (110.000 NMP / 100 ml), *Río Gaira* (79.000 NMP / 100 ml), *Río Córdoba* (79.000 NMP / 100 ml), *Río Mendihuaca* (13.000 NMP / 100 ml), *Río Piedras* (12.000 NMP/ 100 ml) y *Río Toribio* (5.400 NMP/100 ml). Estos valores sobrepasan el límite de la norma colombiana, 5000 NMP CTT/100 ml, para aguas destinadas a actividades de contacto secundario según MINSALUD (1984). Históricamente, los tributarios Gaira y Manzanares han presentado concentraciones elevadas de Coliformes totales como consecuencia de vertimientos de aguas servidas de las poblaciones ribereñas y urbanas localizadas a lo largo de su cauce. De esta forma, en el periodo 2001-2007 la estación de Río Gaira presenta fluctuaciones en las mediciones de CTT, observando los mayores niveles durante el primer semestre de cada año y un valor máximo de 300.000 NMP / 100 ml en el año 2005; mientras la estación del Río Manzanares, durante este mismo periodo, presenta dos puntos máximos de CTT en el primer semestre del año 2003 y 2006 del orden de 1.600.000 NMP / 100 ml (Figura 4.5-5).

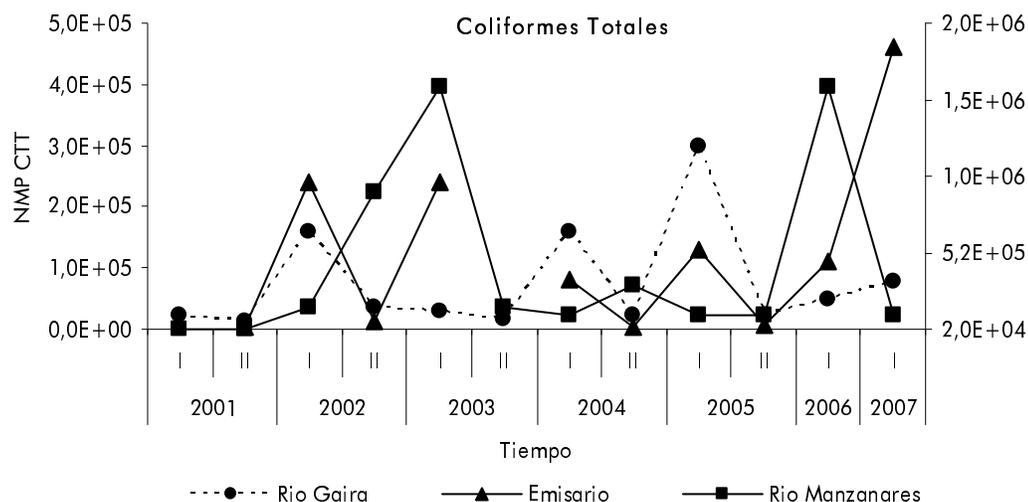


Figura 4.5-5. Tendencia de Coliformes totales en el primer (I) y segundo (II) semestre (2001-2007) en el Magdalena.

Otra descarga importante de coliformes en el departamento la constituye la estación el Emisario que presenta en el primer muestreo de 2007 el mayor valor de Coliformes totales y termotolerantes de los últimos siete años, con 460.000 NMP / 100 ml. El emisario submarino tiene como función recolectar las aguas residuales de la ciudad y verterlas al mar a determinada profundidad y distancia, con el objetivo de reducir la carga bacteriana por procesos de dilución y dispersión y el efecto bactericida del mar; además, asegurar la calidad sanitaria de las áreas cercanas (METROAGUA; 2007). Es importante notar que durante el mismo periodo, las estaciones *Playa Taganga* y *Playa Municipal* tuvieron valores de CFS de 240 y 230 NMP / 100 ml respectivamente, y aún cuando estos valores sobrepasan lo establecido en el decreto 1594 de 1984 para aguas de contacto primario, no se pueden atribuir directamente a la influencia del Emisario ya que la primera estación recibe la influencia de las aguas servidas de la población de Taganga y la segunda las descargas del Río Manzanares. Las mediciones de los otros balnearios se encontraron aptas para actividades de recreación en el primer semestre del 2007.

En el segundo muestreo de 2006 las Playas de La Calle 22 (720 UFC / 100 ml), Municipal (188 UFC / 100 ml), Rodadero (106 UFC / 100 ml), Salguero (56 UFC / 100 ml) y Frente Parque Acuático (41 UFC / 100 ml) no eran idóneas para el desarrollo de actividades de baño y natación, de acuerdo con los criterios establecidos por la Organización Mundial de la Salud (2005; Figura 4.5-6).

4.5.5 Conclusiones

La zona costera del departamento del Magdalena presentó condiciones fisicoquímicas consideradas “normales” durante el primer semestre del 2007. Existen fuentes de contaminantes al medio marino, que son importantes para tener en cuenta en los planes de saneamiento costero, entre ellas podemos citar al Emisario Submarino, los ríos Manzanares y Gaira; otras fuentes aunque estén plenamente identificadas, deberán ser monitoreadas y revisar sus descargas al medio marino (actividad de muelles turísticos y de carbón).

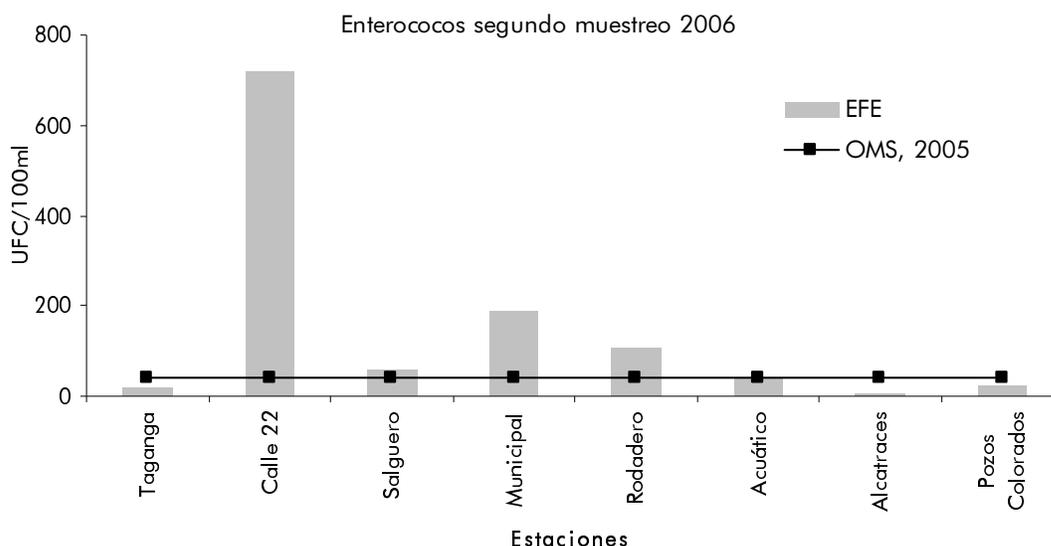


Figura 4.5-6. Enterococos en balnearios del Magdalena, medidos en el segundo semestre de 2006 y valor guía de la OMS para aguas de contacto primario (40 UFC/ 100 ml).

El diagnóstico general de la zona costera del Magdalena indica un estado de calidad favorable respecto a la contaminación por hidrocarburos disueltos y dispersos, en especial el sector norte del departamento, donde se encuentra ubicado el parque PNN – Tayrona; mientras que el sector de Santa Marta presenta riesgo medio de contaminación por HDD por su movimiento marítimo y el vertimiento de aguas residuales, pudiendo afirmar que la contaminación por hidrocarburos en las aguas costeras del departamento es principalmente puntual.

El impacto por plaguicidas organoclorados cada vez es menor 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.

Las estaciones del Río Manzanares y Río Gaira han presentado a través del tiempo concentraciones elevadas de Coliformes totales, producto de la recolección de las aguas servidas de las poblaciones que se encuentran en su tránsito.

De acuerdo a los niveles de Enterococos en el segundo semestre del 2006 y de Coliformes termotolerantes en el primer semestre del 2007 la estación Playa Municipal no se encontró apta para actividades de contacto primario en el tiempo de estudio.

ATLÁNTICO



Ciénaga de Mallorquín

4.6 ATLANTICO

4.6.1 Estaciones de Muestreo

Las estaciones de muestreo en el Departamento del Atlántico han permitido, conocer y reevaluar la calidad de sus aguas costeras; el monitoreo realizado esta generando un conocimiento de importancia para los tomadores de decisiones, en cuanto al conocimiento del recurso agua marino costero (Figura 4.6-1). Infortunadamente en los últimos muestreos, se ha disminuido la cobertura a las estaciones por inconvenientes logísticos y administrativos.

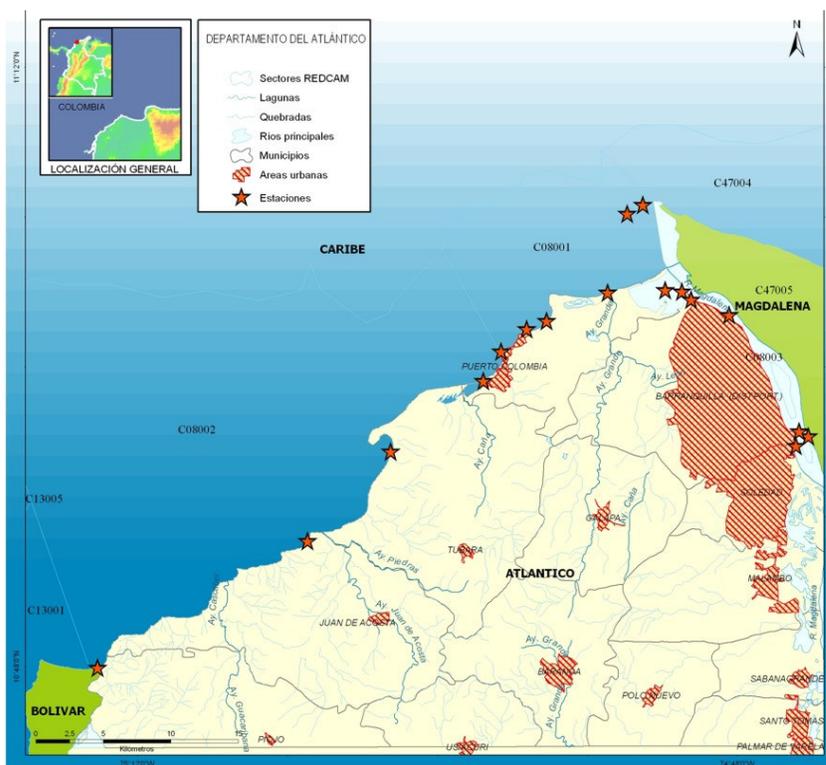


Figura 4.6-1. Estaciones de muestreo en el departamento del Atlántico.

4.6.2 Comportamiento y Evaluación de las Variables fisicoquímicas

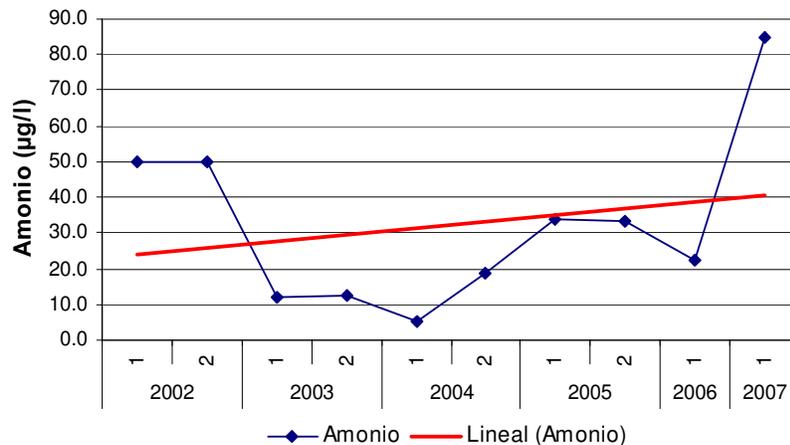
Nutrientes:

Amonio: Para el primer muestreo de 2007 la estación de *Punta Roca*, cerca a la desembocadura del Río Magdalena, presentó la concentración más alta del ión amonio en la zona costera (valor de 84.6 $\mu\text{g/L}$; Figura 4.6-2). El Río Magdalena es la descarga de aguas continentales más significativa en el Caribe colombiano y principal fuente de iones nutritivos para los productores primarios, como el silicio, el fósforo y otros iones de nitrógeno.

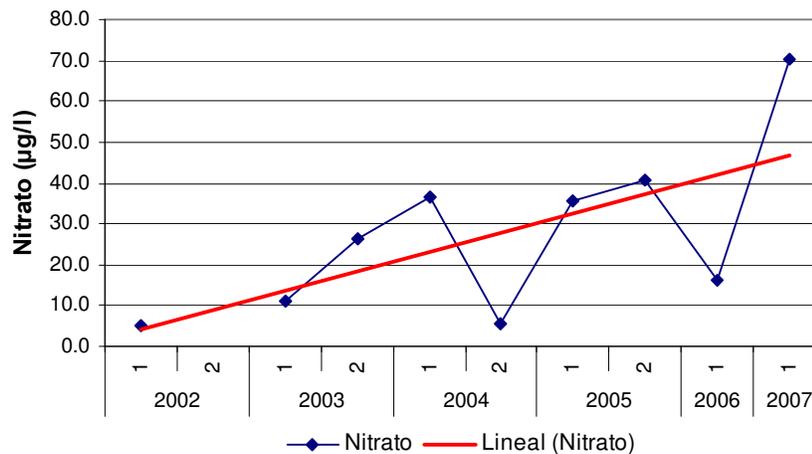
La ciénaga de Mallorquín, por su condición de estuario y además con poblaciones en su entorno, se ha registrado valores mayores a 100 µg/L del ión amonio; sobre todo en sitios cercanos a las descargas de aguas del Río Magdalena y del Arroyo León.

Nitrato: Durante el primer muestreo de 2007, el Río Magdalena en la estación *Caño Clarín*, presentó la concentración más alta de nitrato: 79.7 µg/L, lo que representó una disminución de sus concentraciones históricas en la zona costera del departamento. La tendencia general del ión nitrato en las aguas costera es a disminuir, pero no se deben descuidar las fuentes provenientes de actividades importantes de este parámetro como los vertimientos del distrito de Barranquilla.

El departamento del Atlántico ha presentado valores mayores a 100 µg/L de nitrógeno inorgánico (como nitrato), en las estaciones ubicadas en el río Magdalena, ciénagas Mallorquin y Balboa, que por su condición de estuario, así como por la presencia de asentamientos humanos en sus riveras, sus aguas están influidas por las descargas de agua residuales. El resultado de la descarga del río Magdalena puede llegar lejos, como se aprecia en la Figura 4.6-2.



A)



B)

Figura 4.6-2. Variación de amonio (A) y nitrato (B) en la estación de Punta Roca.

Ortofosfato: En el primer muestreo de 2007, los valores más altos de fósforo inorgánico disuelto se registraron en Playa *Santa Verónica* (240.0 µg/L) y en Playa *caño Dulce* (197.6 µg/L). Estas estaciones corresponden a dos sitios de recreo para los atlanticenses, cuya procedencia parece estar asociada a las actividades de pesca que se dan durante los períodos en que no hay turismo, así como a la resuspensión de sedimentos costeros que se presenta por el fenómenos de los vientos alisios durante esta época del año (primer trimestre).

Sólidos en suspensión: El registro más alto fue de 411.3 mg/L en la estación del Río Magdalena, junto al *Canal del Clarín*, seguido de 222 mg/L, en la *Ciénaga de Balboa*. Históricamente las aguas costeras del Atlántico han presentado concentraciones promedios mayores a 100 mg/L (en promedio desde el 2001 a la fecha de 182.8 mg/L). Las principales fuentes de sólidos son en su orden: El *Río Magdalena*, los vertimientos urbanos y la mala disposición de las basuras en las poblaciones costeras (sobre todo en los corregimientos).

Oxígeno disuelto: Este parámetro se encontró entre 3.89 y 10.3 mg/L, en el primer muestreo de 2007. La estación que presentó disminución de la concentración de oxígeno fue *Río Magdalena* por el *Canal del Clarín* y la de mayor concentración fue la *Ciénaga Balboa*; en estas estaciones se encontró que los SST registraron valores por encima de 30 mg/L, lo que sugiere la presencia de materia orgánica, que influye sobre el oxígeno disuelto del agua (Begon *et al.*, 2006).

Los otros parámetros fisicoquímicos, se encontraron dentro de los rangos normales para las aguas del departamento; el pH entre 6.81 y 8.14, la salinidad entre 0.1 y 48.5 (esto es causado por la entrada del *Río Magdalena* y los cuerpos de agua encerrados); la temperatura entre 26.9 y 31.5 °C, con valores por encima de 30 °C en la *Ciénaga de Mallorquín*.

Los resúmenes estadísticos, mapas de distribución y tendencias de parámetros en las estaciones del departamento del Atlántico se pueden consultar en las siguientes direcciones de Internet: http://www.invemar.org.co/consul_estadisticas.jsp y <http://lsi-sig-04.invemar.org.co/website/atlantico/viewer.htm> respectivamente.

La fuente principal de nutrientes en aguas de esta zona costera, se debe a vertimientos de aguas servidas (PNUMA, 2001), no sólo de poblaciones costeras del Atlántico, sino de todo el país al Río Magdalena (Restrepo y Kjerfve, 2002). El departamento del Atlántico tiene servicios públicos de agua potable y alcantarillado, que presentan una cobertura media de 88.87 % en acueducto y 75.95 % en alcantarillado (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2006), registrando una población de 1'204.706 habitantes en los municipios costeros (Barranquilla, Juan de Acosta, Tubará, Piojó y Puerto Colombia), según el censo de 2005; lo cual significa que algo más de 289.000 personas carecen de servicio de alcantarillado y que por lo tanto, disponen las aguas residuales en los cuerpos de agua aledaños a las comunidades, incluyendo el mar.

4.6.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

Hidrocarburos

Los riesgos de contaminación por hidrocarburos en la zona costera del Atlántico se fundamentan en las actividades en torno a uno de los principales puertos marítimos y fluviales del país, al impacto generado por la actividad industrial de los municipios de Barranquilla,

Soledad y Malambo, así como al vertimiento de sus aguas servidas. Barranquilla es la ciudad costera más grande e industrializada del Caribe colombiano pero su problemática ambiental en relación con los ecosistemas marinos ha sido poco sustentada, tal vez porque no se encuentra asociada directamente a una bahía o cuerpo de agua 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 95. Esto reflejan el riesgo al cual esta sometida la zona costera. Aunque en la actualidad la situación es más favorable ambientalmente reflejada en una disminución de dichas concentraciones. A continuación se presenta una síntesis de los resultados hallados.

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

2002: Los resultados para el primer muestreo muestran una disminución porque los valores encontrados no sobrepasan un máximo de 3.25 µg/L (medido en las aguas del *Río Magdalena* y su desembocadura). Se registra una alta frecuencia de muestras cuya concentración supera el 1.0 µg/L de HDD, ratificando una situación de riesgo para la zona costera del departamento con respecto a estas sustancias. En el segundo muestreo las concentraciones fueron mucho menores y no superaron el 0.82 µg/L, lo que representa una disminución significativa. En el sector sur del departamento las concentraciones medidas son bajas y no representan contaminación para el medio ambiente.

2003: El valor máximo registrado fue de 2.35 µg/L (*Playa de Puerto Colombia*), para la época seca. Los resultados de 2002 y 2003 exhiben un ligero aumento en el rango durante esta época. Cuando llega la temporada húmeda el rango disminuye, tal como ocurrió en el 2002 y 2003, indicando que las concentraciones están sometidas a efectos de dilución y que la procedencia puede ser terrestre.

2004: El valor máximo de estos contaminantes fue de 0.12 µg/L y se registró en la estación *Frente a la Dársena*. En la época húmeda los valores aumentaron levemente con registros menores a 0.5 µg/L, excepto en la estación *Urbanización la Playa* en la Ciénaga de mallorquín (9.74 µg/L)

2005: Las concentraciones en época seca vuelven a disminuir significativamente registrando unos valores máximos de 0.24 y 0.28 µg/L en las estaciones *Boca Caño Clarín* y *Bocas de Ceniza* en el Río Magdalena.

2006: La concentración mas alta de 3.1 $\mu\text{g/L}$ fue medida en *Bocas de Ceniza*; en el monitoreo de **2007** las concentraciones no superan el 1.0 $\mu\text{g/L}$, demostrando condiciones ambientalmente favorables.

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 las concentraciones es descendente (Figura 4.6-3). En el 2001 la mayoría de las estaciones presentaban un riesgo alto de contaminación ($>10.0 \mu\text{g/L}$), actualmente los valores son menores a 1 $\mu\text{g/L}$, lo que indica riesgo bajo.

Se observa además, un efecto sobre las concentraciones relacionado con la época de muestreo (climática): 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 en el sector del Río Magdalena (estaciones cercanas) como las estaciones más afectadas por el vertido de hidrocarburos (1.5 $\mu\text{g/L}$) a causa de las aguas servidas de la ciudad de Barranquilla y la actividad marítima.

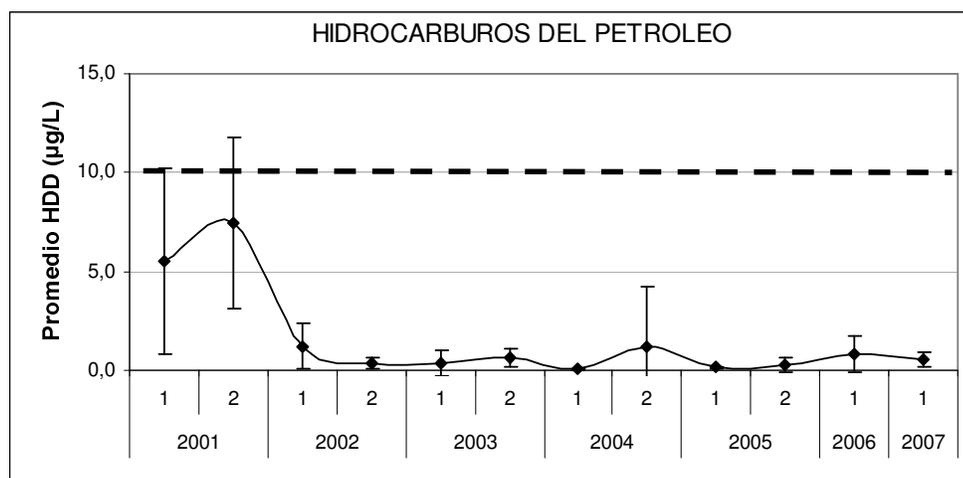


Figura 4.6-3. Comportamiento histórico de las concentraciones de hidrocarburos en las aguas costeras del Atlántico.

Plaguicidas

El PNUMA (1994), en su informe técnico No. 34 (Perspectiva regional sobre las fuentes de contaminación de origen terrestre en la Región del Gran Caribe), reseña que entre 1972-1974 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), de 20 especies de peces del Río Magdalena se detectaron residuos de plaguicidas organoclorados en 10 especies, con rangos de concentración (ng/g de lípidos) en músculo de

20-1060 para heptacloroepóxido, 20-620 para HCH total y 55-10700 para DDT total; los mayores niveles de organoclorados fueron encontrados en muestras recolectadas en la parte media y baja del río, revelando el mayor impacto en estos sectores.

Descripción temporal

1995-2000: Existen algunos registros altos determinados en aguas del Río Magdalena de 87 ng/L de OC, lo cual hace que los valores promedios durante este periodo sean los más altos. Gracias a su desarrollo económico Barranquilla, se constituye en fuente de contaminantes debido a la actividad industrial de la vía 40, la Zona Franca y las descargas domésticas de la ciudad en diferentes puntos a través de caños (Steer *et al*, 1997). Históricamente este conjunto de factores han conducido a valores altos tanto de OCT como de HDD (Figura 4.6-4; Tabla 4.6-1).

Tabla 4.6-1. Resumen estadístico de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas del Atlántico.

Parámetro	Sector Norte		Sector sur		Río Magdalena	
	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)
Máx.	10,50	34,00	11,15	7,30	12,40	22,00
Mín.	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
Prom.	1,00	3,55	1,25	1,13	1,50	1,54
Mediana						
STDDV	2,34	8,93	2,67	1,61	2,89	3,74
num.	21	14	43	25	47	39

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

2002: Únicamente se encuentra con la información de la estación *Boca de Caño Clarín*, con 5.6 y 5.7 ng/L en las épocas seca y húmeda respectivamente.

2003: En el primer muestreo del año se encontró una situación más favorable ambientalmente en comparación con la época seca del 2001, puesto que todos los valores registrados fueron inferiores a 1 ng/L a excepción del reporte de *Puerto Velero* (7.0 ng/L). En septiembre las concentraciones no sobrepasaron los 2.4 ng/L (*ciénaga Balboa*), lo cual evidencia un menor aporte de estas sustancias hacia el mar.

2004: Todas las estaciones monitoreadas presentaron concentraciones inferiores al límite de detección. Excepto la estación *Urb. La Playa*, en la ciénaga de Mallorquín donde se detectaron algunas trazas de DDT (0.6 ng/L).

2005: Los niveles detectados son muy bajos (< 1.0 ng/L estación *Las Flores*), pero aún siguen apareciendo trazas especialmente de isómeros del DDT.

2006 y 2007: las concentraciones permanecen indetectables en la mayoría de estaciones salvo en el río Magdalena donde no superan 0.3 ng/L.

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, tal como se presentó en el 2004 y 2006.

Si bien, las aguas del río Magdalena recorren de sur a norte gran parte del territorio nacional, con todo lo que ello significa para el mismo (entrada de sustancias tóxicas por recorrer zonas industriales agrícolas y residenciales), su caudal está cumpliendo bien con el papel de servir de disposición final para la mayoría de aguas residuales de nuestro país. Lo que respecta a OC los 8.000 m³/s de flujo están permitiendo la dilución de estas sustancias a concentraciones por debajo de los límites de detección de las técnicas analíticas.

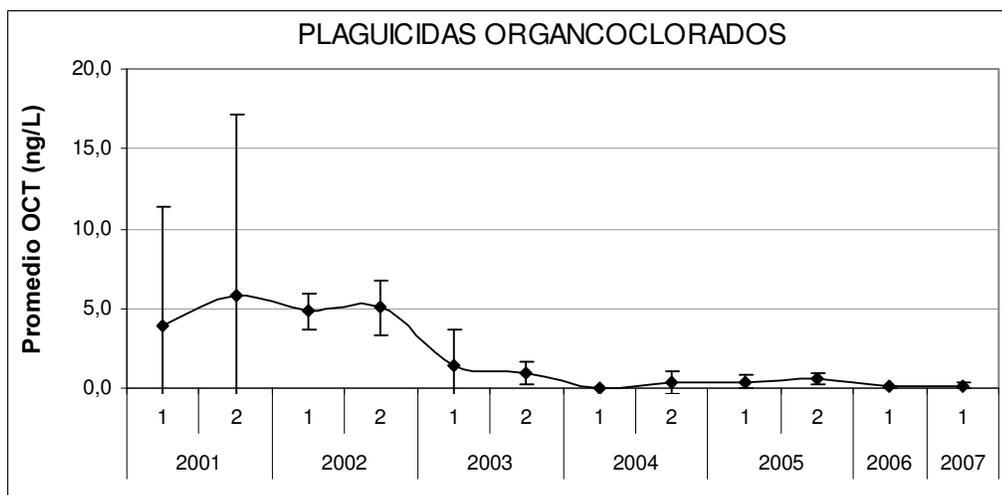


Figura 4.6-4. Comportamiento histórico de plaguicidas organoclorados (OCT) en aguas costeras del Atlántico.

4.6.4 Contaminación Microbiológica

El análisis microbiológico referente a la calidad sanitaria de los balnearios en el departamento del Atlántico, muestra que en el primer muestreo de 2007 el 50% de las playas evaluadas no se encontraron idóneas para el desarrollo de actividades de baño, careteo y natación, conocidas en conjunto como actividades de contacto primario (NHMRC, 2005), debido a que excedieron el valor de referencia para Coliformes termotolerantes (200 NMP/100 ml) dispuesto por la legislación colombiana (Minsalud, 1984).

La estación que presentó la mayor concentración de CFS fue *Playa Salgar* con 540 NMP/ 100 ml, seguido por las *Playas de Puerto Colombia* con 360 NMP/ 100 ml y por último, *Playa Pradomar* con 240 NMP/ 100 ml (Figura 4.6-5). Las concentraciones microbianas obtenidas, se

deben posiblemente al efecto de las descargas de residuos provenientes de las actividades turísticas de sol y playa desarrolladas en esta área, además de las aguas servidas de los establecimientos ubicados en los alrededores de la zona. El aporte de diferentes fuentes de contaminación genera una mezcla de microorganismos patógenos y no patógenos que presentan un riesgo potencial para los bañistas de adquirir enfermedades de transmisión hídrica a través de las rutas fecal-oral, ojos, oídos, cavidad nasal y tracto respiratorio superior, en el momento de tener contacto con el agua (OMS; 2003).

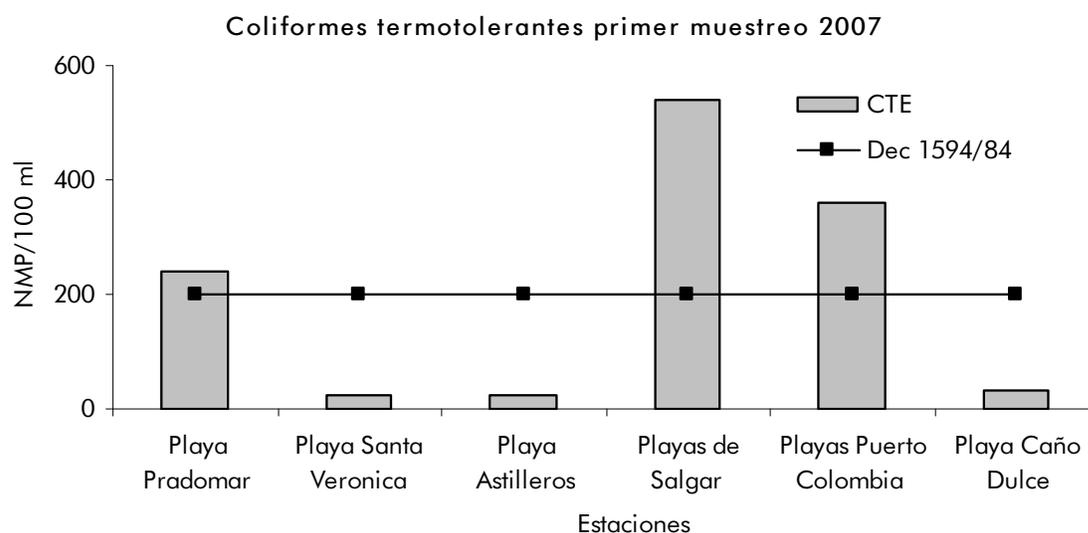


Figura 4.6-5. Número más probable de Coliformes termotolerantes y límite permisible para actividades de contacto primario en el primer muestreo de 2007 en el Atlántico.

Históricamente, los puntos de muestreo localizados en Las Flores, Bocas de Ceniza, Frente a la Base Naval y Frente a Darsena han presentado los niveles mas altos de Coliformes termotolerantes con valores por encima de los 24.000 NMP/100 ml. De manera general, el comportamiento de la carga microbiana ha sido similar en estas estaciones, de tal forma que entre el segundo muestreo del año 2005 y el primer muestreo del año 2007 presentó un ascenso simultáneo en las poblaciones de CFS (Figura 4.6-6). Estas estaciones se encuentran sobre la línea de transito del Río Magdalena, tributario que recibe el 70 % de los residuos industriales y domésticos del País y genera un aporte al Mar Caribe de $14. \times 10^{13}$ NMP de CFS por día (Marín *et al.*, 2004).

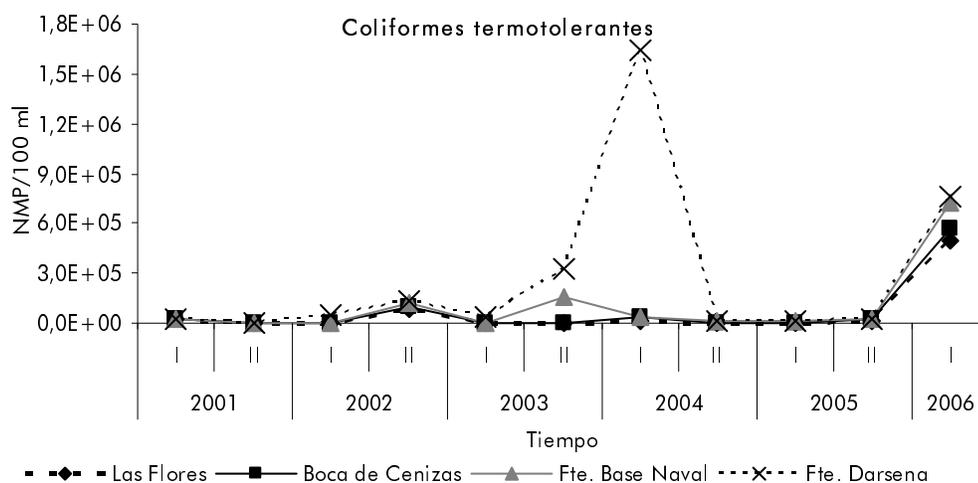


Figura 4.6-6. Tendencia de Coliformes termotolerantes en el primer (I) y segundo (II) muestreo (2001-2006).

4.6.5 Conclusiones

La franja costera del departamento presentó buenas condiciones fisicoquímicas durante el primer muestreo de 2007. Existen puntos donde ingresan diversos contaminantes al medio marino, que deben ser tenidos en cuenta para los planes de saneamiento costero. Las ciénagas de Balboa y Mallorquín, son usados para vertimientos líquidos y residuos sólidos por parte de los pobladores en sus riveras, situación que debe ser enmendada.

Las concentraciones de OC 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.

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 5 µg/L, clasificando estas aguas costeras y estuarinas como de riesgo bajo por contaminación con HC. En el tramo final del *Río Magdalena* (expuesto directamente a descargas industriales y domésticas de la ciudad de Barranquilla), los monitoreos iniciados en el 2002 por la REDCAM han demostrado riesgos y concentraciones bajas para estos contaminantes orgánicos (<1.0 µg/L).

Las *playas de Puerto Colombia, Salgar y Pradomar* no presentaron condiciones para el desarrollo de actividades de contacto primario, en el primer muestreo de 2007, de acuerdo con los niveles de Coliformes termotolerantes medidos y los valores de referencia de la legislación colombiana.

BOLÍVAR



El Laguito

4.7 BOLÍVAR

4.7.1 Estaciones de Muestreo

La Corporación autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE), ha realizado últimamente los monitoreos en las estaciones de muestreo en el departamento de Bolívar, lo que ha permitido conocer y reevaluar la calidad de sus aguas costeras; este monitoreo está generando conocimiento de línea base, que permite dar mejores herramientas para los tomadores de decisiones en el manejo del recurso hídrico del departamento (Figura 4.7-1).



Figura 4.7-1. Estaciones de muestreo en el departamento de Bolívar.

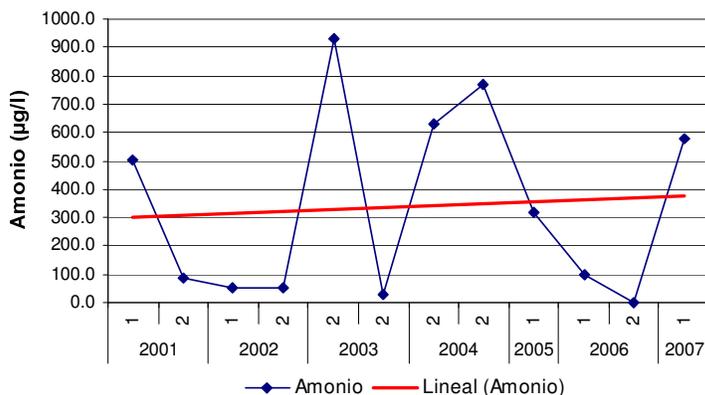
4.7.2 Comportamiento y Evaluación de las Variables fisicoquímicas

Nutrientes:

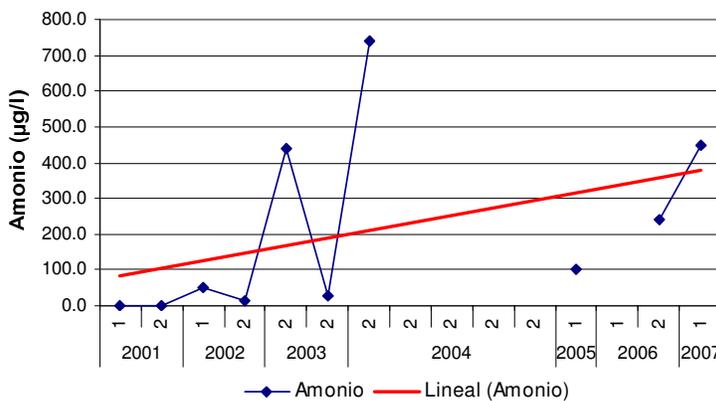
Amonio: En el primer muestreo de 2007 la estación *Desembocadura Arroyo Plata*, presentó la concentración del ión amonio más alta en la zona costera ($580 \mu\text{g/L}$; Figura 4.7-2). Otro punto de fuertes descargas es el vertimiento del emisario de ACUACAR, que en el primer muestreo de 2007 reportó $450 \mu\text{g/L}$ de NH_4 . El Río Magdalena influye sobre la Bahía de Cartagena a través del *Canal del Dique*, así como por influencia de todas las actividades que en el litoral se

realizan (navegación, ganadería, agricultura, etc.). Estas actividades se constituyen en fuente de iones nutritivos para la producción primaria, como el fósforo, iones de nitrógeno y materia orgánica.

La ciénaga de La Virgen, por su condición de estuario y por los vertimientos que realiza el Distrito de Cartagena, ha registrado valores mayores a 100 µg/L de amonio (INVEMAR, 2007b).



A)



B)

Figura 4.7-2. Variación de amonio en Arroyo Plata (A) y Emisario ACUACAR (B).

Nitrato: El Canal del Dique en el primer muestreo de 2007 presentó la concentración más alta de nitrato (732.9 µg/L), lo que representa un aumento en el promedio histórico, ya que, en años anteriores el máximo fue de 250 µg/L (Marín *et al.*, 2005). La tendencia general del ión nitrato en las aguas costera de Bolívar es constante con promedios anuales mayores a 100 µg/L. Especial cuidado deben realizarse sobre las fuentes potenciales de nitratos como los vertimientos urbanos y las descargas continentales.

Ortofosfato: El valor más alto de fósforo inorgánico disuelto se registró en el *Canal del Dique* (150 µg/L), seguido de *Emisario de ACUACAR* con 70 µg/L. Estas estaciones de muestreo corresponden a sitios de descargas de aguas continentales, con un alto nivel de aporte en nutrientes, como es el caso del fósforo inorgánico. Debido a los vertimientos de las aguas servidas en la *Ciénaga de la Virgen*, las concentraciones históricas de fósforo inorgánico en sus aguas han llegado a valores por encima de 100 µg/L (Marín *et al.* 2005).

Sólidos en suspensión: Para el primer muestreo de 2007, los registros más altos fueron de 876 mg/L en el *Caño Lequerica* y 848 mg/L en el *Caño Matunilla*. Las demás estaciones mostraron valores por debajo de 100 mg/L. Históricamente las aguas costeras de Bolívar se mantienen constantes en la concentración de sólidos en suspensión con promedios cerca a 100 mg/L.

Oxígeno disuelto: Se encontró entre 3.9 y 10.4 mg/L, en este período. La estación *Desembocadura Arroyo Plata* presentó el menor valor de oxígeno y *Caño Ratón* el mayor. En el caso de *Arroyo Plata* se encontró una concentración de iones amonio de 580 µg/L, lo que sugiere presencia de materia orgánica, la cual influye sobre el contenido de oxígeno disuelto en el agua (Begon *et al.*, 2006).

La medición de los otros parámetros fisicoquímicos, se encontraron dentro de los rangos normales; el pH entre 7.18 y 8.4, la salinidad entre 0 y 34 (por los caños y corrientes de agua continentales); la temperatura entre 26.9 y 33.3 °C aclarando que valores por encima de 30 se pueden dar en los sitios con características de estuarios como la *Ciénaga de la Virgen*.

Resúmenes estadísticos, mapas de distribución y tendencias de los parámetros en las estaciones del departamento de Bolívar se pueden consultar en las siguientes direcciones de Internet: http://www.invemar.org.co/consul_estadisticas.jsp y <http://lsi-sig-04.invemar.org.co/website/bolivar/viewer.htm>.

El departamento de Bolívar, tiene servicios públicos de agua potable y alcantarillado, con una cobertura media de 71.10 % en acueducto y 44.5 % en alcantarillado (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2006), registrando una población de 892.545 habitantes en el Distrito de Cartagena, según el censo de 2005; lo que significa que algo más de 495.000 personas carecen de servicio de alcantarillado, lo que supone que sus aguas residuales se vierten directamente en los cuerpos de agua del litoral.

4.7.3 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. 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.) vertidos a la bahía provienen del tráfico marítimo. 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 al mar.

El sector industrial también se convierte en una fuente importante de hidrocarburos (HC), las industrias ubicadas en la costa oriental de la Bahía de Cartagena, vierten el 100% de sus efluentes a la zona costera, algunos de los cuales sin previo tratamiento. Fuera del área de Mamonal, hacia la zona nororiental de la Bahía, resultan importantes las descargas de pequeñas industrias (talleres mecánicos, de pinturas, muebles, gaseosas, etc), cuyos vertimientos no se han cuantificado pero que pueden ser de importancia, en especial en aportes de residuos oleosos y petrogénicos, por los insumos que manejan.

Los residuos de HC son uno de los contaminantes que mayor presencia hacen en este departamento, la refinería 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 Saeta.

Descripción temporal

2001: Los niveles de HC encontrados en el primer muestreo variaron de 1 a 5 µg/L para la Bahía de Cartagena. En la época de transición se presentaron valores medios y altos correspondientes a la Bahía de Cartagena debido al movimiento de buques, al canal del Dique y a los vertimientos de residuos industriales del sector de Mamonal y domésticos de la ciudad. Igual comportamiento se presenta en la época húmeda. En 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.

2002: El máximo valor de concentración, tanto en época seca como húmeda estuvo localizado en la desembocadura del *caño Matunilla* (3.86 y 1.36 µg/L respectivamente), 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 presión sobre el ambiente considerando un nivel de riesgo medio por este aspecto.

2003: En septiembre el monitoreo de la parte norte del departamento y la *Ciénaga de la Virgen* registraron valores inferiores a 0.2 µg/L.

2004 – a la fecha: No se tiene información sobre residuos de hidrocarburos del petróleo en aguas costeras del departamento.

En términos generales, históricamente la mayoría de los valores sobrepasa el valor máximo permisible de 10 µg/L, durante los muestreos realizados y los mayores valores se presentan en el Distrito de Cartagena y el *Canal del Dique* (Tabla 4.7-1), lo que permite clasificar este departamento como de medio y alto riesgo de contaminación por HDD. La frecuencia con la cual se encuentran valores de HDD por encima de 1,0 µg/L es del 72 % lo cual es muestra de la constante entrada de residuos oleosos al mar con el riesgo que esto implica para el medio marino.

Tabla 4.7-1. Resumen estadístico de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de Bolívar.

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

Plaguicidas

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 Moreno y colaboradores, en sus estudios para el área de Cartagena, señalan que el DDT altera el comportamiento y muda de *P. Hawaiensis* ocasionando necrosis y deformación.

Durante la década del 90 el CIOH adelantó varios estudios enmarcados dentro del programa de "Monitoreo de la contaminación en el caribe Colombiano: petróleo, plaguicidas y desechos flotantes". A finales de esta década, en convenio con otras instituciones (INDERENA, OEA, COLCIENCIAS, IAEA), realizó una evaluación de plaguicidas en la Bahía de Cartagena y Ciénaga de la Virgen (Tabla 4.7-2).

Tabla 4.7-2. Resultados de estudios históricos en material de Organoclorados.

Plaguicida	Prom. Aguas (ng/L)	Prom. Sedimentos (ng/g)	Prom. Peces (ng/g)
Lindano	0.970	0.111	
Heptacloro	0.466	0.110	
DDD	1.291	0.053	Rango: 0.07 – 0.78
DDT	24.490	0.374	

Los estudios realizados en esa década permitieron definir que en la franja costera del departamento 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 y Castro, 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 algodóneros, 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).

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 transición 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.

La presencia de industrias productoras de agroquímicos (Monsanto, Bayer, Rohm and Haas, Dow AgroSciences, Dupont, Quimor, Novartis, Aventis), también constituye otro factor de riesgo de contaminación por plaguicidas. Estas fábricas se encuentran en el sector industrial de Cartagena muy cerca de la bahía. Recordemos, en 1989 se derramaron a esta bahía aproximadamente 5000 litros de clorpirifos ocasionando la muerte masiva de cerca de 10 toneladas de peces de importancia comercial.

Descripción temporal

2001: Las muestras analizadas en los dos periodos presentaron concentraciones por debajo del límite de detección del método (0.03 ng/L), lo que demuestra una tendencia a disminuir el impacto de estos compuestos sobre el ambiente. También la industria química ha aportado en este aspecto, con la puesta en marcha de programas de producción limpia, y eliminando la totalidad de sus vertimientos a la Bahía de Cartagena.

2002: No hay información disponible.

2003: El monitoreo en época seca cubrió el sur del departamento, en el se registró condiciones muy favorables para el ecosistema, determinando en todas las estaciones concentraciones de OCT inferiores a 3.0 ng/L. en septiembre se monitoreo la parte norte del departamento y se encontró condiciones igualmente favorables

2004 – 2007: No se recolectaron muestras de agua para el análisis de plaguicidas OC, se estima que la situación en el departamento debe ser similar a la del resto de la región Caribe, con valores actuales inferiores a los límites de detección de las técnicas analíticas.

4.7.4 Contaminación Microbiológica

La evaluación del estado de los cuerpos de agua para actividades de contacto primario y secundario en Bolívar, se realiza con base en los lineamientos de la legislación colombiana, la cual establece en el artículo 42 y 43 del decreto 1594 de 1984 un valor máximo de Coliformes termotolerantes (CFS) de 200 NMP / 100 ml para aguas de contacto primario y de 5.000 NMP/ 100 ml de Coliformes totales (CTT) para aguas de contacto secundario. En el tiempo de muestreo evaluado, segundo muestreo 2006 y primero 2007, el total de las estaciones, incluyendo las playas, se encontraron por debajo de los valores permisibles de referencia.

Es importante notar, que en el primer muestreo de 2007 la estación *Frente al emisario Acuacar* incremento significativamente los valores de CTT y CFS con respecto a su registro histórico, alcanzado niveles de 11.000 y 4.100 NMP/100 ml respectivamente, mientras la estación *Desembocadura Canal del Dique*, recolectora de aguas residuales y domésticas del Río Magdalena presentó la menor concentración de Coliformes en el periodo 2001-2007 (Figura 4.7-3).

Las concentraciones de Coliformes en el departamento de Bolívar han sido reportadas generalmente con valores muy bajos, incluso en niveles inferiores a los obtenidos en estaciones que reciben tanta o igual afluencia de fuentes contaminantes como la de éste departamento; por lo tanto es importante poner a consideración y revisión los procedimientos empleados en la determinación de los grupos indicadores, o en otro caso la red de estaciones monitoreadas pues sus niveles están regularmente dentro de los parámetros establecidos por la legislación colombiana.

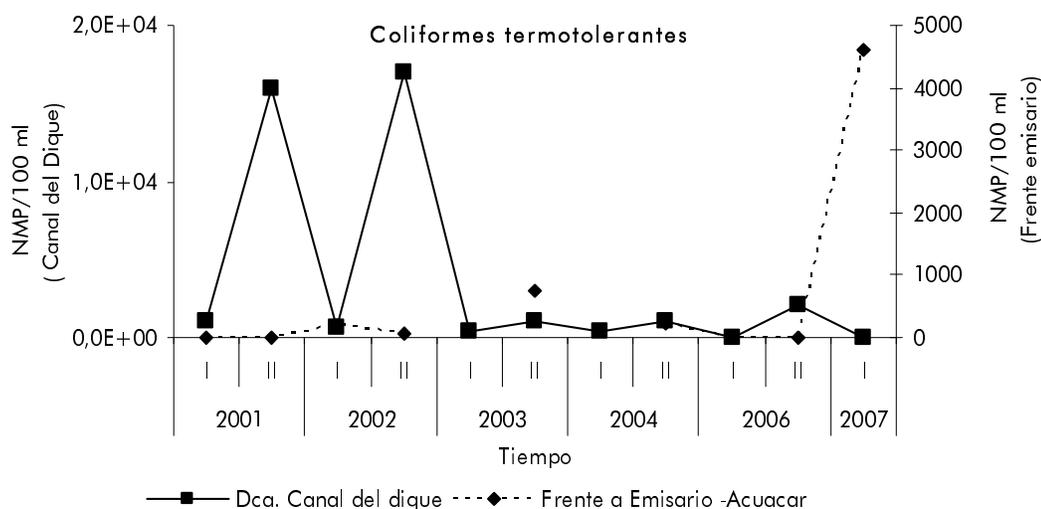


Figura 4.7-3. Tendencia de Coliformes termotolerantes en el Canal del Dique y Frente Emisario ACUACAR. Primer (I) y segundo (II) muestreo (2001-2007) en Bolívar.

4.7.5 Conclusiones

Aunque en la actualidad, la zona costera del departamento de Bolívar no presenta problemas por el ingreso masivo de iones nutrientes y otros materiales (materia orgánica y sedimentos), la tendencia de las condiciones fisicoquímicas durante el primer muestreo de 2007 indica que puede estar en riesgo, debido al aumento paulatino que se viene registrando. Los puntos por donde ingresan las diversas fuentes de contaminantes al medio marino son bastante conspicuos y se deberán tener en cuenta para los planes de acción de las autoridades ambientales.

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.

A partir de 2001 y hasta el segundo muestreo de 2003 se observó una tendencia descendiente de los niveles 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 calidad sanitaria del total de las estaciones monitoreadas cumple con los criterios establecidos en el decreto 1594 de 1984 para aguas de contacto primario y secundario.

SUCRE



Coveñas



Isla Santa Cruz Pescadores

concentraciones de amonio, tienen una fuerte influencia de las poblaciones por donde transitan sus aguas, por los vertimientos y aportes de residuos sólidos, que a su vez demandan oxígeno disuelto de sus aguas y producen nutrientes que llegan hasta la zona costera.

La ciénaga La Caimanera, por su condición de estuario y aguas sin mucha circulación presentan buenas condiciones en cuanto a los nutrientes inorgánicos disueltos, aunque históricamente se han registrado valores altos de amonio, actualmente las concentraciones son menores a 10 µg/L.

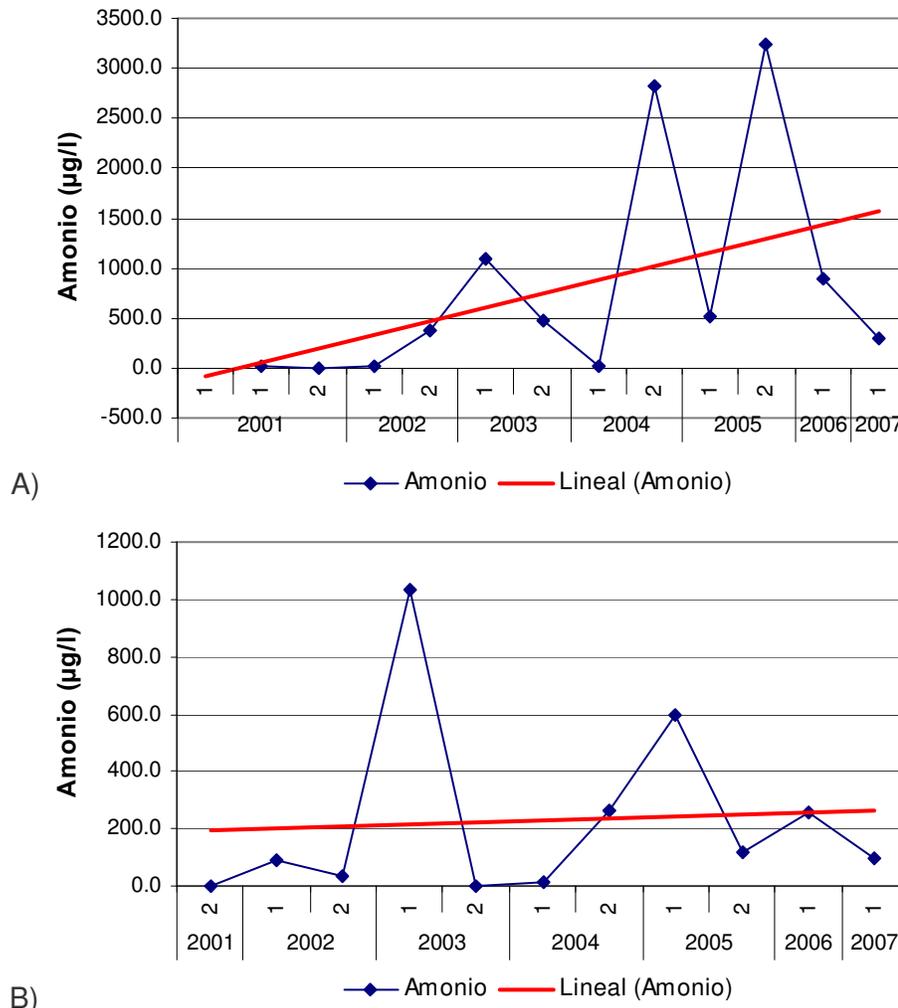


Figura 4.8-2. Variación y tendencia lineal de amonio en (A) Caño Gauiní y (B) Arroyo Pechelín.

Nitrato: Durante el primer muestreo del 2007, el Caño Zaragocilla y su área de influencia (frente a este caño en la zona costera), se presentaron las concentración más alta de nitrato: 47.2 µg/L y 47.4 respectivamente. Sin embargo se considera que estos valores están dentro del rango natural de este tipo de aguas con influencia continental. Históricamente, las concentraciones de nitrato en las aguas de la zona costera han presentado variaciones según la temporada, pero su tendencia se mantiene alrededor de 20 µg/L.

Ortofosfato: En el año 2007, el valor más alto de fósforo inorgánico disuelto se registró en Isla Palma en San Bernardo (63.9 µg/L), el segundo valor para el mismo muestreo fue registrado en el caño Guacamayo (37.6 µg/L). Las estaciones con estas condiciones, corresponden a sitios donde se realizan descargas de aguas continentales, con un nivel de aporte en nutrientes altos, como es el caso del fósforo inorgánico. Debido a los vertimientos de las aguas servidas en la Ciénaga de la Virgen, las concentraciones históricas de fósforo inorgánico en sus aguas, han llegado a valores por encima de 100 µg/L (Marín *et al.* 2005).

El departamento de Sucre ha presentado valores mayores a 100 µg/L de nitrógeno inorgánico (como nitrato) y de fósforo inorgánico, en las estaciones ubicadas en las descargas de las aguas continentales o en sitios de influencia de las mismas (Figura 4.8-2).

Sólidos en suspensión: Para el año 2007, el registro más alto de este parámetro fue de 530 mg/L medido en el Caño Francés y el segundo (104 mg/L), en la estación de la playa Tolú frente al Hotel Montecarlo. Las demás estaciones presentaron valores de concentración por debajo de 100 mg/L, durante el primer muestreo del 2007. Históricamente las aguas costeras del departamento de Sucre han presentado tendencia estable de la concentración de sólidos en suspensión, las concentraciones promedios son cercanas a los 50 mg/L (en promedio desde el 2001 a la fecha es de 59.5 mg/L), lo que es considerado un nivel aceptable de sólidos, al evaluar el aporte que realiza el río Sinú al Golfo de Morrosquillo.

Oxígeno disuelto: Este parámetro se encontró entre 3.48 y 10.5 mg/L, durante el primer muestreo del 2007. La estación que presentó disminución de la concentración de oxígeno fue la desembocadura del Arroyo Pechelín y la de mayor concentración fue Caño Francés.

Los otros parámetros fisicoquímicos, se encontraron dentro de los rangos normales para las aguas del departamento; el pH entre 7.5 y 8.6, la salinidad entre 2.8 y 39.1 (esto es generado por las mediciones en los caños y corrientes de agua continentales); la temperatura entre 28.8 y 34.2 °C; valores por encima de 30 se pueden dar en los sitios con características de estuarios o aguas represadas como ocurre con la bocas de algunos caños y arroyos en esta zona costera (este es el caso del caño Guainí).

Los resúmenes estadísticos, mapas de distribución y tendencias de otros parámetros en las estaciones del departamento de Sucre se pueden consultar en las siguientes direcciones de Internet: http://www.invemar.org.co/consul_estadisticas.jsp y <http://lsi-sig-04.invemar.org.co/website/sucre/viewer.htm> respectivamente.

La principal fuente de nutrientes en las aguas de la zona costera del departamento, es principalmente causada por los vertimientos de aguas servidas (PNUMA, 2001), tanto de las poblaciones costeras como las descargas de aguas continentales. El departamento de Sucre, tiene servicios públicos de agua potable y alcantarillado, con una cobertura media de 73.7 % en acueducto y 48.68 % en alcantarillado (Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2006), registrando una población de 65.338 habitantes en los municipios costeros (San Onofre y Tolú; Steer *et al.*, 1997), según el censo de 2005; significa que algo más de 33.500 personas carecen de servicio de alcantarillado y que por lo tanto disponen de sus aguas residuales, en los cuerpos de agua en la zona costera del departamento.

4.8.3 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. Por encontrarse 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 y manejo de crudo y derivados.

Descripción temporal

2001: los niveles de HDD no superaron el valor de referencia (10 µg/L), con una variación entre 5 y 10 µg/L, que se explican en la actividad de transporte de petróleo y al movimiento de buques de cabotaje en el Golfo de Morrosquillo.

2002: En comparación con el año anterior en este, las concentraciones bajaron significativamente, en la temporada seca se encontró una concentración máxima de 4.74 µg/L frente al *caño Pechelin*, y en la de lluvia un máximo de 1.36 µg/L en el mismo caño.

2003: La estación frente al *caño Berrugas* presentó un valor de 9.8 µg/L, próximo al valor de referencia y a su vez el más alto registrado en el año. Ha sido posible apreciar un gradiente de concentración, en el sentido de atenuación de los niveles de HDD hacia la parte oceánica, que puede reflejar procesos de dispersión y dilución de contaminantes.

2004: Los registros para la época seca han sido los más bajos desde el inicio del monitoreo, con un valor máximo de sólo 0.57 µg/L (*Caño Pechelin*). En la época de lluvias las concentraciones de HC aumentan ligeramente pero no sobrepasan los 0.86 µg/L (*Hotel Montecarlo*).

2005: Las concentraciones aumentan en la época seca hallándose un valor máximo de 4.70 µg/L (*Playa Berrugas*); sin embargo las demás estaciones presentan valores inferiores a 1.8 µg/L, lo cual muestra que el valor alto hallado en la Playa Berrugas es consecuencia de una actividad puntual del sector, posiblemente al tránsito de lanchas.

2006: Las concentraciones de HC son ligeramente más altas con respecto al año anterior, la máxima concentración se localizó en el centro del golfo de Morrosquillo (2.5 µg/L), las restantes estaciones monitoreadas no presentaron concentraciones de HC superiores a 1.0 µg/L.

2007: La concentración más alta de HC corresponde a 4.8 µg/L registrada nuevamente en la estación *Playa Berrugas*.

Analizando la información disponible desde 1999 se aprecia que los valores históricos se han mantenido por debajo del valor de referencia (10 µg/L), a excepción de la época lluviosa del 2000, permitiendo comprobar que la tendencia histórica es a la disminución de estos residuos orgánicos en las aguas costeras del departamento (Figura 4.8-3). 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. De acuerdo a este comportamiento histórico de los HDD se clasifica 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 (Tabla 4.8-1).

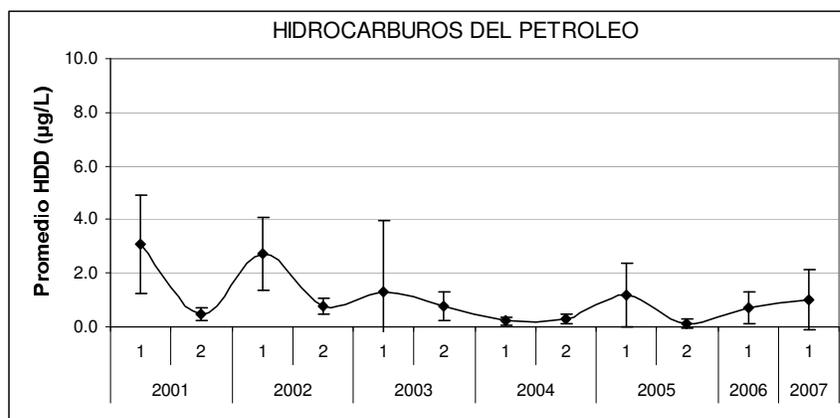


Figura 4.8-3. Comportamiento histórico de las concentraciones de hidrocarburos en las aguas costeras de Sucre.

Tabla 4.8-1. Resumen estadístico de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de Sucre.

Parámetro	Golfo de Morrosquillo		Zona Norte - Punta San Bernardo	
	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)
Máx.	9.87	43.60	2.22	2.70
Mín.	0.06	0.00	0.07	0.00
Prom.	1.03	2.54	0.86	0.61
Mediana				
STDDV	1.45	8.00	0.68	0.95
num.	141	31	7	7

Plaguicidas

Este departamento comparte con el departamento de Córdoba zonas costeras con influencia común, conformando biogeográficamente la unidad ambiental del Golfo de Morrosquillo. Como fuentes de compuestos organoclorados (OC) se destaca la agricultura y las escorrentías continentales; particularmente relacionados 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 22.598 ha, ocupando el quinto puesto a nivel nacional (Rondón, 1997); 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.

Descripción temporal

1998 – 2001: Un análisis detallado incluyendo la información histórica recopilada por REDCAM indica que para este periodo se encontraron valores de OC relativamente altos entre 10 y 30 ng/L, en los sectores de descargas continentales al Golfo de Morrosquillo, reflejo de la actividad agrícola que se desarrolla en las cuencas de los ríos Zaragocilla, Francés, Pechelin y Arroyo Villeros.

2002: En el muestreo de época seca los valores de OCT no superaron los 8.8 ng/L (*Centro del golfo*). de tal forma que en general se puede clasificar la zona costera del departamento como de riesgo bajo por plaguicidas. El valor histórico máximo de OC corresponde al sector de Berrugas (70,1 ng/L en 1999), muy por encima de los valores registrados en los tres últimos años por el proyecto (< 2 ng/L), que demuestra una importante disminución de estos tenses ambientales sobre el medio costero.

2003: En la zona central del Golfo se encontró el valor más alto del año (10.6 ng/L), configurando un grado de riesgo medio. Así sea en niveles relativamente bajos, la situación anterior genera expectativas, por la influencia crónica de este tipo de tóxicos al ecosistema costero del departamento, ameritando continuar la vigilancia de los afluentes terrestres al Golfo, principalmente respecto a la cuenca hidrográfica del río Sinú.

2004: no se detectaron residuos de plaguicidas OC, lo que supone un descenso gradual de estos residuos a partir del 2003.

2005: Sólo se registra pequeñas cantidades de heptacloro en la *Ciénaga la Caimanera* (0.1 ng/L), en las demás estaciones analizadas las concentraciones son indetectables.

2006 y 2007: Los valores de OC oscilaron en un rango cuyo valor máximo es de 0.7 ng/L registrado en la Ciénaga La Caimanera.

Analizando la información disponible desde 1995 al 2004 se encuentra que los niveles promedio de OC se han mantenido por debajo del valor de referencia (30 ng/L), mientras que la tendencia histórica muestra una disminución paulatina de estos insumos en las aguas costeras del departamento, hasta hacerse casi indetectables en los análisis (Figura 4.8-4).

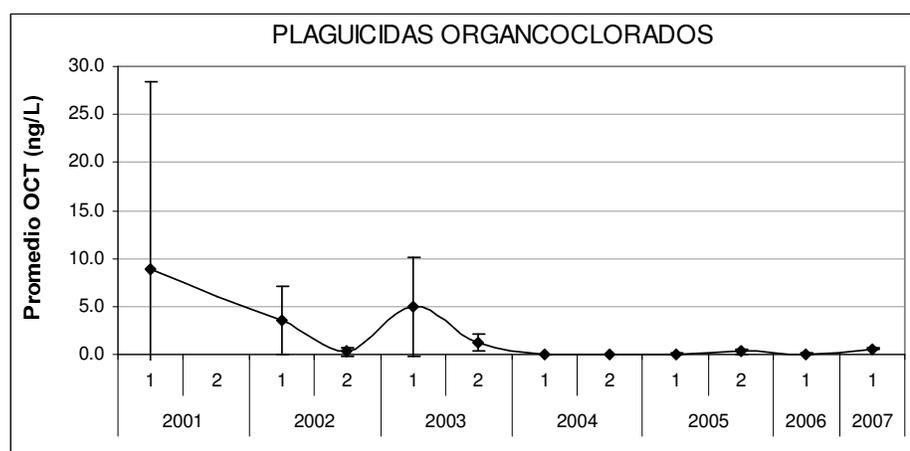


Figura 4.8-4. Comportamiento histórico de plaguicidas organoclorados en las aguas costeras de Sucre.

4.8.4 Contaminación Microbiológica

En Sucre, el monitoreo de la calidad de las playas es de vital importancia ya que este departamento cuenta con un conjunto de balnearios que atraen cientos de visitantes durante la temporada turística, y esto se ha convertido en una de las principales actividades económicas

de la zona. El monitoreo de la calidad de las aguas se realiza con base a los indicadores de contaminación fecal, para lo cual, se ha determinado semestralmente desde el año 2001 la concentración de Coliformes termotolerantes (CFS), que de acuerdo con la normatividad de nuestro País, no debe exceder el valor de 200 NMP/100 ml. Siendo así, en el primer muestreo del 2007, sólo las playas de Coveñas Puntepedras y Punta Rincón se encontraron idóneas para el desarrollo de actividades de baño y natación, como se muestra en la Figura 4.8-5. Las concentraciones elevadas de Coliformes en los balnearios se originan por el deficiente sistema de servicios públicos del departamento, que genera vertimiento directo de las aguas residuales en el mar; sumado a la descarga de vertimientos del sector hotelero, que a pesar de estar conectado al servicio de alcantarillado, en las épocas de fuertes lluvias los sistemas se desbordan y terminan vertiendo sus residuos a la costa.

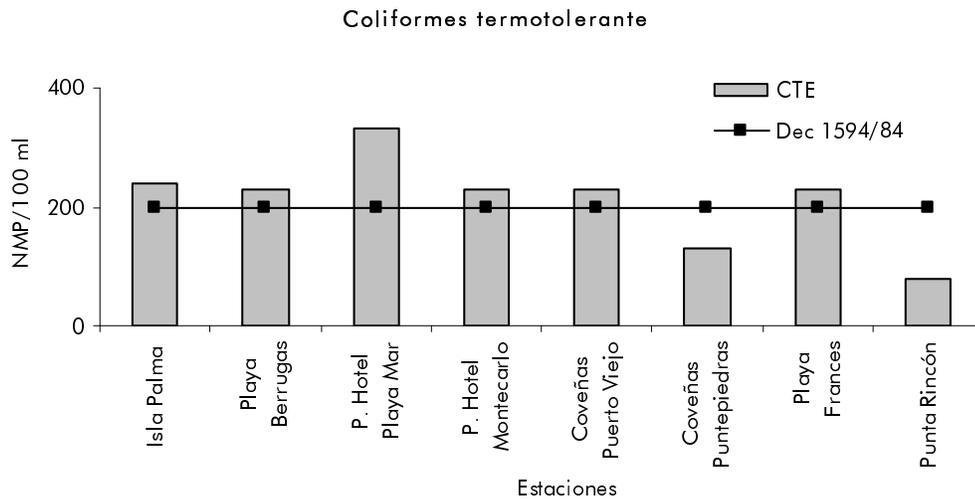


Figura 4.8-5. Número más probable de Coliformes termotolerantes y límite permisible para actividades de contacto primario. Primer muestreo de 2007

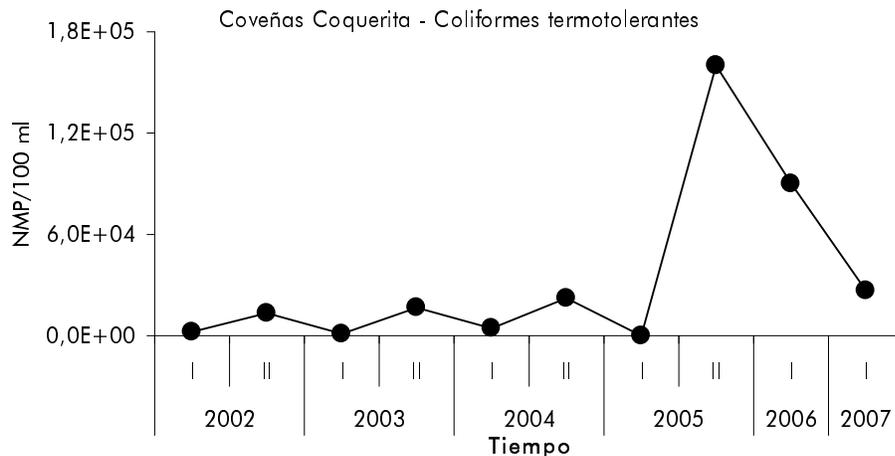


Figura 4.8-6. Tendencia de Coliformes termotolerantes en el primer (I) y segundo (II) muestreo (2001-2007) en Coveñas Coquerita.

En relación al grupo de microorganismos indicadores Enterococos, sugeridos por la Organización mundial de la salud para la valoración de la calidad de playas (OMS; 2003), sólo la estación Coveñas Coquerita sobrepaso el valor permisible de 40 UFC/ 100 ml. Los Enterococos 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 que el grupo Coliformes.

Históricamente la estación Coveñas Coquerita ha presentado los valores mas elevados de Coliformes totales y termotolerantes el departamento (Figura 4.8-6) con un valor máximo de CTE de 160.000 NMP/ 100 ml en el año 2005. En esta estación independientemente del año evaluado, los niveles han superado el valor permisible para actividades de contacto primario y secundario. Las concentraciones elevadas de indicadores fecales obedecen al vertimiento de las aguas del Arroyo Villeros, que recoge las aguas residuales de la Base Militar de Coveñas y de algunas poblaciones aledañas.

4.8.5 Conclusiones

Aunque en la actualidad, la zona costera del departamento de Sucre no presenta problemas por el ingreso masivo de iones nutrientes y otros materiales (materia orgánica y sedimentos), la tendencia de las condiciones fisicoquímicas durante el primer muestreo del 2007 indican que la zona costera por tener un nivel bajo de desarrollo urbano, el sistema de aguas costeras aun posee la capacidad de diluir lo que ingresa desde el continente.

Los concentraciones de HDD aumentaron en algunas estaciones de manera puntual, posiblemente como consecuencia de las actividades desarrolladas en el sector como al transito de embarcaciones. Sin embargo la tendencia general en las concentraciones de hidrocarburos observada desde el 2001 es a decrecer.

Los niveles de plaguicidas organoclorados en aguas también siguen en descenso de manera similar al comportamiento en los demás departamentos del litoral Caribe.

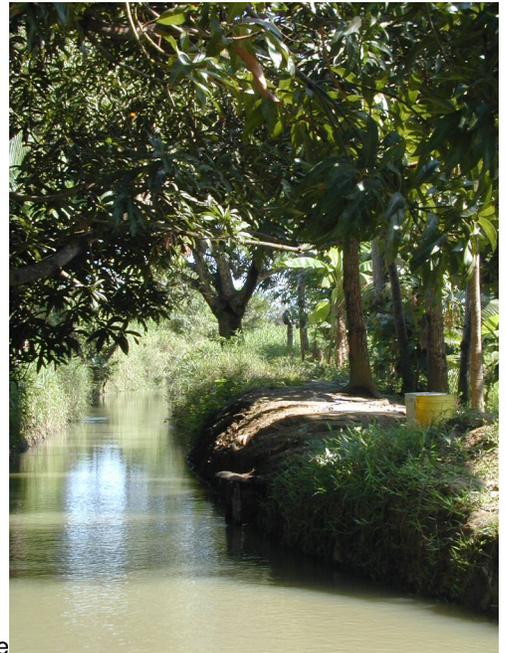
Durante el primer muestreo del 2007 sólo las Playas Coveñas Puntepedras y Punta Rincón se encontraron aptas para el desarrollo de actividades de contacto primario de acuerdo con los niveles de Coliformes termotolerantes sugeridos por la legislación colombiana.

La estación Coveñas Coquerita ha presentado históricamente las concentraciones más altas de Coliformes totales y termotolerantes, debido a la influencia de aguas residuales del Arroyo Villeros.

CÓRDOBA

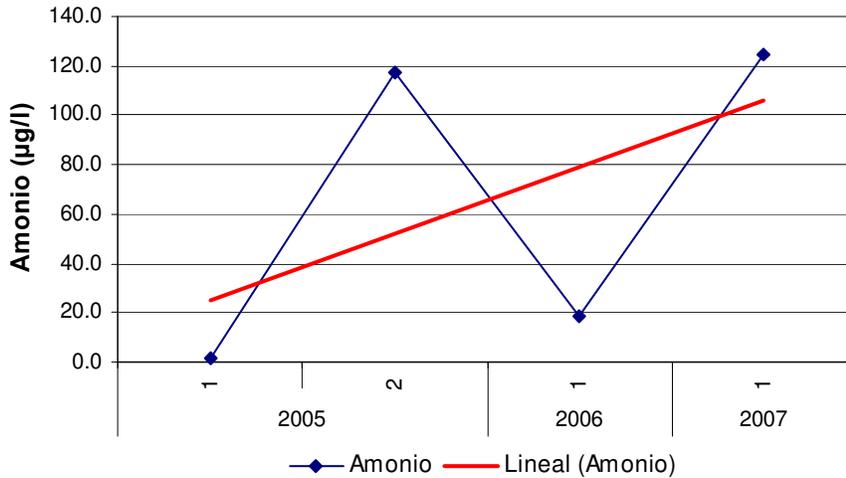


San Bernardo del Viento

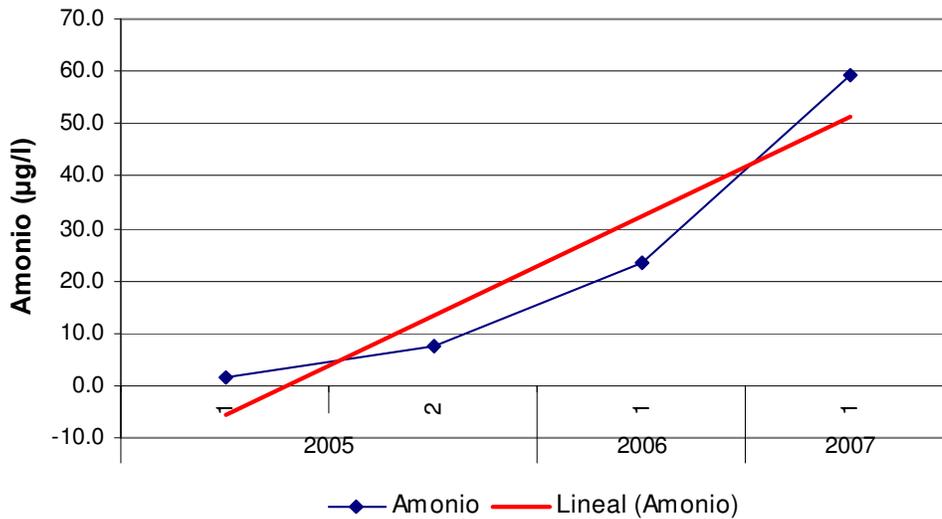


Caño Grande

primera en cuanto a la condición de cuerpo de agua semicerrado, con poca circulación y aporte natural de materia orgánica; la segunda puede ser algo de la influencia de las actividades económicas que allí se desarrollan, pero que se deben revisar en detalle antes de concluir su influencia.



A)



B)

Figura 4.9-2. Variación y tendencia lineal de amonio en (A) Ciénaga La Loma y (B) Frente a Agrotijo).

Nitrato: Durante el primer muestreo de 2007, las concentraciones del ión nitrato fueron bajas (menores a 15 µg/L), la estación de mayor concentración fue el río Sinú con 14.4 µg/L. Se considera que estos valores están dentro del rango natural de este tipo de aguas con influencia continental. Históricamente, las concentraciones de nitrato en las aguas de la zona costera han presentado variaciones según la temporada, pero su tendencia se mantiene alrededor de 20 µg/L.

Ortofosfato: En el año 2007, el valor más alto de fósforo inorgánico disuelto se registró en la estación frente al río Mangle (297.6 µg/L), el segundo valor para el mismo muestreo fue registrado en la ciénaga la Loma (107 µg/L). Las estaciones con estas condiciones, corresponden a sitios donde se realizan descargas de aguas continentales, con un nivel de aporte en nutrientes cercanos a 80 µg/L de fósforo inorgánico.

El departamento de Córdoba ha presentado valores promedios anuales, menores a 50 µg/L de nitrógeno inorgánico (como nitrato) y de fósforo inorgánico, en las estaciones ubicadas en las descargas de aguas continentales o en sitios de su influencia (Figura 4.9-2) y **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se han registrado tendencias al aumento de nutrientes en algunas de ellas.

Sólidos en suspensión: Para el año 2007, el registro más alto de este parámetro fue de 167 mg/L medido en el río Sinú y el segundo (136.8 mg/L), en la estación de Playa Blanca en San Antero. Las demás estaciones presentaron valores de concentración por debajo de 100 mg/L, durante el primer muestreo del 2007. Históricamente las aguas costeras del departamento de Córdoba han presentado tendencia estable de la concentración de sólidos en suspensión, las concentraciones promedios son cercanas a los 50 mg/L, lo que es considerado un nivel aceptable de sólidos, al evaluar el aporte que realiza el río Sinú, en la zona costera del departamento.

Oxígeno disuelto: Este parámetro se encontró entre 1.45 y 8.34 mg/L, durante el primer muestreo del 2007. La estación que presentó disminución de la concentración de oxígeno fue la ciénaga de La Loma y la de mayor concentración fue la estación de la Boca del distrito de riego Cantarillo. Los bajos niveles de oxígeno medidos en la estación La Loma, se corresponden con las altas concentraciones de amonio registrados allí. Estas mediciones implican algún tipo de factor que afecta la calidad del agua.

Los otros parámetros fisicoquímicos, se encontraron dentro de los rangos normales para las aguas del departamento; el pH entre 7.02 y 8.3, la salinidad entre 0 y 35.2 (esto es generado por las mediciones en los caños y corrientes de agua continentales); la temperatura entre 28.5 y 32 °C; valores por encima de 30 se pueden dar en los sitios con características de estuarios o aguas represadas como ocurre con la bocas de algunos caños y arroyos en la zona costera.

Los resúmenes estadísticos, mapas de distribución y tendencias de otros parámetros en las estaciones del departamento de Córdoba se pueden consultar en las siguientes direcciones de Internet: http://www.invemar.org.co/consul_estadisticas.jsp y <http://lsi-sig-04.invemar.org.co/website/cordoba/viewer.htm> respectivamente.

La principal fuente de nutrientes en las aguas de la zona costera del departamento, es principalmente causada por los vertimientos de aguas servidas (PNUMA, 2001), tanto de las poblaciones costeras como las descargas de aguas continentales. El departamento de Córdoba, tiene servicios públicos de agua potable y alcantarillado, con una cobertura media de 53.84 % en acueducto y 22.64 % en alcantarillado (Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2006), registrando una población de 120.748 habitantes en los municipios costeros (Los Córdoba, Moñitos, San Antero, Puerto Escondido y San bernardo del Viento), según el censo de 2005; significa que algo más de 93.000 personas carecen de servicio de alcantarillado y que por lo tanto disponen de sus aguas residuales, en los cuerpos de agua en la zona costera del departamento.

4.9.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

Hidrocarburos

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

Descripción temporal

2001: En este año el rango más amplio tuvo lugar en la temporada seca, con un máximo de 15.27 µg/L determinado en el *Río Sinú* superando el valor de referencia para aguas no contaminadas (10 µg/L; UNESCO, 1984; Atwood, 1988). En la época de lluvias las concentraciones de HC disminuyeron por debajo de 4.16 µg/L valor registrado en la Bahía de Cispatá.

2002: Se registran aportes significativos de hidrocarburos por el río Sinú donde se halló el valor más alto (17.83 µg/L) en su desembocadura. Estos hallazgos convierten al sector norte de la zona costera del departamento en una región de riesgo medio por hidrocarburos, mientras que en el sector sur los niveles son bajos, tipificando contaminación y riesgos poco significativos.

2003: La situación en el tiempo ha mostrado una tendencia descendente de la contaminación por hidrocarburos (Figura 4.9-3); las estaciones monitoreadas presentan valores inferiores a 2.64 µg/L (*San Bernardo*).

2004: Las concentraciones de hidrocarburos no superan los 0.31 µg/L (*Playa Blanca*) y se encuentran entre los registros más bajos obtenidos hasta el momento.

2005: En la época seca las concentraciones aumentan ligeramente con relación al año anterior, la concentración mas alta fue de 0.81 µg/L (*San Bernardo*), lo cual significa que ambientalmente no existen riesgos por estos contaminantes o derrames que causen impacto en las aguas del Golfo.

2006: Las concentraciones aumentan ligeramente, sin embargo permanecen muy por debajo del nivel de referencia (10 µg/L), el máximo valor registrado fue de 2.62 µg/L (*Frente río Mangle*).

2007: La máxima concentración se registra nuevamente en el *Río Mangle* pero no supera el 1.0 µg/L.

En líneas generales las concentraciones de HC en sus aguas costeras presentan una tendencia a disminuir, si se tienen 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 a la zona costera de Córdoba. debido a que recibe efluentes de aguas residuales sin tratamiento de 10 municipios y algunos municipios costeros, como San Antero, San Bernardo del Viento y Moñitos, cuya población global está cercana a 60.000 h, Además, presentan una actividad marítima significativa, dedicada al transporte, turismo y pesca en embarcaciones menores.

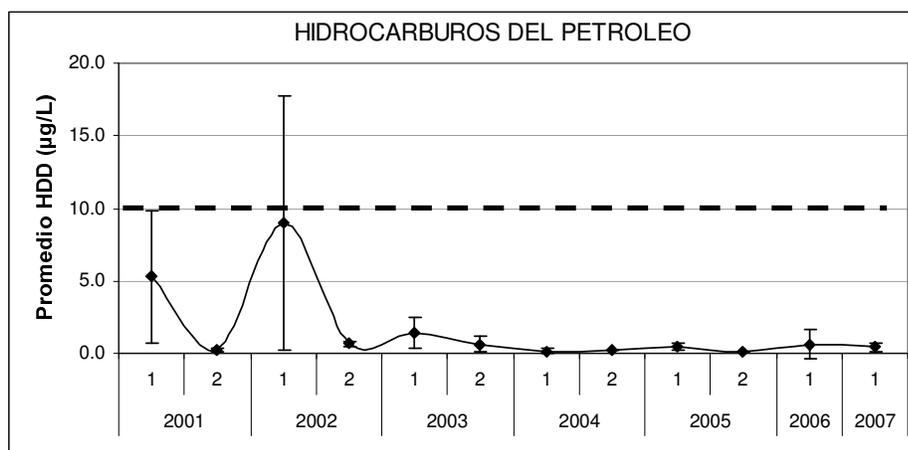


Figura 4.9-3. Comportamiento histórico de hidrocarburos en las aguas costeras de Córdoba

Tabla 4.9-1. Resumen estadístico de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de Córdoba.

Parámetro	Cispatá - Tinajones		Tinajones - Antioquia	
	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)
Máx.	17.83	30.50	15.21	4.40
Mín.	0.06	0.00	0.07	0.00
Prom.	1.55	1.26	1.39	0.40
Mediana				
STDDV	3.44	4.00	3.33	0.75
num.	47	61	20	38

Plaguicidas

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).

Descripción temporal

1999 – 2001: la información, recopilada indica que durante este periodo los valores más altos se hallaban de forma recurrente en la desembocadura del río Sinú, algunos valores incluso, han superado el valor de referencia de 30 ng/L en las dos épocas climáticas.

2002: En general para Córdoba, el sector del Golfo de Morrosquillo presenta riesgo de contaminación por residuos de plaguicidas, a causa de las actividades agrícolas desarrolladas en las cuencas hidrográficas especialmente la del río Sinú, como se indicó anteriormente. En la época húmeda del 2002, tanto al frente de la desembocadura como en el tramo final del río Sinú, se hallaron los valores máximos para ese periodo (4.0 ng/L),

2003: Todas las concentraciones registradas fueron inferiores a 2.2 ng/L, evidenciando una ostensible reducción en el aporte de estos compuestos hacia el medio marino.

2004: En la temporada seca las concentraciones estuvieron por debajo del límite de detección de la técnica, a excepción del río Sinú el cual registró un valor de 4.8 ng/L. En la época de lluvias tampoco se detectaron residuos organoclorados en las muestras colectadas.

2005: En la época seca, se detectaron pequeñas concentraciones de OC principalmente DDT`s, y endosulfan en estaciones como: *Río Mangle, Ciénaga la Loma y Distrito de Riego Cantarillo*; concentraciones de 0.4, 0.2 y 0.1 ng/L respectivamente.

2006 y 2007: En los dos monitoreo las concentraciones de OC no superaron el valor hallado en el río Sinú de 1.6 ng/L.

Las concentraciones de OC a partir de 1999 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 del departamento se encuentra relativamente en condiciones de bajo riesgo por residuos de OC. 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 partir del 2001, en ambas épocas climáticas. A pesar del descenso en las concentraciones, en la actualidad se detectan pequeñas cantidades de estos compuestos 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 (Figura 4.9-4).

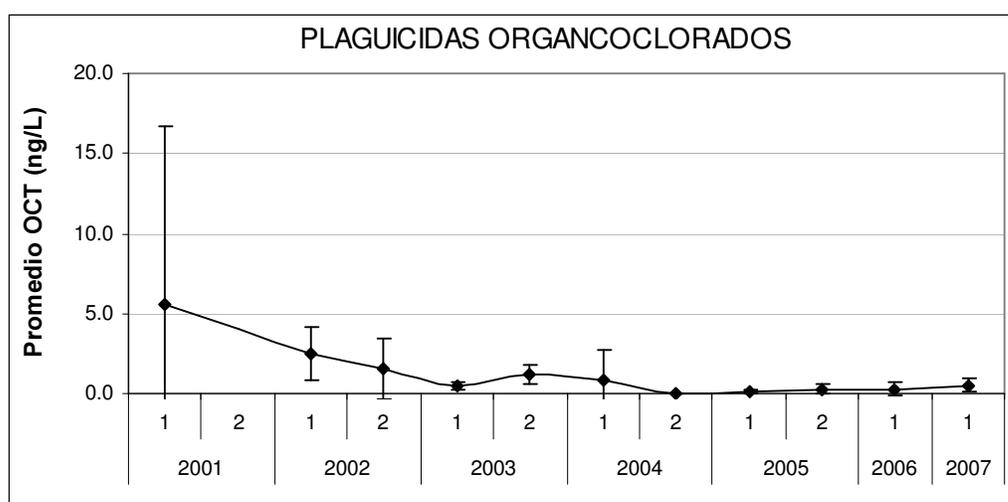


Figura 4.9-4. Comportamiento histórico de plaguicidas organoclorados en aguas costeras de Córdoba.

4.9.4 Contaminación Microbiológica

Este departamento cuenta con uno de los principales tributarios del País, el Río Sinú, el cual recolecta las aguas domésticas e industriales de las poblaciones que se encuentran a lo largo de su cuenca, y las lleva a desembocar en la Bahía de Cispata, en el Golfo de Morrosquillo. El comportamiento de los indicadores de contaminación fecal en esta estación muestra niveles mas elevados de CTT y CTE durante el primer muestreo de los años 2002, 2003 y 2007, alcanzando valores de de 350.000 NMP/100 ml y de 300.000 NMP / 100 ml, respectivamente (Figura 4.9-5). Desde el año 2003 se observa un descenso de los CTE , producto de las obras de construcción de saneamiento básico de 1.800 letrinas en las diferentes veredas de los municipios de San Andrés de Sotavento (Patio Bonito Sur, Santa Isabel Norte, El Dividivi, Los Castillos y Bajo Grande) y Los Córdoba (La Salada y Las Tinajas). Así mismo, por la implementación de lagunas de oxidación en el municipio de Lorica para el tratamiento de aguas residuales (Troncoso *et al.*, 2006; Salas, 2003).

Las concentraciones de CTT del Río Sinú revelan que el estado de sus aguas de acuerdo al valor establecido en la legislación colombiana para aguas de contacto secundario (5.000 NMP /100 ml), no es apto para el desarrollo de actividades de pesca, lo cual es de vital importancia, ya que esta es una de las principales actividades económicas de la zona.

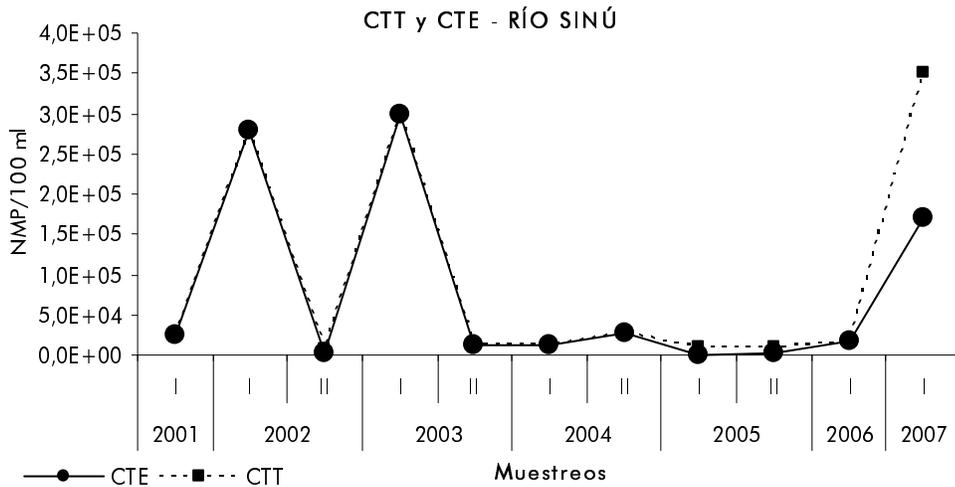


Figura 4.9-5. Tendencia de Coliformes totales y termotolerantes en primer (I) y segundo (II) muestreo (2001-2007) en Río Sinú

En los municipios costeros del departamento se realiza el diagnóstico de la calidad de las playas, teniendo como base los lineamientos de la legislación colombiana (200 NMP CTE/100 ml) y de la Organización Mundial de la Salud (40 UFC Enterococos /100 ml) para aguas de contacto primario. Así, durante el primer muestreo del año 2007 la estación de Playa Blanca en San Antero presentó concentraciones de CTE por encima de los valores límites establecidos en el decreto 1594 de 1984 para aguas de baño y natación, con un valor de 2400 NMP/100 ml (Figura 4.9-6). Las concentraciones elevadas de Coliformes, pueden ser producto de la descarga directa de aguas residuales domésticas al mar, además de los desechos vertidos por

el complejo turístico que se encuentra en la zona, lo cual es característico de las ciudades y municipios costeros (Bordalo *et al.*, 2002).

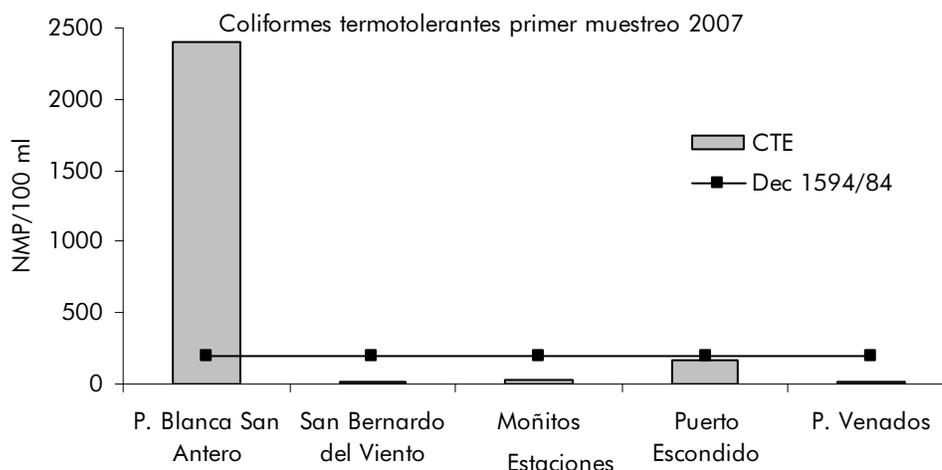


Figura 4.9-6. Número más probable de Coliformes termotolerantes y límite permisible para contacto primario en primer muestreo de 2007 en de Córdoba

4.9.5 Conclusiones

Aunque en la actualidad, la zona costera del departamento de Córdoba durante el primer muestreo del 2007, presenta buenas condiciones en sus aguas en cuanto a las concentraciones de iones nutrientes y otros materiales (materia orgánica y sedimentos), la tendencia de las condiciones fisicoquímicas indican que la zona costera por tener un nivel bajo de desarrollo urbano, el sistema de aguas costeras aun posee la capacidad de diluir lo que ingresa desde el continente. Se recomienda aprovechar la oportunidad, que en la zona costera del departamento aun es baja la presión antrópica, para realizar planes que permitan la disminución del ingreso de nutrientes a las aguas costeras del departamento.

La información disponible de organoclorados en agua desde la época lluviosa del 2002 al 2005 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. Igualmente sucede con los HDD, desde la época seca del 2000 se nota una disminución en las concentraciones y en la actualidad están muy por debajo del valor de referencia adoptado para aguas (10 ug/L).

La estación Playa Blanca San Antero, en el primer muestreo del año 2007, no cumplió con los criterios microbiológicos para aguas de recreación destinadas a actividades de contacto primario. De igual forma, el Río Sinú, no es apto para el desarrollo de actividades de Pesca por los niveles de Coliformes obtenidos históricamente.

ANTIOQUIA



Muelle Waffe – Turbo



Playa Turbo

4.10 ANTIOQUIA

4.10.1 Estaciones de Muestreo

La Corporación Autónoma Regional de Urabá (CORPURABA), ha realizado una evaluación de las estaciones de muestreo del departamento, que ha permitido conocer y reevaluar la calidad de sus aguas costeras de acuerdo a la red de estaciones, incluyendo algunas de las fuentes notorias de su costa; el monitoreo realizado esta generando un conocimiento de línea base, que permite mejorar las condiciones para los tomadores de decisiones, sobre el recurso hídrico en el departamento (Figura 4.10-1).



Figura 4.10-1 Estaciones de muestreo en el departamento de Antioquia.

4.10.2 Comportamiento y Evaluación de las Variables fisicoquímicas

Nutrientes:

Amonio: Para el primer muestreo del año 2007 la estación ubicada en la estación de la desembocadura del río Volcán en Arboletes, presentó la concentración del ión amonio más alta en la zona costera del departamento (valor de 2661 $\mu\text{g/L}$; Figura 4.10-2) y que tiene una fuerte influencia sobre la estación Playa de Arboletes la cual reportó la segunda concentración más alta, que fue de 214.4 $\mu\text{g/L}$. Las estaciones con estas concentraciones de amonio, debe ser tomada en cuenta para planes de manejo, ya que valores tan altos pueden generar daños a la

biota en este sistema acuático. Su influencia es notable en la zona de playa de la población como se evidencia por los registros presentados.

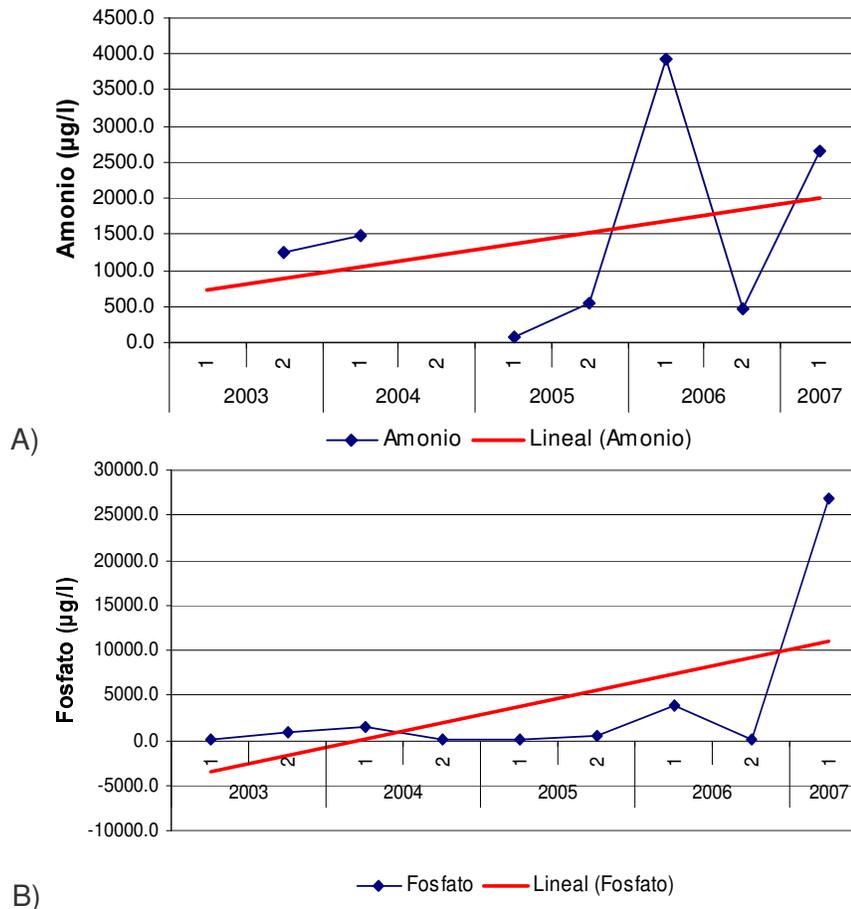


Figura 4.10-2. Variación y tendencia lineal de (A) amonio y (B) fosfato en la desembocadura del Río Volcán en Arboletes.

Nitrato: Durante el primer muestreo del 2007, la concentración más alta del ión nitrato fue registrada en el río Turbo (2900 µg/L), que por el registro es posible que se trate de un sitio con acumulación de materia orgánica. La estación de mayor concentración fue el río Sinú con 14.4 µg/L. Se considera que estos valores están por arriba del rango natural de este tipo de aguas con influencia continental. Históricamente, las concentraciones de nitrato en las aguas de la zona costera han presentado variaciones según la temporada, pero su tendencia se mantiene alrededor de 190 µg/L.

Ortofosfato: En el año 2007, el valor más alto de fósforo inorgánico disuelto se registró en la estación de la desembocadura del río Volcán en Arboletes (26900 µg/L), el segundo valor para el mismo muestreo fue registrado en la playa de Arboletes (380 µg/L). Las estaciones con estas condiciones, deben ser monitoreadas con una mayor frecuencia, de manera que se puedan conocer las causas de los valores tan altos de nutrientes inorgánicos. El departamento de Antioquia ha presentado valores históricos de fósforo cercanos a 150 µg/L de fósforo inorgánico y su tendencia en estaciones críticas es al aumento (Figura 4.10-1Figura 4.10-2).

Sólidos en suspensión: Para el año 2007, el registro más alto de este parámetro fue de 432 mg/L medido en la playa de Arboletes y el segundo (376 mg/L), en la estación de Playa Uveros; otras estaciones con valores altos de sólidos (superior a 100 mg/L), fueron la desembocadura del río Guadualito y la playa El Totumo. Las demás estaciones presentaron valores de concentración por debajo de 100 mg/L, durante el primer muestreo del 2007. Históricamente las aguas costeras del departamento de Antioquia han presentado tendencia al aumento de la concentración de sólidos en suspensión, las concentraciones promedios son cercanas a los 100 mg/L, lo que es considerado un nivel alto de sólidos, al evaluar el aporte que realiza todos los ríos que llegan a la zona costera del departamento.

Oxígeno disuelto: Este parámetro se encontró entre 0.66 y 7.7 mg/L, durante el primer muestreo del 2007. La estación que presentó disminución de la concentración de oxígeno fue la desembocadura del río Volcán y la de mayor concentración fue la estación de la playa El Totumo. Los bajos niveles de oxígeno medidos en la estación del río Volcán, se corresponden con las altas concentraciones de nutrientes inorgánicos registrados allí, que son producto de la degradación de materia orgánica. Por la influencia que esta ejerciendo este río sobre la zona costera, se recomienda iniciar labores de corrección de esta situación.

Los otros parámetros fisicoquímicos, se encontraron dentro de los rangos normales para las aguas del departamento; el pH entre 7.17 y 8.6, la salinidad entre 0 y 30 (esto es generado por las mediciones en los caños y corrientes de agua continentales); la temperatura entre 27.2 y 36.6 °C; valores por encima de 30 se pueden dar en los sitios con características de estuarios o aguas represadas como ocurre con la bocas de algunas de las desembocaduras de los ríos en la zona costera.

Los resúmenes estadísticos, mapas de distribución y tendencias de otros parámetros relativos a calidad del agua, en las estaciones del departamento de Antioquia se pueden consultar en las siguientes direcciones de Internet: http://www.invemar.org.co/consul_estadisticas.jsp y en <http://lsi-sig-04.invemar.org.co/website/antioquia/viewer.htm> respectivamente.

La principal fuente de nutrientes en las aguas del litoral son los vertimientos de aguas servidas (PNUMA, 2001), tanto de las poblaciones costeras como las descargas de aguas continentales, aunque se deben revisar los escurrimientos de las plantaciones y actividades agropecuarias que son frecuentes en la región. Antioquia, tiene servicios públicos de agua potable y alcantarillado, con una cobertura media de 87.03 % en acueducto y 81.52 % en alcantarillado (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2006), registrando una población de 200.646 habitantes en los municipios costeros (Turbo, Arboletes y Necoclí; Steer *et al.*, 1997), según el censo de 2005; significa que algo más de 37.000 personas carecen de servicio de alcantarillado y que por lo tanto disponen de sus aguas residuales, en los cuerpos de agua en la zona costera del departamento.

4.10.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

Hidrocarburos

Existen cuatro poblaciones grandes sobre la zona costera del Golfo de Urabá, tres de ellas en el departamento de Antioquia (Arboletes, Necoclí y Turbo) y Acandí en el Chocó; con una población 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 de hidrocarburos (HC) al mar.

En Turbo se desarrollan actividades portuarias encaminadas principalmente al comercio de banano; existe también gran movimiento de pequeñas embarcaciones (lanchas y pequeñas motonaves) dedicadas al comercio, transporte de alimentos y personas, así como al turismo.

Descripción temporal

2001: Las mayores concentraciones se presentaron en la época de transición, superando en todas las estaciones el valor máximo permisible (10 µg/L). El valor promedio obtenido para esa época fue de 14 µg/L. Estos valores se reducen considerablemente en la época húmeda, donde todos los niveles son inferiores a 1.0 µg/L; por el proceso de dilución generado con el aumento de las lluvias, conduciendo a la reducción de los valores, esto indica que efectivamente la contaminación por HDD en su mayoría no proviene de los afluentes de la zona sino del tráfico marítimo Golfo (Tabla 4.10-1).

Tabla 4.10-1. Resumen estadístico de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de Antioquia.

Parámetro	<i>Necolí hasta Turbo</i>		<i>Playa Arboletes hasta Necolí</i>		<i>Turbo al Atrato</i>	
	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)
Máx.	15.31	8.99	14.26	17.60	15.40	43.50
Mín.	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03
Prom.	1.20	3.34	1.36	5.28	1.87	4.39
Mediana						
STDDV	3.53	3.48	3.05	5.04	4.49	8.30
num.	19	19	24	30	57	31

2002: Durante el primer muestreo los valores de HDD estuvieron en el rango de 0.09 y 3.95 µg/L, encontrando este valor máximo en el centro del Golfo y ratificando de esta forma el origen de la contaminación por hidrocarburos como procedente del tráfico marítimo.

2003: No se dispone de información sobre residuos de hidrocarburos.

2004: En la humedad, los valores hallados estuvieron comprendidos entre 0.07 y 3.11 µg/L, valor máximo registrado en la desembocadura del *Río Mulatos*.

2005: en el primer muestreo las concentraciones de HC fueron igualmente bajas y oscilaron por debajo de 0.9 µg/L. En el segundo muestreo se halló una concentración relativamente alta (9.3 µg/L) que responde a condiciones puntuales del sector donde se halló (Bahía Colombia), las estaciones restantes no superaron los 0.5 µg/L.

2006: Las concentraciones permanecieron igualmente bajas, sin embargo, se halló un valor puntual de 4.6 µg/L en la desembocadura del *río Mulatos*.

2007: Se registran las concentraciones mas bajas medidas durante el proyecto (<0.1 µg/L)

Los resultados obtenidos indican una aparente disminución en las concentraciones de hidrocarburos en aguas desde el 2001, el origen de hidrocarburos disueltos es tanto terrestre (por los ríos y poblaciones), como directo, generados por el movimiento marítimo; por esta razón, el sector de mayor riesgo de contaminación por hidrocarburos es el sur del Golfo (Tabla 4.10-1), dado que allí confluyen muchas actividades comerciales (Figura 4.10-3).

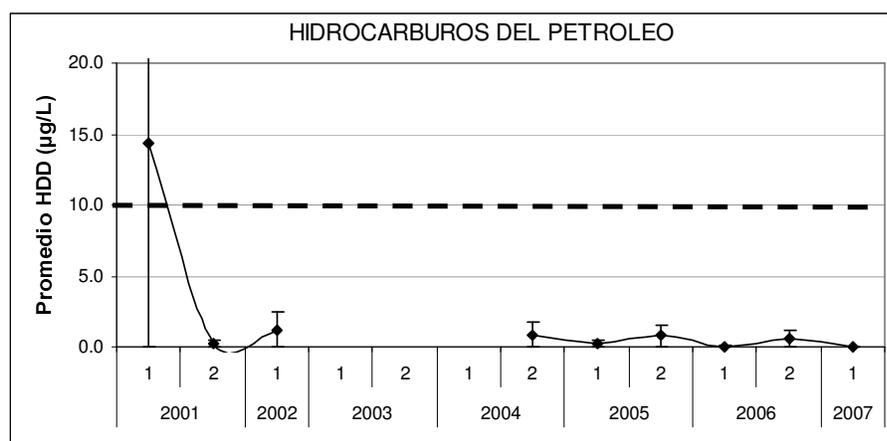


Figura 4.10-3. Comportamiento histórico de hidrocarburos en las aguas costeras de Antioquia.

Plaguicidas

Entre 1995 y 1999, Corpourabá y la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia realizaron el Estudio Ambiental por uso de Agroquímicos en la zona de Urabá – Eje bananero con influencia en el Golfo de Urabá, Este incluyó el análisis de plaguicidas en aguas superficiales, aguas subterráneas y aire. Como una herramienta para la formulación de planes de manejo, cumplimiento y contingencia aplicado a las actividades de transporte (terrestre, marítimo fluvial y aéreo), almacenamiento, formulación, envasado y aplicaciones terrestres y aéreas de dichas sustancias. En este estudio se encontró que los sectores más comprometidos por contaminación corresponden: 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 Riogrande.

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 OC.

Previendo los impactos negativos de los agroquímicos sobre el ambiente, en el departamento se han implementado iniciativas tendientes a su reducción. Como los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) adoptados por la asociación de productores AUGURA y promovidas por las Compañías Comercializadoras Internacionales. En estos programas se han ejecutado prácticas culturales y monitoreos de sensibilidad de las plagas a los agroquímicos, con el fin de aplicar sólo la dosis necesaria a las plantaciones; con estos planes de MIP se ha logrado la reducción de las poblaciones de plagas en más del 50% sin que ello signifique el aumento en las aplicaciones de tóxicos.

Descripción temporal

2001: Las concentraciones máximas de residuos de plaguicidas organoclorados se registraron en las estaciones de *Arboletes* y del *Río Necoclí* con valores 14.4 y 9.5 ng/L respectivamente (Figura 4.10-4).

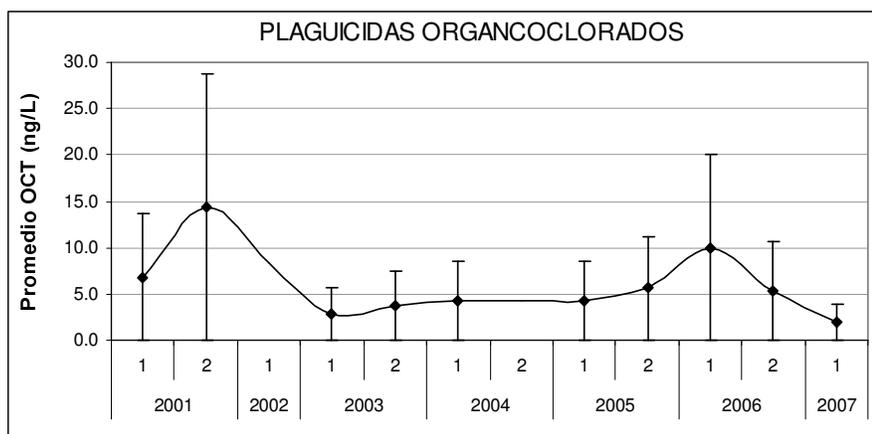


Figura 4.10-4 Comportamiento histórico de plaguicidas organoclorados en aguas costeras de Antioquia.

2002: No se realizaron monitoreos de estos residuos contaminantes para este período.

2003: Durante este año los registros más altos de OC corresponden a los ríos *Turbo* y *Volcán* con valores de 9.0 y 6.8 ng/L respectivamente en época seca y para el *Río Damaquiel* en la época de lluvias (10.5 ng/L).

2004: En la época seca los mayores valores se determinaron en las estaciones de las bocas de los ríos *Atrato* y *Hobo* (15.9 y 13.8 ng/L respectivamente). Estas concentraciones, aunque están por debajo del valor de referencia (30 ng/L) se encuentran entre las más altas registradas en el año para el litoral Caribe.

2005: Las concentraciones disminuyeron con relación al año anterior, en la mayoría de estaciones analizadas no se detectaron residuos OC. Sin embargo, en las desembocaduras de los ríos *Caimán* y *Volcán* se siguen encontrando compuestos como aldrin, DDT's y Lindano en concentraciones de 7,68 y 5.59 ng/L de OCT, respectivamente.

2006: Durante los monitoreos se registran concentraciones relativamente altas en un rango de 2.0 43.0 ng/L hallando este valor máximo en la Desembocadura del *Río León*.

2007: La situación es más favorable ambientalmente y en la mayoría de estaciones no se detecta la presencia de OC, se registra un máximo de 17.60 ng/L frente a *Arboletes*.

De acuerdo a los registros del proyecto, es el único departamento en el cual no es evidente una tendencia decreciente de las concentraciones de OC (Figura 4.10-4) se observa una presencia recurrente de estos residuos en la zona; y en la actualidad el golfo de Urabá es de los pocos sectores del caribe donde se detectan trazas de OC en concentraciones mayores a 10 ng/L,

que si bien no superan el valor de referencia si suponen una fuente de ellos en la zona continental, teniendo en cuenta que las mayores concentraciones se hallan en bocas de ríos.

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

4.10.4 Contaminación Microbiológica

El análisis de la calidad microbiológica de los ríos de Antioquia, entre el segundo muestreo de 2006 y el primero de 2007 revela que las estaciones Desembocadura del Río Volcán en Arboletes (90.000 NMP / 100 ml), Mulatos(16.000 NMP/100 ml), Damaquiel (14.000 NMP/100 ml), Currulao (9.000 NMP/100 ml), Río Turbo (9.000 NMP/100ml) y León (5.000 NMP/100 ml) no se encontraron aptos para contacto secundario, según el Decreto 1594 de 1984 (Figura 4.10-5). Por diversas condiciones sociales, económicas y ambientales, el agua de ríos también es fuente de abastecimiento para actividades agrícolas, recreativas y de uso higiénico sanitario en algunos municipios, lo cual aumenta el riesgo de exposición de las poblaciones a agentes infecciosos, teniendo en cuenta que se multiplican las vías de transmisión de microorganismos patógenos y que la presencia de éstos, esta relacionada estrechamente con la presencia del grupo de bacterias Coliformes (González *et al.*, 2003; Pinilla, 2003).

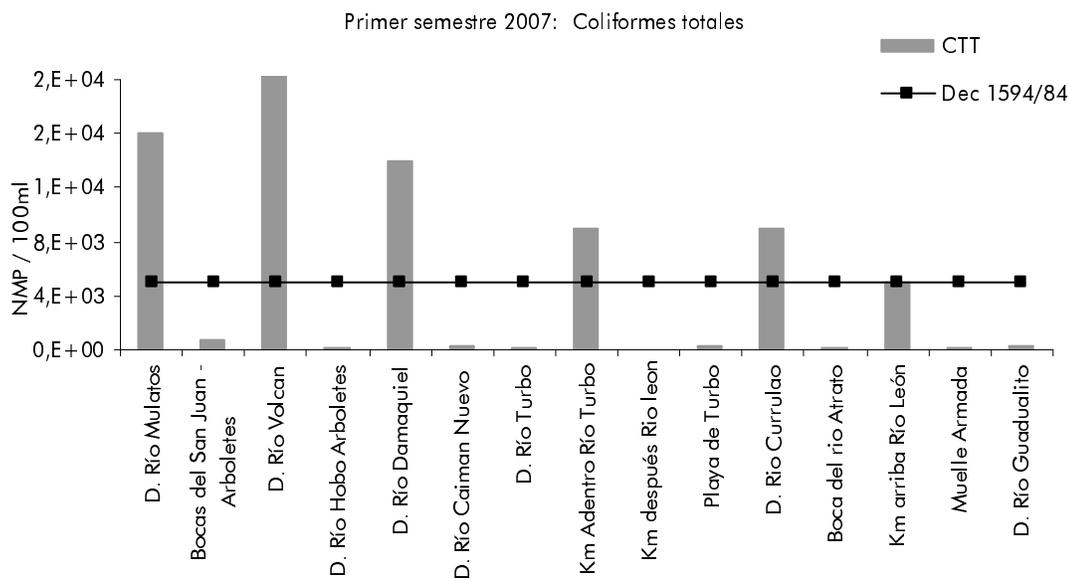


Figura 4.10-5. Número más probable de Coliformes totales para contacto secundario en el primer muestreo de 2007.

Las zonas costeras empleadas como balnearios, se evaluaron de acuerdo a la concentración de Coliformes totales y termotolerantes(CFS), tomando como referencia los valores permisibles establecidos en el artículo 42 y 43 del decreto 1594 de 1984 para aguas de contacto primario (200 NMP CFS/100 ml) y secundario (5.000 NMP CTT/ 100 ml), encontrando que durante el segundo muestreo del año 2006 la estación Playa Arboletes y Playa Necoclí sobrepasaron los

valores norma para contacto primario y secundario, y por lo tanto no estaban calificadas para actividades de baño, natación pesca y deportes náuticos. Playa Arboletes y Playa Necoclí se encuentran en municipios costeros que tienen su cabecera ubicada cerca de la costa y poseen una infraestructura débil en la red de alcantarillado, razón por la cual el agua doméstica de las poblaciones es vertida en el mar, deteriorando la calidad de sus principales balnearios a nivel sanitario y ecológico, lo cual es frecuente en las aguas costeras con fines recreativos por las proximidades en que se encuentran a las áreas urbanas o asentamientos urbanos (Borrego y Mariño, 1995).

4.10.5 Conclusiones

Es probable que la zona costera del departamento de Antioquia se encuentre en riesgo ambiental, por las descargas de nutrientes que presenta. Es probable que existan actividades agropecuarias que están generando desechos que se están ubicando en los cuerpos de agua. La zona costera tiene un nivel bajo de desarrollo urbano, pero los niveles de concertación indican que existen actividades que propician la producción y tributación de nutrientes inorgánicos.

El interior del golfo de Urabá sigue siendo el sitio que presenta el mayor riesgo de contaminación por hidrocarburos. Sin embargo, los resultados del monitoreo muestran concentraciones inferiores al valor de referencia y una tendencia decreciente desde el 2001, situación que favorece al medio acuático.

El monitoreo de OC desde el 2001 ha demostrado una presencia recurrente de estos residuos en la zona costera, lo que suponen una fuente continental de ellos, arrastrados de los ríos; que si bien, son bajas con respecto a los criterios establecidos para su evaluación; al igual que otras regiones costeras, su presencia 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 zona.

Las Playas Arboletes y Necoclí sobrepasaron los límites de la legislación colombiana para aguas de contacto primario en el segundo muestreo del 2006, mientras que los Ríos Volcán Arboletes, Mulatos, Damaquiel, Currulao, Río Turbo y León, en el primer muestreo del 2007 obtuvieron valores de CTT por encima de los 5.000 NMP/100 ml para aguas de contacto secundario.

COSTA PACÍFICA



Cantil - Nariño



Puerto de Buenaventura

COSTA PACIFICA

5. ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL PACIFICO

5.1 COMPORTAMIENTO DE LOS FISICOQUÍMICOS

Los parámetros fisicoquímicos en el Pacífico colombiano estuvieron influidos por las descargas continentales de nutrientes inorgánicos de nitrógeno (nitratos y amonio principalmente), en algunos casos se evidencian iones de fósforo y sólidos en suspensión (Figura 5-1). Las fuentes de estos parámetros son generalmente aguas servidas o actividades agropecuarias que se realizan en sitios cercanos a los ríos de la región.

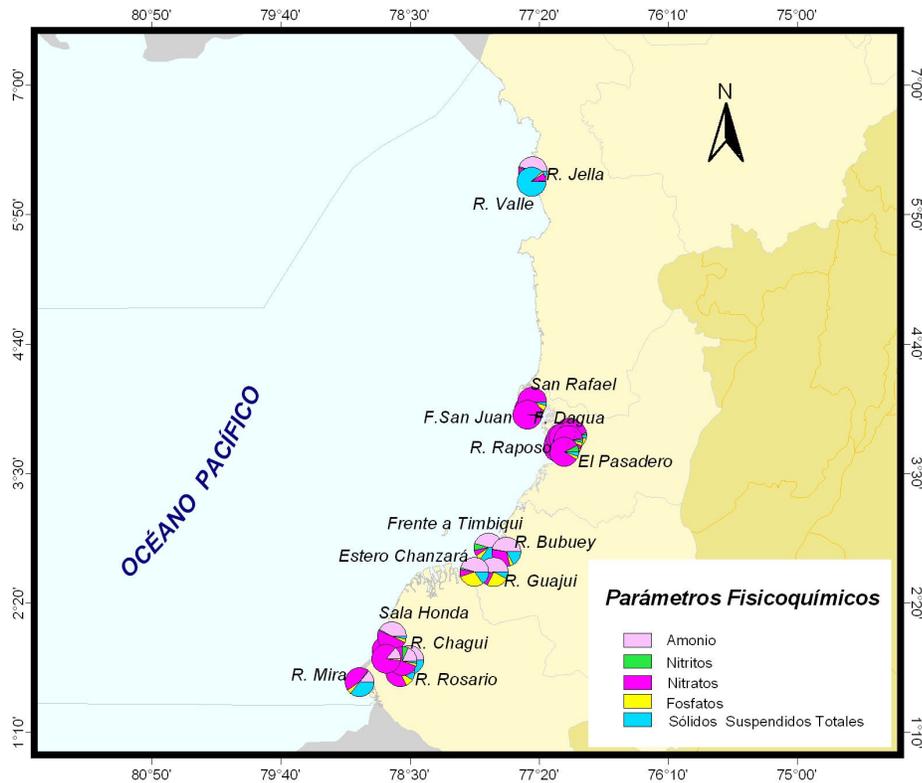


Figura 5-1. Sitios con altos valores de nutrientes y sólidos en aguas del Pacífico colombiano (REDCAM 2007).

En muchos sitios se encontraron concentraciones que superan lo esperado. En los ríos *Jella*, *Valle* y *San Juan* (Chocó) los valores estuvieron por encima de 90 µg/L de nitrato. En el Valle

del Cauca los ríos *Anchicayá*, *Potadó*, *Dagua* y *Raposo* superaron los 400 µg/L de nitrato (Figura 5-2 y Figura 5-3). Altos contenidos de amonio entre 60 y 90 µg/L se presentaron en los ríos *Bubuey*, *Guajui* y *Timbiquí* (Cauca), y en Nariño, el *Río Chagui*, *Playa Salahonda*, *Estero Chanzará* y *Bocana Ensenada de Tumaco* fueron los sitios con valores más altos de nitrógeno inorgánico (amonio y nitratos por encima de 90 µl).

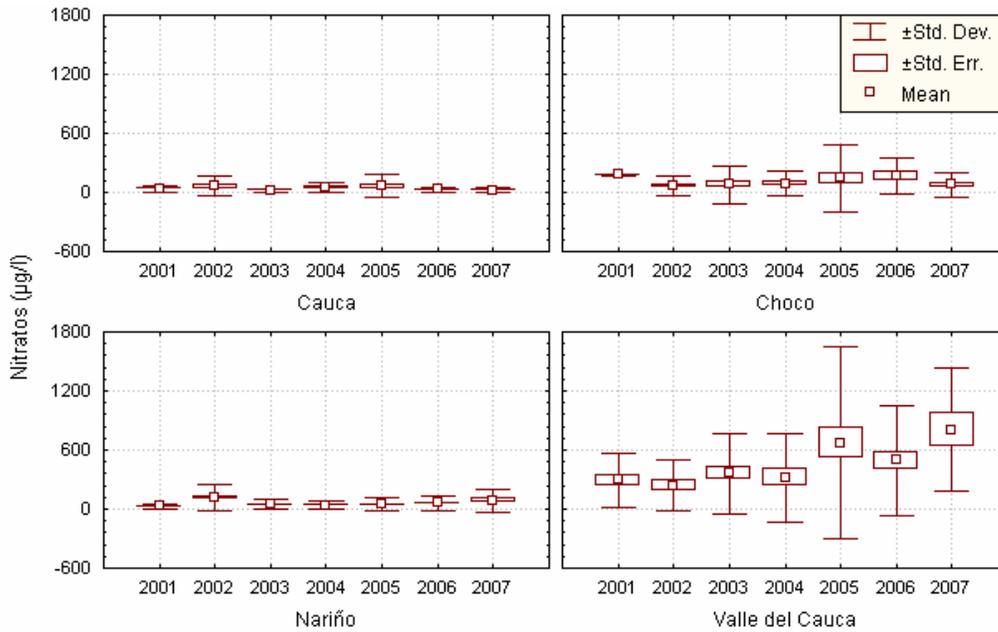


Figura 5-2. Tendencia anual de Nitrato medido en aguas de la costa Pacífica colombiana

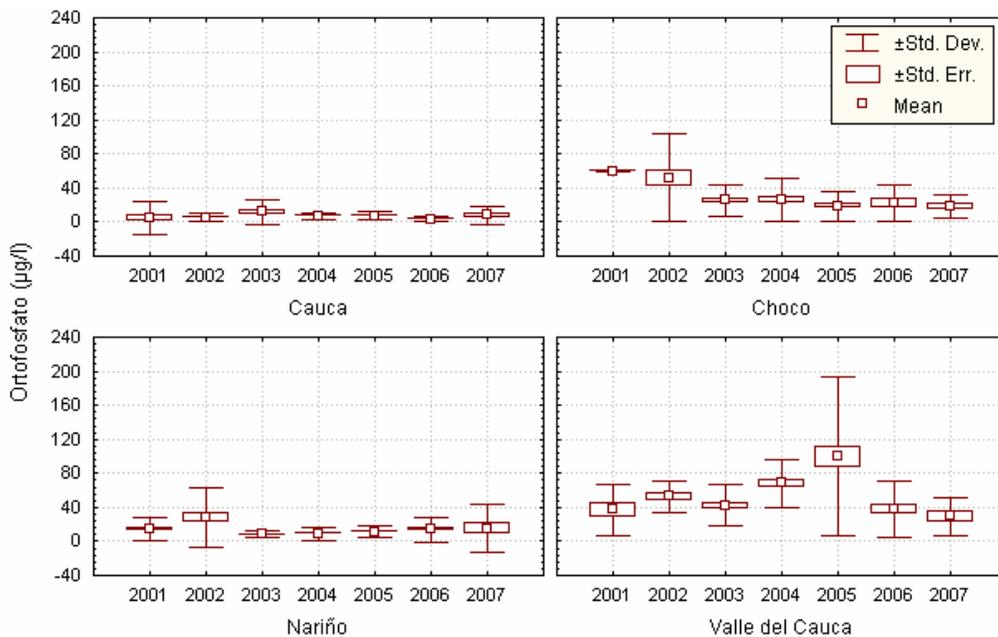


Figura 5-3. Tendencia anual de Ortofosfatos medidos en aguas de la costa Pacífica colombiana.

5.2 PRESENCIA DE CONTAMINANTES

5.2.1 Hidrocarburos del Petróleo

Hidrocarburos

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 ($10 \mu\text{g/L}$; UNESCO 1984; Atwood *et al.*, 1988), como es el caso de los registros en la desembocadura del río Guapi en Cauca ($31.8 \mu\text{g/L}$) obtenidos al inicio del proyecto debidos a las actividades antrópicas. En esto ha influido mucho la colonización, el desplazamiento de colonos y el auge de cultivos ilícitos; lo que ha llevado a que proliferen los expendios de combustibles a las orillas de los ríos y en la zona costera, para uso de lanchas y procesamiento de alcaloides. Dadas las características de las actividades que generan estos residuos, su presencia no es constante en todos los sitios y las concentraciones altas que se encuentran obedecen a condiciones puntuales.

El comportamiento temporal de HC en la costa pacífica, ha sido algo similar al Caribe, con las concentraciones más altas ene. 2001 ($33.7 \mu\text{g/L}$ en Río Tapaje), en los siguientes muestreos las mediciones han sido menores. En el 2002 un valor máximo de $4.83 \mu\text{g/L}$ en Río Nuquí, de $13.95 \mu\text{g/L}$ en Frente Bahía Solano en el 2003, $5.87 \mu\text{g/L}$ en la estación Frente a Ríos de Nariño en el 2004, para el 2005, $1.48 \mu\text{g/L}$ en Río Iscuande, el 2006 reportó el valor más alto en Playa Pasacaballos con $9.11 \mu\text{g/L}$ y en este 2007 en Bahía de Buenaventura estuvieron los registros más altos de 9.8 y $8.2 \mu\text{g/L}$ en el Río Raposo y su frente (Figura 5-4).

En el Pacífico, las zonas costeras más perturbadas por HC corresponden a los municipios de Buenaventura, Tumaco y Guapi por ser las áreas más pobladas, pequeñas localidades como Bahía Solano, Ladrilleros, 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. Un análisis de varianza por sectores mostró que existe diferencia significativa entre ellos ($p=0.023$, datos transformados $\sqrt{\quad}$) el sector con el valor promedio más alto corresponde al sector sur de Cauca, seguido por los sectores Norte de Nariño y Chocó, entre los sectores restante no existe diferencia significativa. Lo cual coincide con los valores más altos hallados en los municipios de Tumaco, Guapi y Bahía Solano.

El estudio de otras matrices ambientales colocó en evidencia el alto grado de contaminación por hidrocarburos petrogénicos en sectores como la Bahía interna de Tumaco (Betancourt-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, $2.09 -75, 9 \mu\text{g/g}$) de la zona que son utilizados para consumo local. Los resultados además señalan como principal origen de los residuos de hidrocarburos en el sector El Pindo (Tumaco), las fuentes no

pirogénicas de hidrocarburos, tales como la gasolina, el diesel y los aceites lubricantes que pueden entrar al estuario por un inadecuado manejo.

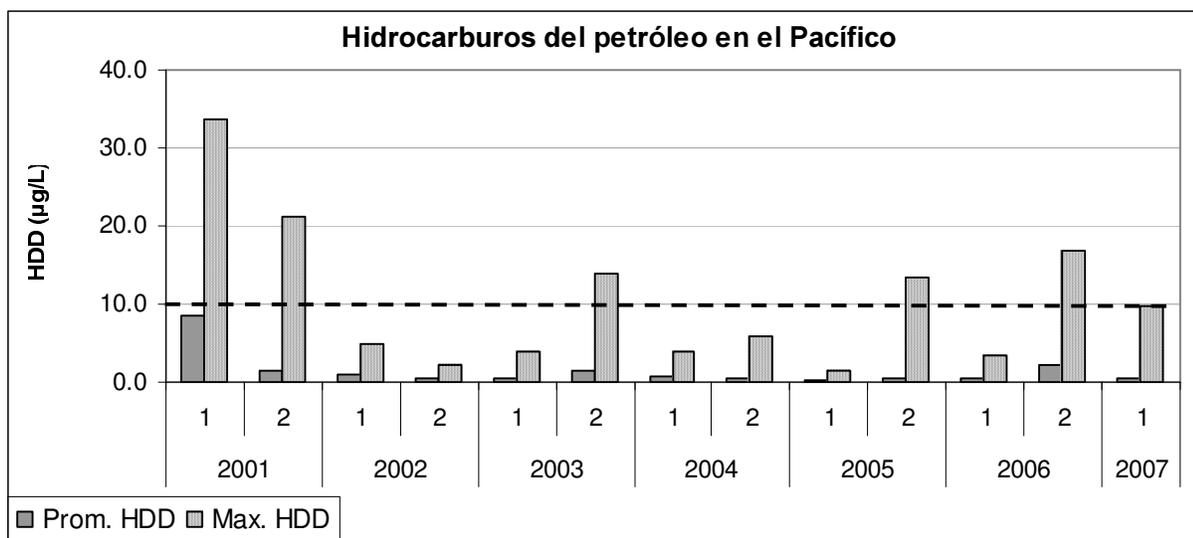


Figura 5-4. Concentraciones medias de HDD en aguas costeras del Pacífico colombiano (2001-2007).

5.2.2 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 encuentra la agricultura, aunque esta es incipiente en la llanura pacífica, Nariño es el único departamento donde existen cultivos industriales de palma africana desde los años 30, y además, en la llanura pacífica hacen presencia los cultivos ilícitos. 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 12.42 y 94.53 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 y la ciénaga de la Virgen en Bolívar (Tabla 5-1).

Tabla 5-1. Cuadro comparativo de residuos de plaguicidas organoclorados en diferentes matrices y localidades del país.

Localidad	Matriz		
	Aguas (ng.L ⁻¹)	Sedimentos (ng.g ⁻¹)	Organismos (ng.g ⁻¹)
Bahía solano	Max. OCT:* 35.8 (R. Valle) 26.4 (Q. Chocolatal)		
Buenaventura (1)		Rango DDTs: 3.65 – 96, 43 Prom. OCT: 40.59	En bivalvos: Max. DDD: 117.82 prom OCT: 113.77
Tumaco	Max. OCT: 75.2 (Río Tapaje)*	Prom OCT: 19.9 (2)	Prom OCT: 121.28 (2)
Guapi	Max. OCT: 94.0 (Río Guajui)*	Prom OCT: 19.241	Prom OCT: 87.28
Ciénaga Grande De Santa Marta (4)	Rango OCT: 0 – 89.0 (Río Sevilla) (3)	Max lindano: 44.2 (4) Max Heptacloro: 28.2 DDTs: 0.13-12.98	En peces (chivo): (5) Rango DDTs : 1.6-1362.3 Rango HCHs: 0.65-20.3
Ciénaga de la Virgen (6)	OCT: 0.079 - 59.5	Promedio OCT: 0.27 Lindano: 0.18-1.78 DDT's: 0.14-20.19	En peces: Rango OCT: 0.09 - 0.78

*Presente estudio, (1).Casanova (1996). (2) Casanova y Calero (1997), (3) Betancourt y Ramírez (2005), (4) Ramírez (1988), (5) Plata *et al.* (1993); (6) Castro (1998).

La Figura 5-5 presenta los sitios donde se han registrado valores de OCT que superan el valor de referencia (>30 ng/L). Las concentraciones más altas, 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. En el departamento de Chocó las concentraciones máximas se detectaron en los ríos *Valle* y *Quebrada Chocolatal*, 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 muestreo 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) y en el 2005 fue de 27.0 ng/L en el *Río Nuqui* (Chocó). En la actualidad las concentraciones no superan los 5 ng/L y no representan riesgo de contaminación. Su presencia y su tendencia descendente en las concentraciones (Figura 5-6) suponen que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aun se encuentran en el medio, debido a su baja capacidad de degradación.

La tendencia en las concentraciones comparada con el Caribe es algo diferente, aunque no existen registros anteriores a 2001 de OC en aguas, se observa que, mientras en el Caribe hay disminución en el Pacífico siguen apareciendo estas sustancias que superan los 30 ng/L, siendo los residuos de isómeros del DDT (DDD y DDE), aldrin y endosulfan los más frecuentes (Figura 5-6).

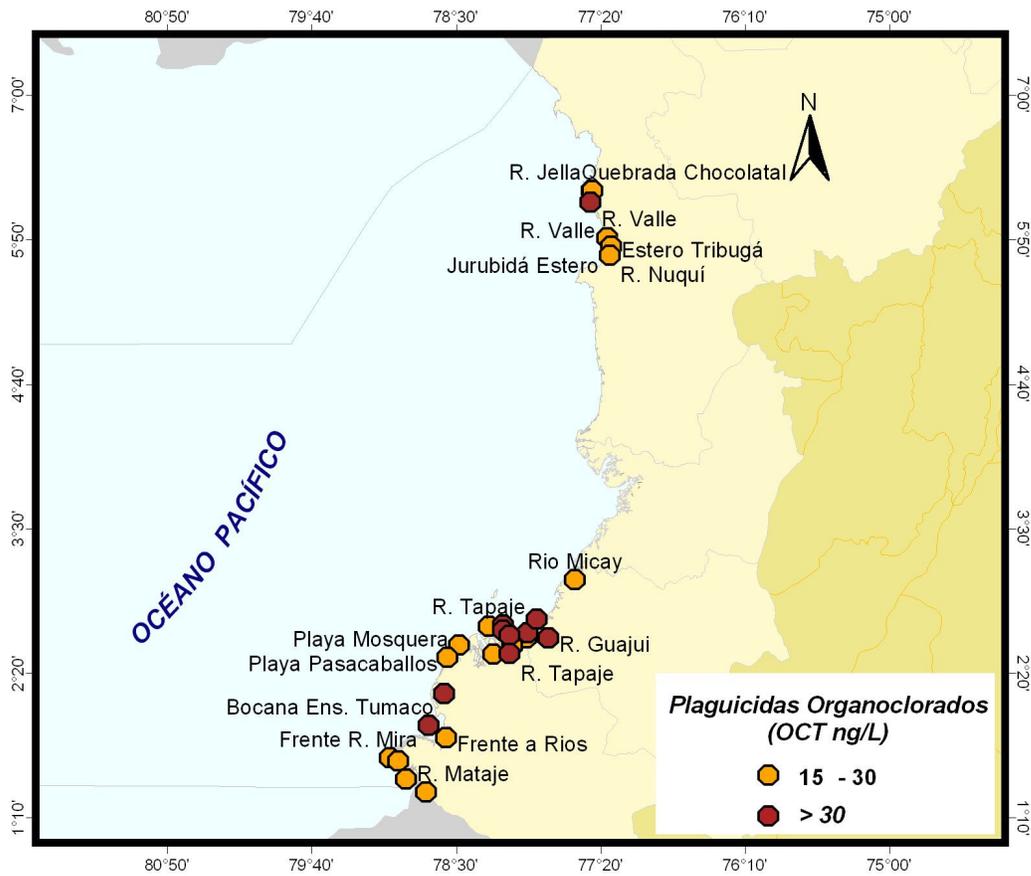


Figura 5-5. Sitios donde se han registrado concentraciones que superan el valor de regencia para organoclorados en aguas (> 30 µg/L). REDCAM 2001-2007.

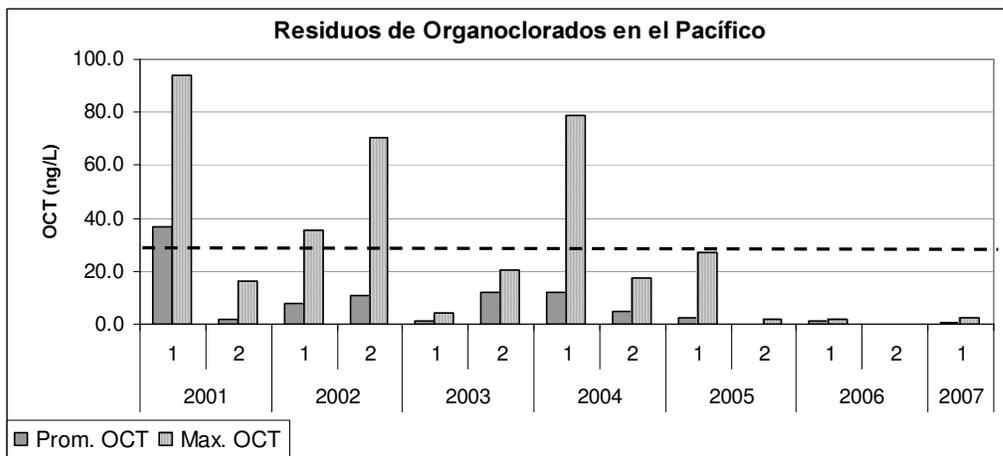


Figura 5-6. Concentraciones medias de organoclorados en aguas costeras del Pacifico colombiano (2001-2007)

5.2.3 Microorganismos de Origen Fecal

La contaminación microbiológica en los ambientes marinos del Pacífico están localizados generalmente en áreas adyacentes a zonas urbanas, debido a descargas de aguas residuales y desechos domésticos (Comunidad Andina, 2001), ejerciendo un impacto negativo en estos ecosistemas.

En esta región existe una alta actividad pesquera de tipo artesanal dirigida a moluscos (*Anadara tuberculosa*, *A. similis*, almejas, caracoles y ostras), crustáceos (cangrejos, jaibas, camarones blanco, titi y tigre) y pesca blanca (jurel, sábalo, lisa, corvina, pelada y lenguado). Estos productos hidrobiológicos pueden presentar bacterias patógenas provenientes del recurso hídrico de donde fueron capturados, estas llegan al tubo digestivo de las especies y se acumulan en los tejidos. Si estos alimentos son consumidos por el hombre pueden ocasionar enfermedades entéricas, sino son manipulados adecuadamente (FAO. 1993; MONTAGUT. E. & CABRERA. E. 1997; Campos, E. 2000).

La costa Pacífica cuenta con un sistema de tributarios que actúan como medio de transporte de microorganismos procedentes de los vertimientos de municipios y poblados a lo largo de su cuenca. En ésta región, las estaciones que mayores niveles de Coliformes presentaron entre el segundo muestreo de 2006 y el primer muestreo de 2007 fueron: *Río Jella* (Chocó), la estación 200 de Bahía de Buenaventura, *Río Guapi* (Cauca), y el *Río Patía* (Nariño), debido probablemente al incremento de poblaciones ribereñas, lo cual conlleva a una creciente demanda del recurso hídrico, también la carencia de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales que van finalmente a la zona costera (

Figura 5-7.).

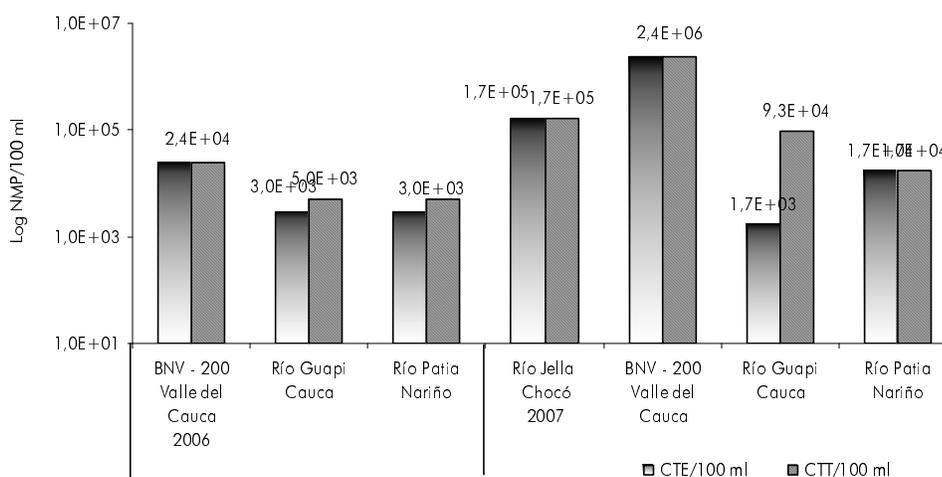


Figura 5-7. Coliformes totales y termotolerantes en estaciones del Pacífico en el segundo (II) muestreo 2006 y (I) primero 2007.

El 28 % de los balnearios del Pacífico sobrepasaron los niveles de Coliformes termotolerantes con rangos entre 660 y 1700 NMP /100 mL. *Bahía Solano ESSO* (Chocó) por la influencia del

Río Jella, el municipio de Bahía Solano y el Puerto marítimo y las playas del Sector de Juanchaco y Ladrilleros en el Valle del Cauca (Figura 5-8).

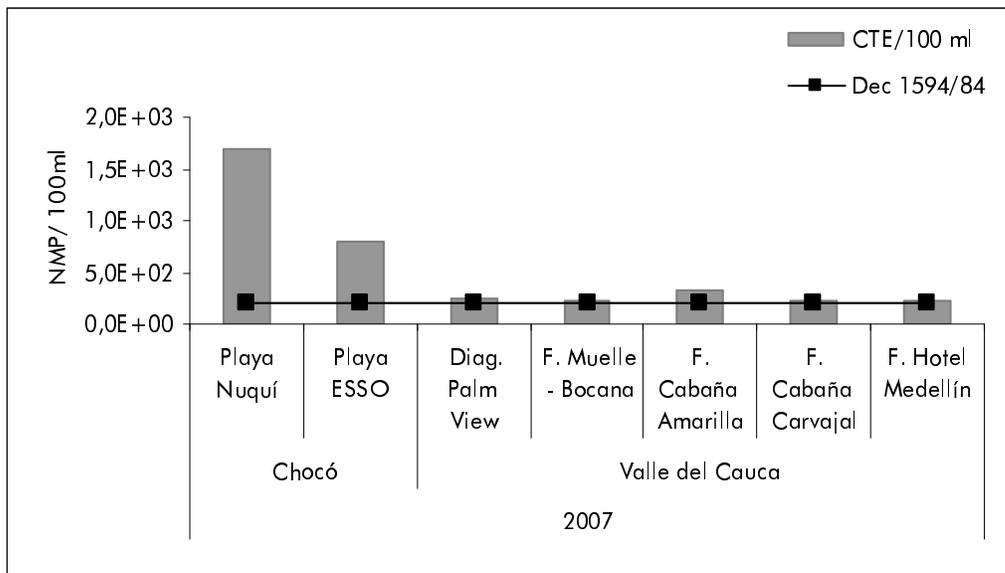


Figura 5-8. Playas que sobrepasaron el Límite permisible para aguas de contacto primario en el primer muestreo de 2007.

CHOCÓ



Playa Triganá

5.3 CHOCO

5.3.1 Estaciones de Muestreo

El monitoreo en las estaciones de muestreo del departamento han permitido conocer y evaluar la calidad de sus aguas costeras. Este monitoreo ha generando conocimiento de línea base del recurso hídrico y sirve de herramienta para CODECHOCO. En la actualidad, es difícil para la corporación realizar el monitoreo en puntos distantes de la zona costera del departamento incluyendo las estaciones ubicadas en el Caribe colombiano tal como se muestra en la Figura 5.3-1.

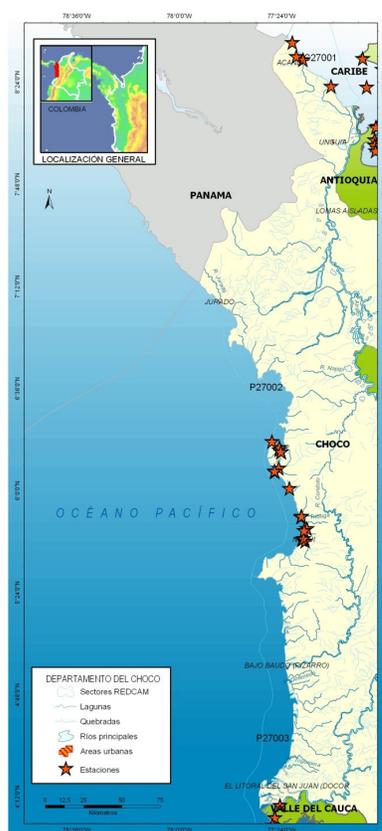


Figura 5.3-1. Estaciones de muestreo en el departamento de Chocó.

5.3.2 Comportamiento y Evaluación de las Variables fisicoquímicas

Nutrientes:

Amonio: La estación del *Río Jella*, presentó la concentración del ión amonio más alta en el primer muestreo de 2007 (valor de 152.9 $\mu\text{g/L}$; Figura 5.3-2), seguido de *Playa Almejal* con 43.4 $\mu\text{g/L}$. Las influencias antrópicas en la zona costera del Chocó Pacífico, son “menores” comparados con otros departamentos, debido al poco desarrollo poblacional e industrial. Sin embargo, ese bajo desarrollo también participa en la poca atención que se le da a los recursos

naturales; el valor de amonio registrado en el *Río Jella* aunque no es nocivo, puede indicar una concentración de materia orgánica en descomposición de origen natural, en el cuerpo de agua, pero es posible que sea por acciones humanas que se pueden prevenir.

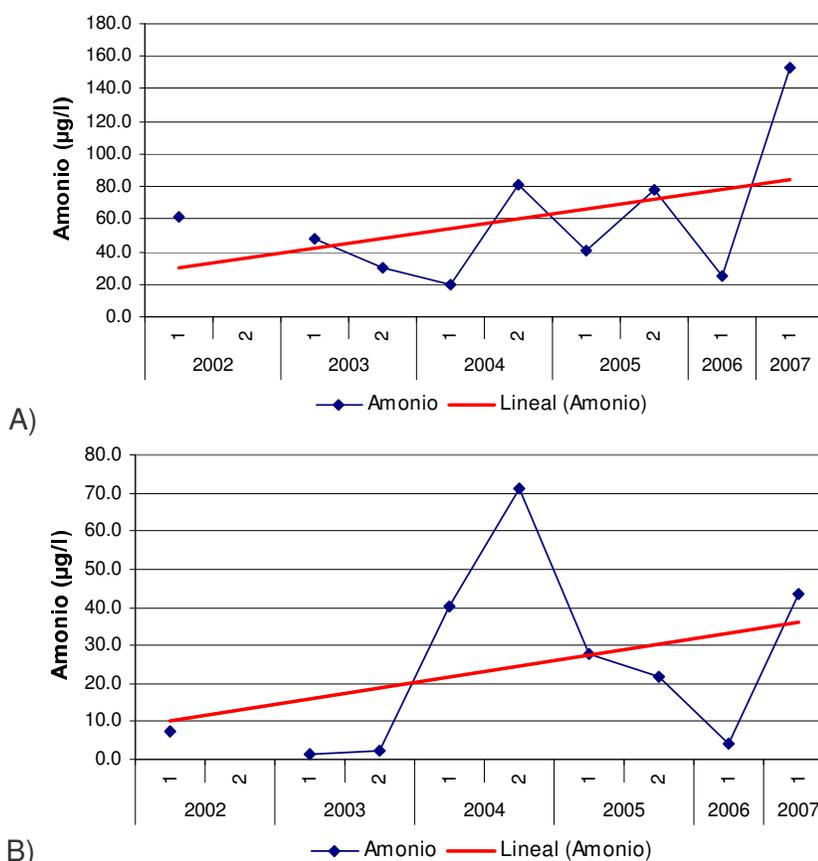


Figura 5.3-2. Variación y tendencia lineal de amonio en (A) Río Jella y (B) Playa Almejal.

Nitrato: Durante el primer muestreo del 2007, la concentración más alta del ión nitrato fue registrada en el río San Juan (400 µg/L), que por los registros históricos que se repiten es posible que se trate de un sitio con acumulación de materia orgánica permanente. La estación de mayor concentración fue la quebrada Chocolatal con 138.8 µg/L. Se considera que estos valores están por arriba del rango natural de este tipo de aguas con influencia continental. Históricamente, las concentraciones de nitrato en las aguas de la zona costera han presentado variaciones según la temporada, pero su tendencia se mantiene alrededor de 100 µg/L.

Ortofosfato: En el 2007, el valor más alto de fósforo inorgánico disuelto se registró en la estación del *Río Jella* (53.2 µg/L), el segundo valor para el mismo muestreo fue registrado en el río Nuquí (41.7 µg/L). Las estaciones con estas condiciones, deben ser monitoreadas con una mayor frecuencia, de manera que se puedan conocer las causas de los valores tan altos de nutrientes inorgánicos. El departamento de Chocó ha presentado valores históricos de fósforo cercanos a 30 µg/L de fósforo inorgánico y su tendencia en estaciones críticas es a disminuir (Figura 5.3-2).

Sólidos en suspensión: El registro más alto de este parámetro fue de 944 mg/L medido en río Valle y el segundo (54.3 mg/L), en la estación frente a la desembocadura del río Valle; las demás estaciones presentaron valores de sólidos menores a 30 mg/L, durante el primer muestreo del 2007. Históricamente las aguas costeras del departamento de Choco han presentado tendencia al aumento de la concentración promedio de sólidos en suspensión; esas concentraciones promedios son cercanas a los 50 mg/L, lo que es considerado un nivel aceptable de sólidos en la zona costera del departamento, al evaluar el aporte que realizan todos los ríos. El valor de 944 registrado en el río Valle puede ser indicio de actividades mineras, que generalmente laboran sin control generando erosión y aumento de sólidos en suspensión.

Oxígeno disuelto: Este parámetro se encontró entre 4.4 y 8.1 mg/L, durante el primer muestreo del 2007. La estación que presentó menor concentración de oxígeno fue frente a la desembocadura del río Valle y la de mayor concentración fue la estación de la Ensenada de Utría. Los niveles de oxígeno medidos en la primera parte del año 2007, implican buenas condiciones de oxigenación en las aguas costeras del departamento, pero se debe analizar mejor las aguas del río Valle por su influencia sobre el mar adyacente. Por la influencia que esta ejerciendo este río sobre la zona costera, se recomienda iniciar labores de seguimiento a sus aguas para conocer las fuentes reales de esta situación.

Los otros parámetros fisicoquímicos, se encontraron dentro de los rangos normales para las aguas del departamento; el pH entre 7.11 y 9.09, la salinidad entre 0 y 31.6 (esto es generado por las mediciones en los caños y corrientes de agua continentales); la temperatura entre 24 y 26.8 °C, que se consideran como las aguas costeras, con menores temperaturas (INVEMAR, 2007b).

Los resúmenes estadísticos, mapas de distribución y tendencias de otros parámetros en las estaciones del departamento de Córdoba se pueden consultar en las siguientes direcciones de Internet: http://www.invemar.org.co/consul_estadisticas.jsp y <http://lsi-sig-04.invemar.org.co/website/choco/viewer.htm> respectivamente.

El departamento tiene servicios públicos de agua potable y alcantarillado, con una cobertura media de 22.68 % en acueducto y 16.02 % en alcantarillado (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2006), registrando una población de 60.342 habitantes en los municipios costeros (Itzmina, Juradó, Bahía Solano, Nuquí y Bajo Baudó; Steer *et al.*, 1997), según el censo de 2005; significa que algo más de 50.000 personas carecen de servicio de alcantarillado y vierten las aguas residuales en los ríos o directamente a la zona costera.

5.3.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

Hidrocarburos

2001: Las mayores concentraciones se presentaron en sectores cercanos a Bahía Solano, donde tiene lugar la mayor actividad de transporte marítimo. Esta zona alcanza valores de 14 µg/L que superan el valor máximo permisible para aguas marinas y costeras no contaminadas de 10 µg/L (UNESCO, 1984; Atwood *et al.*, 1988). Hacia el sur de Bahía Solano, los niveles de HDD son relativamente menores a la norma referenciada y varían en un rango de 5 a 10 µg/L.

2002: Las concentraciones medidas no superaron un máximo de 4.83 µg/L para los dos muestreos, lo que hace considerar esta región como una zona de riesgo medio por contaminación con HC. Sin embargo, los sitios donde aún se reportan los valores más altos corresponden a ríos que cruzan poblaciones importantes, dado el hecho de que la principal forma de comunicación en esta región es por vía acuática y las actividades relacionadas con esta actividad, como las reparaciones de embarcaciones y la venta de combustible se hacen sobre los tributarios, con un escaso control. Por ejemplo, en las estación de Bahía Solano (cercanas a la estación de combustible) y en el *Río Nuquí* se hallaron valores máximos de 4.8 y 2.1 µg/L para este año.

2003: Se determinó un valor máximo de 4.0 µg/L *frente a Huina* (primer muestreo), estación que se puede ver afectada por las aguas residuales provenientes del municipio de Bahía Solano y el transito de embarcaciones hacia el exterior de la bahía. En el segundo muestreo se determinaron valores más altos (máximo de 13.95 µg/L) frente a Bahía Solano y un valor de 4.0 µg/L en la *Quebrada Chocotala*; debido al efecto de los vertimientos realizados por la población de bahía Solano, la cual atraviesa.

2004: En el primer muestreo las concentraciones son muy inferiores pero sigue encontrándose el máximo en la estación cercana a la bomba de combustible (0.78 µg/L). En el segundo monitoreo del año los valores no sobrepasaron los 1.18 µg/L (*Quebrada Chocotala*).

2005: Los valores registrados durante el monitoreo del primer muestreo no sobrepasaron el valor de 1.0 µg/L hallado en el *Estero Tribugá* y la tendencia observada desde el 2003 ha sido de disminuir. En el segundo muestreo las concentraciones continúan disminuyendo ligeramente siendo el valor más alto el de 0.68 µg/L en la *Quebrada Chocotala*.

2006: Las concentraciones mantienen la tendencia a disminuir registrada desde el 2004, el valor máximo fue de 0.24 µg/L hallado nuevamente en la *Quebrada Chocotala*.

2007: En este monitoreo las concentraciones no superaron los 0,94 µg/L medido nuevamente en la *Quebrada Chocotala* (Figura 5.3-3)

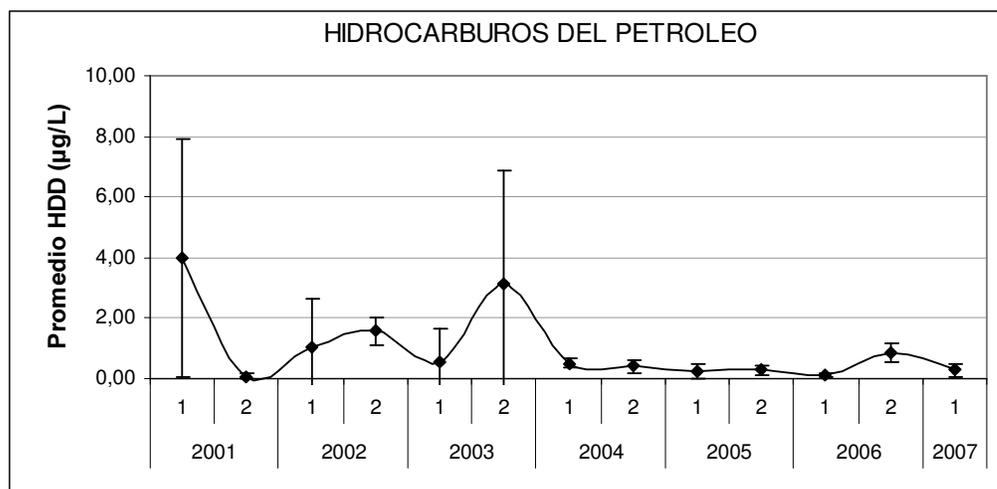


Figura 5.3-3. Comportamiento histórico de hidrocarburos en las aguas costeras de Chocó

Los resultados del monitoreo han permitido identificar que los sitios con mayor afectación por HC corresponden a: *Frente Bahía Solano*, por recibir la influencia de *Bahía Solano (ESSO)*, y está cerca a una estación de combustibles y un atracadero de buques. 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.

El análisis de varianza realizado con la información obtenida desde el 2004 en *Quebrada Chicolatal*, *Bahía Solano (ESSO)* y *Río Valle* ratifica esta situación, mostrando que existe diferencia significativa en el comportamiento de las mediciones en *Ensenada de Utría* ($\alpha=0.5$, $p=0,0211$, datos transformados $\sqrt{\quad}$), donde se registran las menores concentraciones promedio de hidrocarburos ($0.21 \mu\text{g/L}$) debido a su condición de Parque Natural protegido, mientras que el promedio mas alto se encuentra en *Quebrada Chicolatal* ($0.47\mu\text{g/L}$) con mas del doble en comparación con *Utría*.

Tabla 5.3-1. Resumen estadístico de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de Chocó.

Parámetro	HDD ($\mu\text{g/L}$)	OCT (ng/L)
Máx.	13,95	35,8
Mín.	0,04	0,03
Prom.	0,96	6,2
Mediana	0,33	2,0
STDDV	1,99	8,5
num.	129	57

Plaguicidas

La información histórica de estudios adelantados en este aspecto es escasa, el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP) realizó entre 1992 y 1995 en Bahía Solano un monitoreo de plaguicidas en el cual se detectaron compuestos organoclorados en sedimentos y organismos, en concentraciones bajas (Casanova, 1996). No obstante, los resultados del proyecto REDCAM constituyen la primera información de estas sustancias en aguas para el departamento del Chocó. El monitoreo de REDCAM se inició en el 2002 en el sector norte del departamento obteniéndose los siguientes resultados (Tabla 5.3-1):

2002: Las concentraciones obtenidas de OC se hallan dentro de las más altas para las costas Colombianas. En el primer monitoreo se reportaron valores de 35.8 y 23.2 ng/L (*Río Valle* y *Estero Tribugà*). En el segundo muestreo también se reportaron valores relativamente altos en *Quebrada Chicolatal* y *Río Jella* con valores de 26 y 18 ng/L respectivamente.

2003: En el primer muestreo las concentraciones disminuyen (max. 1.7 ng/L en *Río Jella*), pero sigue detectándose la presencia de estos compuestos. En el segundo muestreo, la situación cambia y las concentraciones registradas aumentan dentro de un rango de 4.1-20.5 ng/L.

2004: Los registros del primer muestreo son inferiores a 6.6 ng/L (*Quebrada Chicolatal*); sin embargo, en todas las estaciones monitoreadas se encontró presencia de OC. Los residuos que se detectan en mayor proporción corresponden a los metabolitos del DDT: DDD y DDE. En el segundo muestreo las concentraciones aumentaron con mediciones de 16.2 y 17.3 ng/L en *Estero Jurubida* y *Río Valle* respectivamente.

2005: En el primer muestreo las concentraciones en la mayoría de las estaciones disminuyen con relación al muestreo anterior excepto en el *Río Nuquí* donde se registró una concentración de 27.0 ng/L. para el muestreo siguiente las concentraciones descienden significativamente con un valor máximo de 1.9 ng/L en *Río Nuquí*.

2006: Las concentraciones aumentan ligeramente pero no sobrepasan los 2,0 ng/L (*Río Valle*) lo cual no representa un riesgo de contaminación para el medio.

2007: Las concentraciones son inferiores a 2.29 ng/L (*Río Valle*) y mantienen una decreciente desde el 2004.

Los monitoreos realizados demuestran la presencia de OC en el medio. El hecho de que la población costera del Chocó es poca y además no ha tenido una vocación agrícola, supone la introducción de OC al medio por otras actividades diferentes a la agricultura. En la actualidad los resultados son muy inferiores a los registrados en los primeros años, y por medio de una prueba t se encontró diferencia significativa entre los periodos 2002 – 2005 y 2005 – 2007 ($P_{(T\leq t)} = 0,007$, datos transformados $\sqrt{\quad}$) siendo mas altos los niveles de OC al inicio del proyecto (Figura 5.3-4).

Los resultados muestran a los ríos como las mayores fuentes de contaminación por OC, el *Río Valle* es el afluente que mas carga de OC transporta al mar y aunque las mediciones en la actualidad son muy inferiores, los ríos pueden estar drenando compuestos que fueron aplicados anteriormente y que aun permanecen en el medio (principalmente metabolitos del DDT).

La industria maderera desarrollada a lo largo de la llanura pacífica, emplea plaguicidas en concentraciones elevadas como agente de inmunización de la madera, además, residuos de hidrocarburos (aceites usados, alquitranes), para protegerla de los insectos y la humedad. Por lo cual, no se descarta que se hayan utilizado grandes cantidades de aldrin, endosulfan y DDT en la década pasada. También están las campañas de fumigación para la prevención de la malaria.

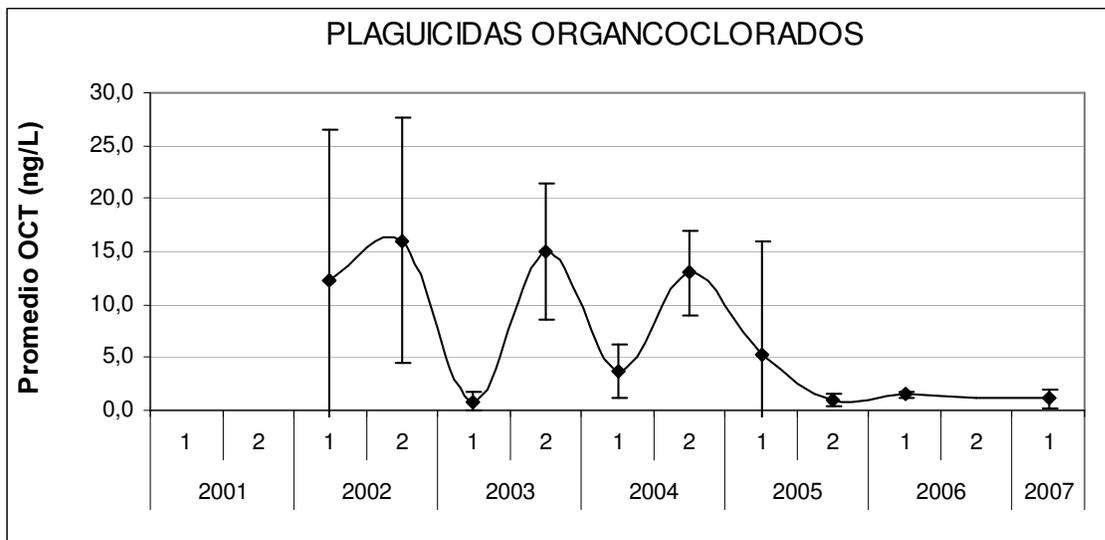


Figura 5.3-4. Comportamiento histórico de organoclorados en aguas costeras de Chocó.

5.3.4 Contaminación Microbiológica

La Figura 5.3-5. muestra la tendencia histórica de los indicadores de contaminación fecal, donde se observa un marcado descenso desde el segundo muestreo de 2003 hasta el 2006, con rangos promedio entre 3251 – 6764 NMP CTE/100ml, atribuyéndose esta disminución a la creación de pozos sépticos en los principales municipios costeros del departamento. Para el 2007 se evidencia un aumento en la concentración de estos microorganismos (15690 NMP CTE/100ml) debido a las descargas del *Río Jella*.

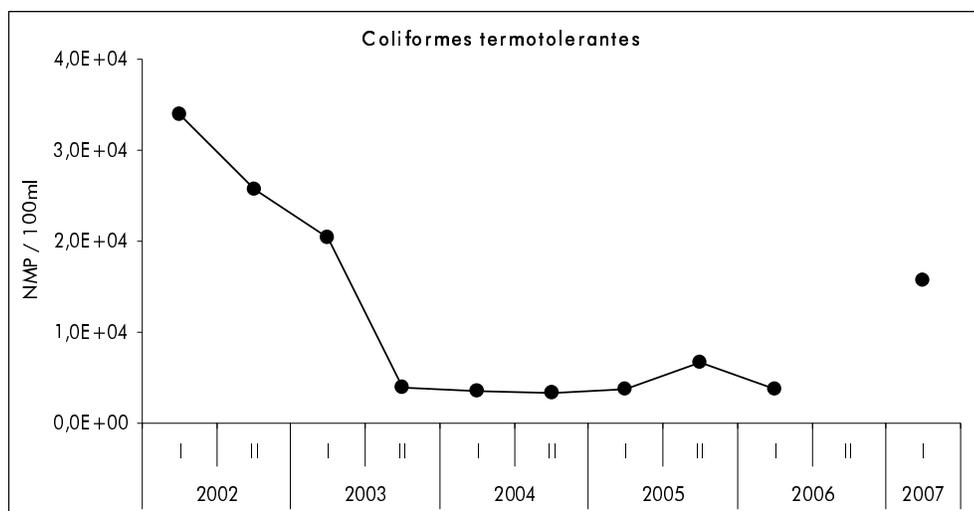


Figura 5.3-5. Tendencia de Coliformes termotolerantes en el primer (I) y segundo (II) muestreo (2002 – 2007) en Chocó (Datos Promedio).

Durante los seis años de monitoreo los máximos de *Coliformes totales* (540.000 NMP/100 ml) y *Coliformes termotolerantes* (170.000 NMP/100 ml) se han registrado en el *Río Jella*, como efecto de las diferentes descargas que aportan los habitantes del municipio de *Bahía Solano* (Tabla 5.3-2). Las estaciones que presentan los mayores aportes de *Coliformes totales*, en orden descendente son: *Río Jella* (540.000 NMP / 100 ml), *Quebrada Chocolata* (24.000 NMP / 100 ml), *Río Valle* (17.000 NMP / 100 ml) y *Río Nuquí* (7.000 NMP / 100 ml), sobrepasando el límite establecido en la normatividad colombiana (5000 NMP CTT/100 ml), para aguas destinadas a actividades de contacto secundario según MINSALUD (1984).

Tabla 5.3-2. Estadísticas de los Coliformes totales y termotolerantes en el departamento de Chocó.

Parámetro	Coliformes termotolerantes - CFS	Coliformes totales - CTT
Máx.	170000	540000
Mín.	2	2
Prom.	11660	20448
Mediana	490	2400
STDDV	33253	62601
num.	107	107

Históricamente, éstos tributarios han presentado concentraciones elevadas de *Coliformes totales*. El *Río Jella*, en todo el monitoreo ha presentado fluctuaciones en las concentraciones de CTT con los niveles más altos en el primer muestreo de cada año y un valor máximo de 540.000 NMP / 100 ml en el 2007. Mientras *Río Valle*, tuvo su máximo (170.000 NMP / 100 ml) en el primer muestreo de 2002 y por último el *Río Nuquí* (240.000 NMP / 100 ml) en el segundo muestreo del 2002 (Figura 5.3-6). Estos ríos se convierten en receptores de vertimientos de aguas domésticas.

La materia orgánica asociada a descargas de estos ríos puede afectar los ecosistemas del Parque Natural de Utría, tales como los arrecifes coralinos que albergan una alta diversidad biológica marina; entre las principales especies que se encuentran en el Pacífico están tiburones, ballenas, rayas, caracoles, delfines camarones, ostras y una gran variedad de peces (UASPENN, 2005).

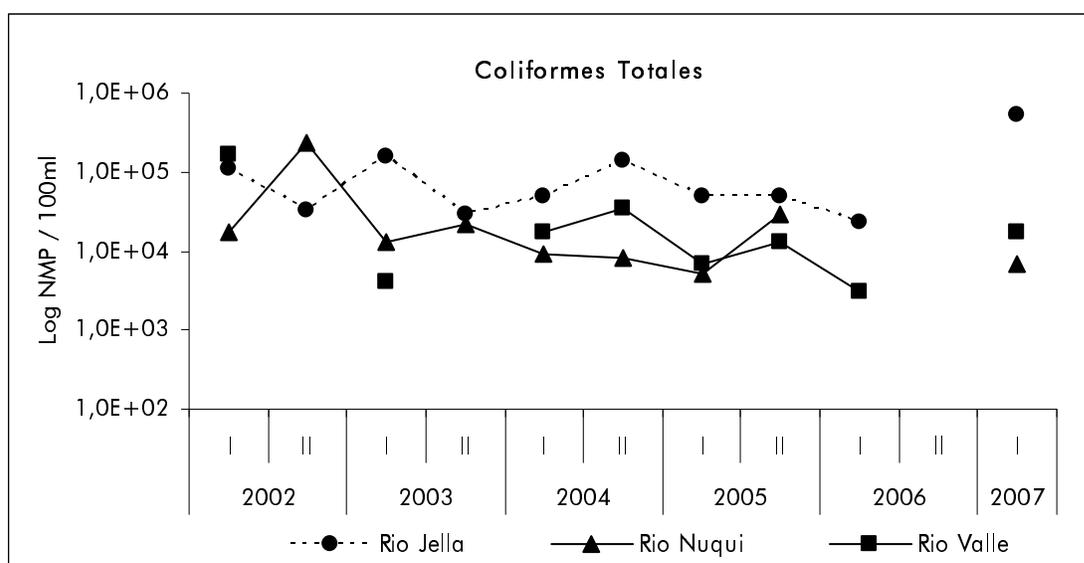


Figura 5.3-6. Tendencia de Coliformes totales en el primer (I) y segundo (II) muestreo (2002-2007) en los principales ríos.

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. Las estaciones *Playa Nuquí* (1700 NMP/100 mL) y *Playa Esso* (790 NMP/100 ml) presentan concentraciones de CFS por encima de los valores establecidos en el Decreto 1594 de 1984 para aguas de contacto primario; esto se debe a la cercanía que tienen estas playas de las desembocaduras de los ríos *Nuquí* y *Jella* los cuales aportan concentraciones elevadas de estos microorganismos. De acuerdo a los criterios establecidos por la OMS las demás playas del departamento son aptas para actividades de natación y practica de deportes náuticos.

5.3.5 Conclusiones

En el Chocó la cantidad de población es escasa y bajas las cantidades de vertimientos que se realizan en el litoral. Sin embargo, es pertinente revisar las fuentes alternativas de nutrientes que se evidencian en los ríos *Jella*, *Valle*, *San Juan* y *Nuquí*.

Los ríos son los que presentan mayor afectación por contaminación con hidrocarburos al *Río Jella*, por estar directamente influido por la población de Bahía Solano y tener gran actividad de lanchas y embarcaciones pesqueras; adicionalmente algunos sectores puntuales localizados en las poblaciones costeras (Bahía Solano y Nuquí), presentan un riesgo de contaminación por HC por la venta de combustibles en las orillas de los cuerpos de agua y al movimiento embarcaciones. Actualmente, los niveles de HDD son bajos ($< 1.0 \mu\text{g/L}$), y la tendencia es decreciente. La *Ensenada de Utría* sigue siendo un sitio considerado de referencia donde se encuentran en promedio los niveles mas bajos de HC ($0.21 \mu\text{g/L}$).

En la actualidad las concentraciones de OC están muy por debajo del valor de referencia (30 ng/L), sin embargo, en los ríos se siguen detectando trazas de estos compuestos, principalmente residuos de DDT y sus metabolitos que son los mas persistentes, lo que denota la utilización de agroquímicos y el uso de plaguicidas en control de vectores.

Los ríos *Jella*, *Nuquí* y *Valle*, presentan en el tiempo las mayores concentraciones de CTT, debido a la descarga directa de aguas servidas y desechos orgánicos que realizan las poblaciones ribereñas. Las playas *Nuquí* y *Esso* en el primer muestreo de 2007 no eran aptas para la práctica de actividades de contacto primario.

VALLE DEL CAUCA



Malaga



Puerto de Buenaventura

Ortofosfato: Para el fósforo inorgánico disuelto el valor más alto se registró en la estación *Frente a Río Raposo* (95 µg/l) seguido de *Río Dagua* (56 µg/l). Una vez más se hace evidente que los ríos son las principales fuentes de iones nutritivos a las aguas costeras del departamento.

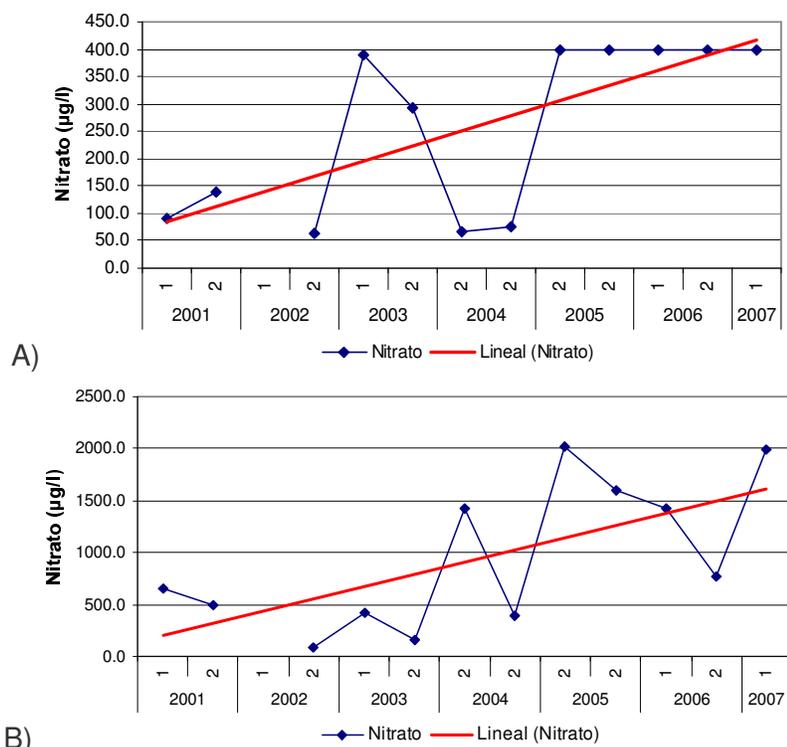


Figura 5.4-2. Variación y tendencia lineal de nitrato en A) Río Potedó y B) Frente a Río Potedó.

Sólidos en suspensión: El registro más alto de este parámetro fue de 60 mg/L medido en la *Boca del Río Anchicayá* y en la estación 200 de la *Bahía de Buenaventura* (35.6 mg/L); las demás estaciones presentaron valores de sólidos entre 4.6 y 30.7 mg/L, en el primer muestreo de 2007. Históricamente las aguas costeras del Valle del Cauca han presentado tendencia temporal estable de la concentración promedio de sólidos en suspensión; esas concentraciones promedios son cercanas a 20 mg/L, considerado un nivel aceptable al evaluar el aporte que realizan todos los ríos en la bahía.

Oxígeno disuelto: Este parámetro se encontró entre 5.13 y 8.35 mg/L. El valor mínimo en la estación *Frente a Río Potedó* y el máximo *Piangüita*. Los niveles de oxígeno medidos en este muestreo muestran buenas condiciones de oxigenación en las aguas costeras. Aunque los niveles medidos de oxígeno son buenos, las altas concentraciones de nitratos y fosfatos hacen pensar en descargas de aguas residuales sobre la mayoría de los ríos del departamento.

Los otros parámetros fisicoquímicos, se encontraron dentro de los rangos normales; el pH entre 7.17 y 9.6, la salinidad entre 2.6 y 10.8 (en zonas de mezcla y agua continentales); la temperatura en un rango de 23.4 y 30.2 °C, que se considera normal en aguas costeras.

Resúmenes estadísticos, mapas de distribución y tendencias de los parámetros en las estaciones del departamento de Valle del Cauca se pueden consultar en las siguientes direcciones de Internet: http://www.invemar.org.co/consul_estadisticas.jsp y <http://lsi-sig-04.invemar.org.co/website/vallecauca/viewer.htm>.

El Valle del Cauca, tiene servicios públicos de agua potable y alcantarillado, con una cobertura media de 94.17 % en acueducto y 90.04 % en alcantarillado (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2006), registrando una población de 328.794 habitantes en los municipios costeros (Buenaventura; Steer *et al.*, 1997), según el censo de 2005; significa que algo más de 32.000 personas carecen de servicio de alcantarillado y que por lo tanto disponen las aguas residuales en los ríos y en los cuerpos de agua de la zona costera.

5.4.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

Hidrocarburos

La principal fuente de contaminación por hidrocarburos en la zona costera del Valle es el movimiento portuario y el Muelle petrolero, donde atracan mensualmente buques-tanques para abastecer gran parte del consumo de refinados del occidente colombiano. Además, los residuos oleosos (aguas de sentinas y *slops*) de las motonaves son desechados indebidamente a las zonas costeras, por carecer en los puertos de infraestructura para recepción, manejo y disposición final de estos desechos. A esto se le suma lo generado por las embarcaciones de cabotaje y algunos buques 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, 1993). Los estudios desarrollados por el CCCP principalmente en el área de la Bahía de Buenaventura entre 1986 y 1993, reportaron valores en aguas entre 0.31 – 1.53 $\mu\text{g/L}$, y concentraciones promedio de sedimentos y organismos (bivalvos) de 2.76 y 11.20 $\mu\text{g/g}$ respectivamente (Casanova y Calero, 1997). En la desembocadura del río Anchicayá se presentaron concentraciones promedio de HAT en sedimentos, de 79,6 $\mu\text{g/g}$ consideradas “altas”. Las posibles fuentes de contaminación en esta área son: a) los aportes del *Río Anchicayá* que en su recorrido recibe los vertimientos de municipios como Darién, que posee alta actividad turística y agrícola .y b) en segundo lugar, los vertimientos provenientes de las actividades marítimas y portuarias de Buenaventura (Marrugo, 1993).

Actualmente la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) tiene establecida una grilla de muestreo en la Bahía para el monitoreo de estas sustancias contaminantes y de algunos parámetros fisicoquímicos. Una sinopsis de los resultados hallados se presenta a continuación:

2000-2003: Históricamente se observa que los mayores niveles de HDD se presentan en la boca y en aguas arriba del *Río Dagua*, con valores entre 5 y 10 $\mu\text{g/l}$. Las concentraciones en áreas marinas son bajas, menores a 1.0 $\mu\text{g/l}$, lo que indica que no hay impacto ambiental debido a las descargas de los afluentes de la zona (*ríos Dagua, San Juan, Raposo, Poteto* y

Anchicayá), el fenómeno de dilución se favorece con las mareas. En sectores muy puntuales, cerca de los muelles y las zonas urbanas (sectores palafíticos), las concentraciones de HDD se hacen altas.

2004: Los registros del primer muestreo muestran la entrada de hidrocarburos (HC) principalmente de los ríos que desembocan en la zona costera, es así que los valores máximos fueron hallados en los ríos o desembocaduras del *Potodo*, *Frente Anchicayá* y *Frente al Raposo* con valores de 3.56, 2.98 y 2,42 $\mu\text{g/L}$. En el segundo muestreo las concentraciones disminuyen a un máximo de 1.8 $\mu\text{g/L}$, encontrándose los valores más altos en la bahía de Buenaventura.

2005: La información disponible para el primer muestreo corresponde a la colectada en Bahía Málaga para el proyecto BIOMALAGA las concentraciones halladas durante este monitoreo fueron inferiores a 1 $\mu\text{g/L}$, pero al igual que en otras áreas estudiadas, su presencia en este sector es el resultado del inadecuado manejo que se da a los subproductos del petróleo, principalmente, lubricantes y combustibles utilizados en las embarcaciones. En el segundo muestreo los valores son más altos con respecto al año anterior, variando en un rango entre 0.25 – 13.29 $\mu\text{g/L}$, nuevamente se localizaron los más altos en el interior de la bahía de Buenaventura.

2006: Los resultados del análisis de HC se encuentran en un rango de 0.05 a 0.53 $\mu\text{g/L}$ inferior al valor de 10 $\mu\text{g/L}$ establecido como norma para aguas marinas y costeras no contaminadas (Atwood *et al.*, 1988; UNESCO, 1984). Estos resultados nos permiten inferir que la introducción de residuos oleosos se ha mantenido en el tiempo con una tendencia a disminuir desde el 2004 tal como lo muestra la Figura 5.4-3. En el segundo monitoreo del año se registran concentración puntuales en el interior de la bahía que sobrepasan el valor de referencia (16,85 $\mu\text{g/L}$), mientras que en las estaciones restantes las concentraciones no lo superan.

2007: Las concentraciones mas altas durante el primer monitoreo se obtienen en las estaciones del Río Raposo *El Pasadero (dulce)* 9,79 $\mu\text{g/L}$ y frente a la desembocadura del mismo río (8,24 $\mu\text{g/L}$) muy cercanas al valor de referencia, mientras que el resto de la bahía permanece relativamente limpia con respecto a estas sustancias (< 1.19 $\mu\text{g/L}$).

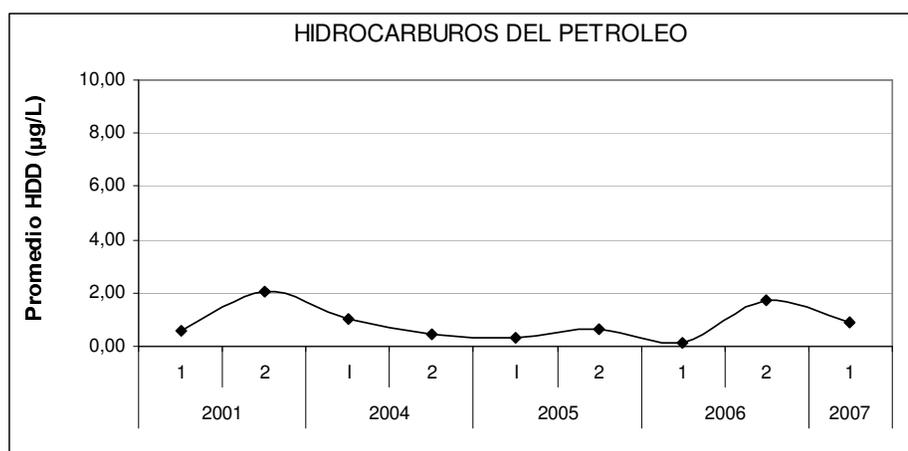


Figura 5.4-3. Comportamiento histórico de hidrocarburos en aguas costeras (2001 -2007)

De forma general, los registros del proyecto muestran la entrada de hidrocarburos proveniente principalmente de los ríos que desembocan en la zona costera, es así que los valores máximos

han sido hallados en los ríos o desembocaduras del *Dagua*, *Potodo*, *Frente Anchicayá* y *Frente al Raposo*. Un ANOVA realizado con la información obtenida desde el 2005 mostró que en las estaciones de los afluentes no presentan diferencias estadísticas entre monitoreos ($p=0.405$) lo cual refleja una introducción permanente de HC sin importar la época de monitoreo; sin embargo, en el interior de la bahía de Buenaventura si se presenta esta diferencia ($p<0.05$) debido quizás a que las concentraciones de HC en la bahía pueden estar mas relacionadas con la intensidad de las actividades portuarias y de transporte marítimo que varían con la época. A pesar de lo anterior, algunas evaluaciones hechas en sedimentos de la bahía muestran un mayor impacto de las descargas de HC que no son visualizados en el análisis de aguas, debido al carácter hidrofóbico de estos compuestos y su asociación rápida a material sedimentario (INVEMAR, 2007c), señalando la importancia de extender en un futuro el análisis a otras matrices ambientales.

En el sector sur los ecosistemas parecen estar menos impactados, pues la mayoría de la población está concentrada en el casco urbano de Buenaventura. En el sur del departamento 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 (Tabla 5.4-1).

Tabla 5.4-1. Resumen estadístico de Hidrocarburos aromáticos en aguas del Valle del Cauca.

Parámetro	Sector Norte (Bahía Málaga)	Bahía de Buenaventura ($\mu\text{g/L}$)	Sector Sur ($\mu\text{g/L}$)
Máx.	1,12	13,52	4,51
Mín.	0,05	0,02	0,10
Prom.	0,33	0,91	1.66
Mediana			
STDDV	0,26	1,64	1,41
num.	36	197	12

Plaguicidas

No se tienen registros históricos de concentración para residuos de plaguicidas organoclorados (OC) en agua anteriores al proyecto REDCAM. La información disponible se refiere solamente a análisis realizados en sedimentos y organismos de algunos sectores de la bahía de Buenaventura entre 1992-1993 por el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP).

Los estudios realizados por el CCCP mostraron altas concentraciones de compuestos OC en sedimentos y organismos (moluscos) de la bahía de Buenaventura, los valores son de igual magnitud y comparables con los reportados en otras zonas costeras del país cercanas a regiones de alto desarrollo agrícola, por ejemplo, con la CGSM en el Magdalena y la ciénaga de Tesca en Bolívar. Lo anterior, puede indicar que en aguas las concentraciones también fueron altas o recurrentes en el tiempo.

Como las actividades agrícolas son incipientes en la zona y limitada a pequeños cultivos de pancoger, se cree que la entrada de OC al medio corresponde a otras actividades además de la agricultura: a) El proceso de colonización b) las actividades relacionadas con la silvicultura (aserríos y talas de bosque); o c) las campañas de fumigación contra la malaria, pueden ser

fuentes de estos compuestos hacia el medio marino, de modo similar a lo discutido para el departamento de Chocó.

Descripción temporal

2005-2006: Entre mayo/2005 y mayo/2006 durante el desarrollo del proyecto BIOMALAGA se monitoreo una grilla de 10 estaciones en la Bahía. Los contenidos de plaguicidas organoclorados variaron entre <LD y 0.7 ng/L. Aunque se detectaron trazas las concentraciones halladas son inferiores al valor adoptado como referencia de 30 ng/L para aguas contaminadas (Marín, 2002); por lo cual se considera que no representan un riesgo para las comunidades acuáticas.

La presencia de residuos organoclorados en Bahía Málaga es algo que sorprende, ya que no se desarrollan actividades agrícolas intensivas en sus alrededores. El mayor porcentaje de aparición de DDT y sus isómeros (75% de las muestras con residuos de OC contienen residuos de DDT), contra un 43% de muestras con aldrin, puede ratificar su uso contra vectores. En la actualidad 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.

5.4.4 Contaminación Microbiológica

El análisis microbiológico comprende desde el primer muestreo de 1999 hasta el 2007, observándose los mayores incrementos durante el segundo muestreo de 1999 y el primero del 2002 y 2007, presentando valores altos en la época húmeda de 1999 con concentraciones de 117.494 NMP Cf/100 ml, debido a las fuertes precipitaciones durante ese año que aumentaron las descargas de aguas residuales de los municipios, vertiéndolas a los ríos sin ningún tipo de tratamiento (Figura 5.4-4).

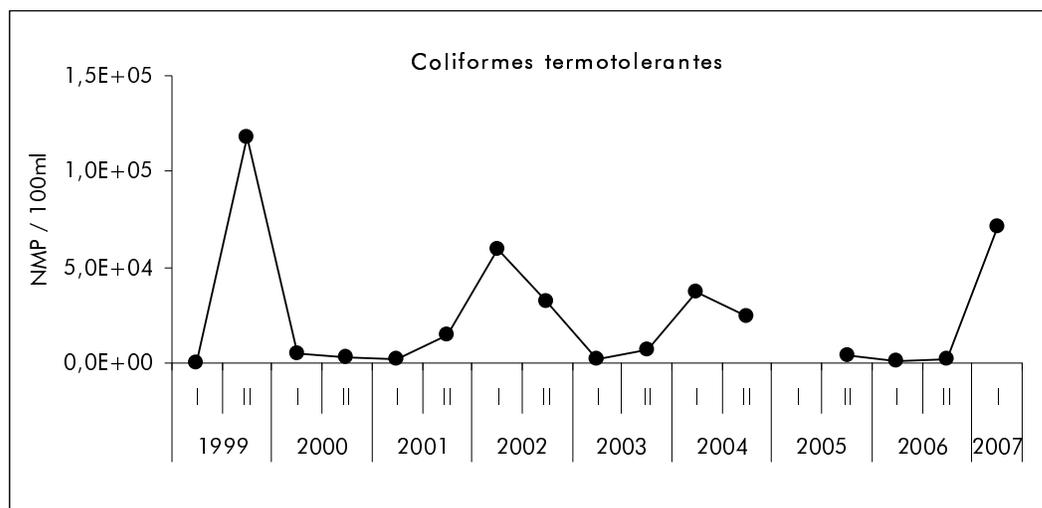


Figura 5.4-4. Tendencia de Coliformes Termotolerantes en el primer y segundo muestreo (1999 – 2007) (Datos Promedio).

Durante el monitoreo se han registrado altos valores de Coliformes totales de 73.000.000 NMP/100 ml y 2.400.000 NMP/100 ml de Coliformes termotolerantes como efecto de las diferentes descargas que aportan los ríos *San Juan, Naya, Anchicaya, Dagua, Potedó y Raposo.*, así como las diversas quebradas que desembocan a lo largo de la costa y las poblaciones costeras como Buenaventura, el Choncho, Puerto España, Juanchaco, Ladrilleros, el Tigre, la Bocana, la Playita, Punta Soldado, Calle Honda, Boca Mallorquín y el Pital (Tabla 5.4-2).

Tabla 5.4-2. Resumen Estadístico de Coliformes totales y termotolerantes en aguas del Valle del Cauca.

Parámetro	Coliformes termotolerantes - CTE	Coliformes totales - CTT
Máx.	2400000	73000000
Mín.	2	4
Prom.	23278	294119
Mediana	430	2400
STDDV	169414	3993249
num.	765	765

Las estaciones que presentan los mayores valores de Coliformes totales en el segundo muestreo de 2006 la 200 y 213 en la Bahía de Buenaventura ambas con 24.000 NMP / 100 ml; mientras que para el 2007 estas mismas presentan una concentración de 240.000 NMP/ 100 ml valores que sobrepasan el límite establecido en el decreto 1594 de 1984 (5000 NMP CTT/100 mL) para aguas destinadas a contacto secundario.

Históricamente, las estaciones BNV 200 y los ríos *Anchicayá* y *Raposo*, han presentado concentraciones elevadas de *Coliformes totales* como consecuencia de los vertimientos de aguas servidas y desechos orgánicos de las poblaciones ribereñas y urbanas. De esta forma, en el periodo 1999 - 2007 la estación BNV 200 presenta fluctuaciones en las concentraciones de CTT, observando los mayores niveles durante el primer muestreo de cada año y un valor máximo de 2.400.000 NMP / 100 ml en el año 2007. El *Río Anchicayá* en el mismo periodo, presenta un máximo de 240.000 NMP / 100 ml (primer muestreo de 2001) y *Río Raposo* con 24.000 NMP / 100 ml, en el primer muestreo de 2001 y 2002 (Figura 5.4-5).

La Figura 5.4-6 muestra que en el segundo muestreo de 2006 las playas Frente al Muelle Juanchaco con 660 NMP/100 ml y Diagonal al Hotel Palm View y Frente a Cabaña Amarilla con 240 NMP/100 ml cada una sobrepasan los límites establecidos por Colombia; mientras que para el primer muestreo de 2007 las playas que exceden este límite son , las playas frente a cabaña a Carvajal (1.100 NMP/100 ml), Diagonal al Hotel Palm View (750 NMP/100 ml) y Frente a Cabaña Amarilla, Frente al Hotel Medellín y frente al Muelle Bocana (660 NMP/100 ml), debido a la influencia de los poblados de la Bocana, Juanchaco y Ladrilleros.

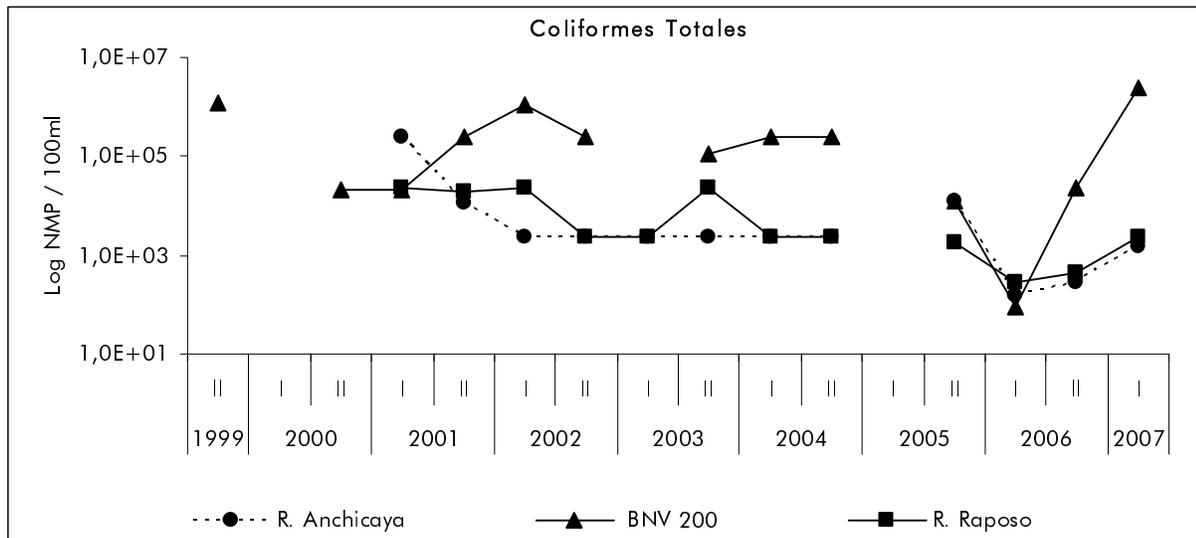


Figura 5.4-5. Tendencia de Coliformes totales en el primer (I) y segundo (II) muestreo (1999 – 2007).

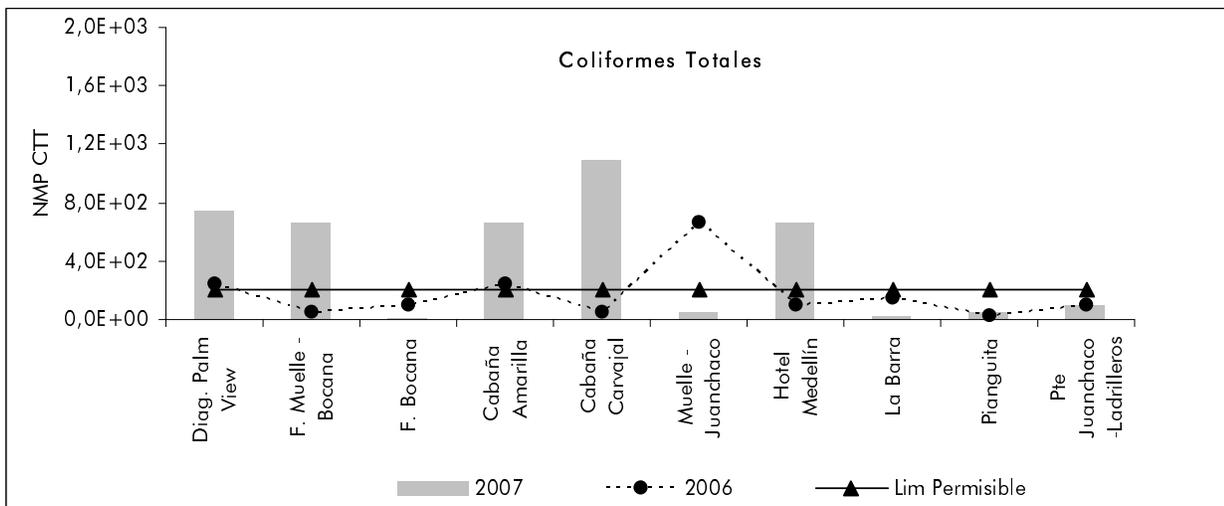


Figura 5.4-6. Coliformes termotolerantes en aguas de contacto primario en el segundo muestreo de 2006 y primero de 2007.

5.4.5 Conclusiones

Es probable que la zona costera del departamento del Valle del Cauca se encuentre en riesgo por las descargas de nutrientes que presenta. La existencia de actividades agropecuarias que están generando desechos y que se vierten en los cuerpos de agua cercanos a la zona costera, tiene un efecto sobre la calidad de las mismas, que pudieran ser en algún momento críticas para el desarrollo de las especies acuáticas. Los niveles de concertación indican que existen

actividades que propician la producción y tributación de nutrientes inorgánicos al océano, en cantidades importantes.

El impacto por hidrocarburos históricamente ha sido crónico y en algunas ocasiones altos, su presencia es el resultado del inadecuado manejo de combustibles utilizados en las embarcaciones, provocando en la bahía de Buenaventura concentraciones que superan el valor de referencia de 10 µg/L; situación favorecida por la actividad marítima del más importante puerto sobre el Pacífico y las descargas de algunos ríos como el Anchicayá, el Dagua y el Potodo que cruzan algunas poblaciones. En la actualidad las concentraciones son más bajas, pero en ocasiones superan los 5 µg/L en la bahía y en los afluentes que desembocan en ella, lo que pudiera traer efectos crónicos en el futuro.

El sector con mayor impacto por Coliformes totales y termotolerantes en el departamento del Valle del Cauca se encuentra ubicado en la Bahía de Buenaventura desde el año 1999 hasta la fecha, como efecto de los residuos que genera su población, especialmente desperdicios orgánicos y aguas residuales, además de los contaminantes provenientes de las actividades portuarias, pesqueras y madereras.

Las playas que sobrepasan el límite para contacto primario para el segundo muestreo de 2006 las playas Frente al Muelle Juanchaco, Diagonal al Hotel Palm View y Frente a Cabaña Amarilla; mientras que para el primer muestreo de 2007 las playas que exceden este límite son , las playas frente a cabaña a Carvajal, Diagonal al Hotel Palm View, Frente a Cabaña Amarilla, Frente al Hotel Medellín y frente al Muelle Bocana.

CAUCA



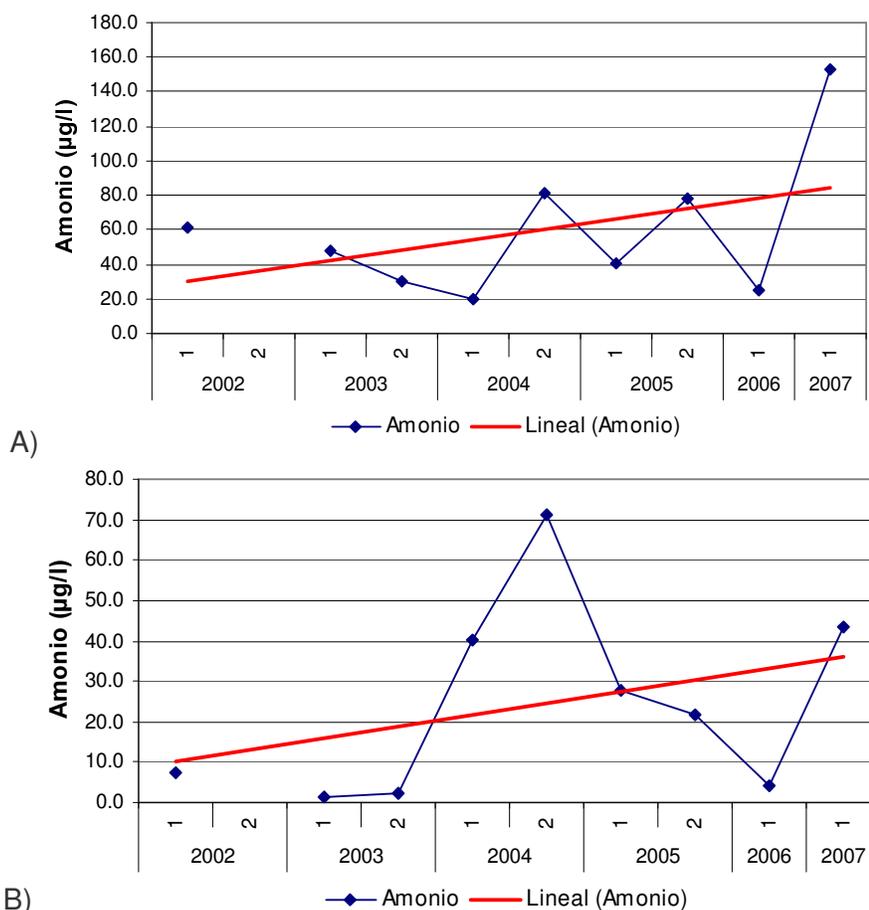


Figura 5.5-2. Variación y tendencia lineal de amonio en (A) Río Jella y (B) Playa Almejal.

Ortofosfato: El valor más alto de fósforo inorgánico disuelto se registró en la estación del *Río Guajui* (42.3 µg/L) y en la estación *Frente a Río Guajui* (10.2 µg/L). El Río Guajui es una fuente clara de iones fosfatos a la zona costera, sin embargo, por el factor de dilución (4 a 1), aun el sistema es capaz de generar una disminución del impacto. Se recomienda buscar cuenca arriba las causas de estos valores y si es posible disminuirlos. El monitoreo en el Cauca ha presentado valores históricos cercanos a 100 µg/L de fósforo inorgánico y su tendencia en estaciones críticas es a disminuir (estación frente al *Río Timbiquí*).

Sólidos en suspensión: Para el 2007, el registro más alto fue de 64.2 mg/L medido en la estación *Azufrada en Gorgona* y el segundo *Frente a la desembocadura del Río Timbiquí* (53.2 mg/L). Los sólidos suspendidos presentan tendencia al aumento, especialmente en el *Río Micay* con 45 mg/L promedio, considerado un nivel aceptable en aguas costeras.

Oxígeno disuelto: La estación con menor concentración de oxígeno fue el *Río Guajui* (4.8 mg/L) y la mayor fue *Norte del Horno en Gorgona* (8.1 mg/L). Los niveles de oxígeno medidos implican buenas condiciones de oxigenación en las aguas costeras del departamento, pero se debe analizar mejor las aguas de los ríos que tributan en la zona costera del departamento, por la influencia de materia orgánica sobre las aguas marino-costeras.

Los otros parámetros fisicoquímicos, se encontraron dentro de los rangos normales para las aguas del departamento; el pH entre 5.28 (*Río Bubuey* la Trinidad) y 8.34, la salinidad entre 0 y 25.4; la temperatura entre 24.8 y 27.9 °C (INVEMAR, 2007b).

Los resúmenes estadísticos, mapas de distribución y tendencias de parámetros en las estaciones del departamento se pueden consultar en Internet: http://www.invemar.org.co/consul_estadisticas.jsp y <http://lsi-sig-04.invemar.org.co/website/cauca/viewer.htm>.

El Cauca, tiene servicios públicos de agua potable y alcantarillado, con una cobertura media de 65.98 % en acueducto y 44.18 % en alcantarillado (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2006), registrando una población de 68.874 habitantes en los municipios costeros (Guapi, Timbiquí y López de Micay; Steer *et al.*, 1997), según el censo de 2005; significa que algo más de 38.000 personas carecen de servicio de alcantarillado.

5.5.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

Hidrocarburos

Algunos estudios sobre contaminación por hidrocarburos (HC) en sedimentos y organismos (bivalvos) realizados por el CCCP, en el municipio de Guapi, hallaron concentraciones del mismo orden que las registradas en Buenaventura y Tumaco manifestando un impacto por este tipo de compuestos (Casanova y Calero, 1997). Una síntesis de los resultados del Proyecto REDCAM en la zona costera del departamento se presenta a continuación:

2001: Los resultados muestran que en el primer muestreo se presentan valores de hasta 31.8 µg/L de HDD (*Río Guapi*), sobrepasando el nivel establecido como norma de 10 µg/L (UNESCO, 1984; Atwood *et al.*, 1988). En la segunda mitad del año las concentraciones disminuyen ostensiblemente a valores inferiores a 1.1 µg/L a excepción de la estación *Río Guapi* que alcanzó 8.59 µg/L.

2002: En el primer muestreo se encontró un valor máximo de 2.21 µg/L (*Río Guajui*) y en el segundo todas las estaciones presentaron registros inferiores a 1.05 µg/L.

2003: Las concentraciones aumentaron ligeramente en el primer muestreo en un rango de 0.17 –1.65 µg/L (Fte. *Río Saija*) y en el segundo vuelven a ser inferiores, dentro de un rango de 0.2 –0.8 µg/L.

2004: El máximo valor en el primer monitoreo se encontró *Frente al río Guajui* (3.96 µg/L), sin embargo, en las demás estaciones las concentraciones son inferiores a 1.0 µg/L. En el segundo monitoreo las concentraciones son en promedio menores, registrándose un máximo de 1.89 µg/L *Frente al Río Micay*. En septiembre de 2004 se monitorearon cuatro estaciones en Isla Gorgona, los valores fueron inferiores a 1.0 µg/L, lo cual supone poco impacto por la liberación de estas sustancias desde el continente y coincidente con los registros históricos documentados por el CCCP.

2005: Las concentraciones obtenidas en el primer muestreo fueron inferiores a 0.5 µg/L, manteniéndose la tendencia a disminuir desde el 2001. En el segundo muestreo las concentraciones en promedio fueron ligeramente más altas 0.34 µg/L y la concentración máxima fue de 1,34 µg/L en el *Río Guapi*.

2006: Las concentraciones aumentaron para este muestreo con relación al anterior, en la zona costera los valores mas altos siguen hallándose en el sector sur (*río Saija*: 1,37 µg/L). En la isla Gorgona las concentraciones halladas estuvieron entre 2 -3 µg/L, superiores con relación a la zona costera del departamento lo cual indica que ejercen más impacto las actividades en torno a la isla, tales como la pesca y el movimiento marítimo, que el efecto de las actividades continentales. En el segundo muestreo las concentraciones fueron igualmente bajas no superando los 1.65 µg/L hallado en la estación del *río Guapi*

2007: Las concentraciones registradas no sobrepasan 1.0 µg/L a excepción de la registrada en el *Río Saija* de 3.03 µg/L en el primer muestreo (Figura 5.5-3).

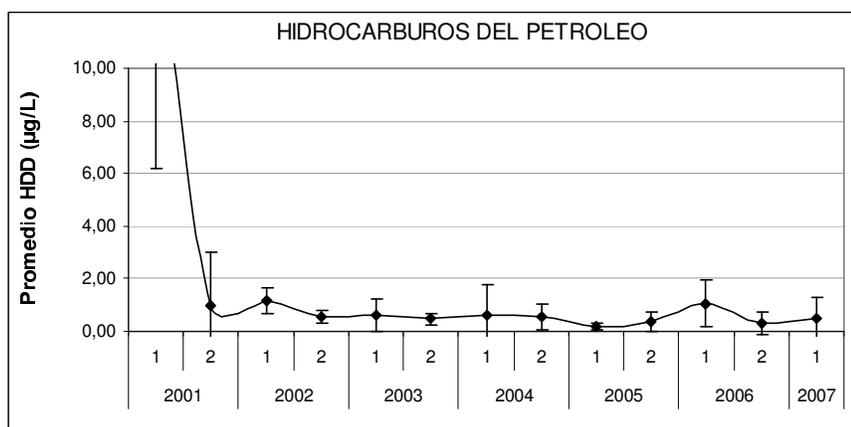


Figura 5.5-3. Comportamiento histórico de hidrocarburos en aguas costeras de Cauca.

Al igual que los plaguicidas la principal fuente de estos compuestos al medio marino la constituyen las escorrentías de ríos que atraviesan poblaciones. En el área de Guapi, se evidencia el impacto por residuos de HC como consecuencia de la actividad humana, las escorrentías del mismo río y la movilización marítima de cabotaje como tensores locales.

Actividades como el transporte marítimo de cabotaje, las lanchas para el transporte de personas y alimentos, y los buques pesqueros que no están bajo el control del Convenio MARPOL, se convierten en fuentes importantes de residuos oleosos eliminados en la zona costera y marina del departamento, especialmente aguas de sentinas y residuos de aceites lubricantes. En los últimos años con la aparición de cultivos ilícitos se ha estimulado el tráfico de combustible y el uso de sustancias químicas como ácidos, para ser utilizado en el procesamiento de alcaloides; y finalmente estos residuos son eliminados al ambiente. Adicional a esto, para la producción del clorhidrato de cocaína a partir de la producción de una hectárea de cultivo de coca, son necesarios unos 57 gal de insumos líquidos cuyos residuos terminan en los cuerpos de agua (CRC, 2002).

Por las mismas características de las actividades que generan estos residuos, su presencia no es constante y las concentraciones altas que se encuentran en ciertos momentos obedecen a condiciones puntuales. Los resultados también muestran que las mayores concentraciones se han presentado en el sector sur del departamento (promedio 2.2 µg/L, Tabla 5.5-1), coincidiendo con lo antes mencionado. No obstante, desde el 2002 los registros son muy inferiores al valor de referencia (10 µg/L), sin embargo, los afluentes como los ríos Guapi, Guajui y Saija son los que más vertimientos de hidrocarburos reciben, mientras que en las estaciones del sector norte los riesgos de contaminación son inferiores.

Tabla 5.5-1. Resumen estadístico de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de Cauca.

Parámetro	Sector Norte		Isla Gorgona		Sector Sur	
	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)
Máx.	3,03	15,60	3,44	1,11	31,80	94,00
Mín.	0,07	0,03	0,17	0,03	0,08	0,03
Prom.	0,54	2,79	1,20	0,34	2,18	5,84
Mediana	0,35	0,60	0,57	0,12	0,39	0,60
STDDV	0,54	4,24	1,36	0,52	5,47	16,15
num.	65	40	6	4	70	50

Plaguicidas

Los estudios adelantados sobre contaminación por plaguicidas organoclorados datan de 1992 y 1995, realizados por el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP), en el municipio de Guapi, determinaron valores promedios de 19.24 y 87.28 ng/g en sedimentos y organismos (bivalvos) respectivamente (Casanova, 1996). Los valores 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 contaminantes químicos, hidrocarburos y plaguicidas, se encuentran localizados en la zona costera de Guapi, especialmente para la época seca. Se han registrado valores de 94 ng/L de OC, sobrepasando los niveles de alerta para plaguicidas (30 ng/L, Marin 2002). Estas concentraciones son altas si las asociamos al escaso desarrollo agrícola y la poca población costera del departamento (DANE, 2002).

2001: Sorprenden las concentraciones altas de OC registradas, en sitios como la desembocadura del río *Guajui* (94.0 ng/L), y la influencia de algunos ríos del norte de Nariño que desembocan en esta región (como el Tapaje con 75.2 ng/L). Que contrastan con el poco desarrollo de la región, revelando el hecho de que aunque son pocas, las actividades que se realizan causan un gran impacto.

2002: Los resultados del primer muestreo muestran un valor máximo de OC de 15,6 ng/L en el *Río Micay*, en el segundo esta estación presentó el registro más alto de 6,0 ng/L.

2003: Se encontró una disminución evidente de las concentraciones en el primer muestreo (Figura 5.5-4), sólo un valor máximo de 4.1 ng/L en el *Río Guapi*. En el segundo muestreo los valores de OC fueron más altos y se reportó un máximo de 14.0 ng/L en el *Río Guapi*.

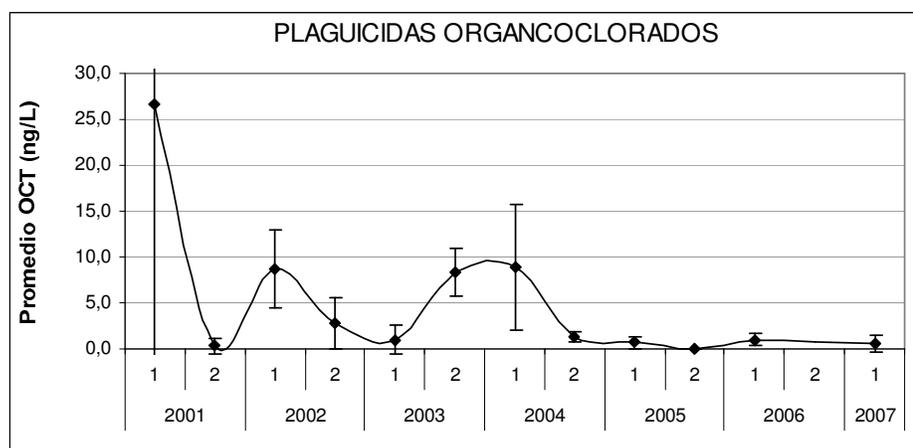


Figura 5.5-4. Comportamiento histórico de organoclorados en las aguas costeras

2004: Los registros para el primer muestreo mantienen el mismo orden de magnitud encontrado en el monitoreo anterior, los valores máximos continúan presentándose en los ríos del sector sur, los ríos *Guajui* y *Timbiqui* con valores de 18.5 y 14.9 ng/L respectivamente. Las concentraciones en el segundo muestreo son inferiores (< 2.0 ng/L), pero se detectó la presencia de trazas en todas las muestras analizadas.

2005: En el primer muestreo se mantienen las concentraciones bajas con un valor máximo de 1.9 ng/L en el *Río Timbiquí*; y aún no se observa una tendencia clara en el escurrimiento de plaguicidas al medio marino. En el segundo muestreo no se detectaron compuestos OC con la técnica analítica usada.

2006: Nuevamente para el primer muestreo se detectan trazas de OC en las aguas costeras del departamento indicando un ligero aumento (promedio: 1.01 ng/L) sin significar riesgos de contaminación para el medio, el valor más alto se registró en el *río Micay* 2,0 ng/L.

2007: Las concentraciones de OC siguen la tendencia descendente mostrada desde el 2004 el valor más alto registrado fue de 2.46 ng/L (*frente al río Timbiquí*), el cual es muy inferior al valor de referencia adoptado. Los compuestos más hallados siguen siendo los metabolitos del DDT debido a su mayor persistencia.

El desarrollo agrícola en la llanura Pacífica caucana es incipiente, por lo que es sorprendente algunas de las concentraciones (> 30 ng/L) medidas al inicio del proyecto, esto supone que entraron al medio por otras actividades diferentes a la agricultura; como las campañas contra la malaria o la inmunización de la madera. La colonización de la llanura pacífica puede ser otra fuente de estos compuestos, debido a las actividades como la tala de bosques y la actividad maderera derivadas de la colonización. Otra fuente potencial de plaguicidas al medio la constituyen los cultivos ilícitos; en los últimos años, el desplazamiento de cultivadores provenientes de los departamentos de Meta y Putumayo, se ha convertido en un nuevo tensor

para los ecosistemas de la llanura Pacífica. Los cultivadores en su afán de obtener la mayor producción posible de hoja acuden a la introducción de bioestimulantes, abonos y plaguicidas para el control de plagas y malezas (MMA/PNUMA/UCR/CAR, 2000).

Los ríos Guajui, Guapi y Timbiquí son los que más escurren plaguicidas hacia el océano, mientras que en las estaciones del sector norte los riesgos de contaminación son menores. En el sector sur se presentan las concentraciones más elevadas de OC con una concentración promedio de 5.8 ng/L, aproximadamente el doble del sector norte (Tabla 5.5-1). 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. Estadísticamente por medio de una prueba t se encontró diferencia significativa ($P_{(T \leq t)} = 0,002$, datos transformados $\sqrt{\quad}$) entre los registros medidos al inicio del proyecto (2002 – 2004) época en los cuales se hallaron los niveles mas altos; y los determinados en la actualidad (2004 -2007).

5.5.4 Contaminación Microbiológica

El litoral del Cauca se encuentra afectado en cuanto a indicadores de contaminación fecal, principalmente por las descargas de aguas domésticas de los municipios costeros de Timbiquí, López de Micay y Guapi; siendo éste último la mayor fuente de Coliformes termotolerantes a la zona costera por las aguas servidas, lixiviados de basureros y residuos orgánicos de la industria pesquera, sumado al hecho que el 81% de la población carece de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales (INVEMAR, 2001).

El análisis microbiológico muestra una tendencia descendente desde principios de 2003, luego de un promedio elevado de 20.744 NMP Cf/100 ml durante la época seca y húmeda de 2002; posiblemente estos incrementos estuvieron asociados con la acentuación de las condiciones climáticas de la región en este año, que conllevó a un arrastre de las concentraciones puntuales de Cf relacionadas con los vertimientos de todos las poblaciones costeras de la zona, que aportan alrededor del 64% de los residuos domésticos a la cuenca del Pacífico (Figura 5.5-5).

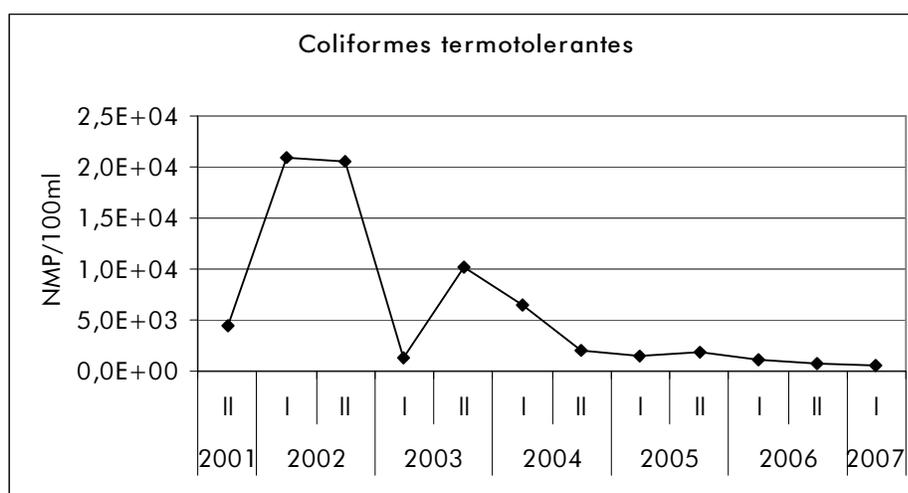


Figura 5.5-5. Tendencia de Coliformes termotolerantes en el primer y segundo muestreo (2001 – 2007) Datos Promedio.

Como lo muestra la Tabla 5.5-2, durante los siete años de monitoreo se han registrado valores máximos de Coliformes totales de 280.000 NMP/100 ml y de Coliformes termotolerantes de 160.000 NMP/100 ml como efecto de las diferentes descargas que aportan los ríos Guapi, Micay, Bubuey, Guajui, Timbiquí y Saija que desembocan en el litoral y las poblaciones de Limones, San Antonio de Guajú, Santa María, Puerto Saija, La Trinidad, Camarones, Noanamito, Chuare y Punta el Coco entre otros.

Tabla 5.5-2. Estadísticas de Coliformes totales y termotolerantes en aguas del Cauca

Parámetro	Coliformes termotolerantes - CTE	Coliformes totales - CTT
Máx.	160000	280000
Mín.	2	2
Prom.	5427	13130
Mediana	700	3000
STDDV	17467	35125
num.	131	131

Las estaciones del departamento que presentaron los mayores aportes en el segundo muestreo del 2006 de Coliformes totales en orden descendente son: *Río Micay* (7.000 NMP / 100 ml), *Río Guapi* y *Río Saija* (5.000 NMP / 100 ml). En el primer muestreo de 2007 el *Río Guapi* (92.000 NMP/ 100 ml), *Río Bubuey* (7.900 NMP/ 100 ml) y el *Río Micay* (7.000 NMP/ 100 ml); valores que sobrepasan el límite (5000 NMP CTT/100 mL) para aguas destinadas a contacto secundario según MINSALUD (1984). Históricamente, los ríos *Guapi*, *Saija*, *Timbiquí* y *Micay*, han presentado concentraciones elevadas de Coliformes totales como consecuencia de los vertimientos de aguas servidas y desechos orgánicos de las poblaciones ribereñas de Guapi, Timbiquí, Lopez de Micay Limones, San Antonio de Guajui, El Carmelo, Balsitas, la Trinidad, Santa Ana, Guayabal, Puerto Saija, Camarones, Chacón, Punta el Coco y el Atajo.

En el periodo 2001 - 2007 el *Río Guapi* presenta fluctuaciones temporales de CTT y un valor máximo de 92.000 NMP / 100 ml en el 2007; mientras las estaciones de los ríos *Micay*, *Saija* y *Timbiquí* en el 2002 presentaron un máximo de CTT de 280.000, 240.000 y 50.000 NMP / 100 ml respectivamente (Figura 5.5-6).

La evaluación de la calidad de las playas se realiza teniendo como base los lineamientos de la legislación colombiana (200 NMP CTE/100 ml) y de la Organización Mundial de la Salud - OMS (40 UFC Enterococos /100 ml) para aguas de contacto primario. Así, durante el segundo muestreo de 2006 y el 2007 las playas ubicadas en Isla Gorgona no sobrepasan los límites, por lo cual se encuentran aptas para baño. En el segundo muestreo de 2006 la estación *Norte Horno Gorgona* con 61 UFC / 100 ml y en el primer muestreo de 2007 el *Planchón Emisario Gorgona* con 45 UFC / 100 ml, no fueron aptas para las actividades de recreación y turismo.

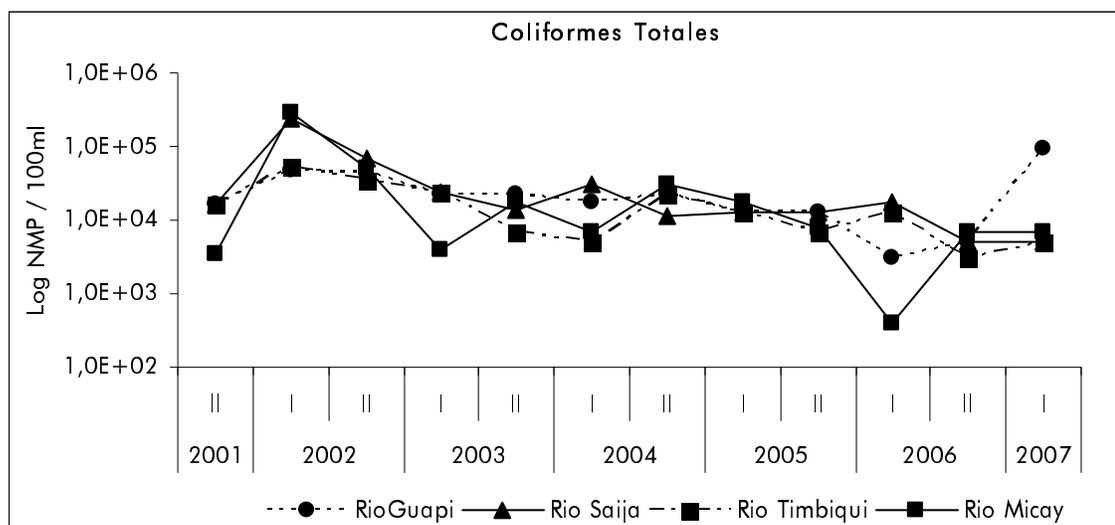


Figura 5.5-6. Tendencia de Coliformes totales en el primer (I) y segundo (II) muestreo (2001 – 2007).

5.5.5 Conclusiones

La zona costera del departamento del Cauca, presenta un tendencia (aunque baja en la actualidad), hacia el riesgo ambiental de sus aguas, por las descargas de nutrientes y sólidos que presenta. Es probable que existan actividades agropecuarias y mineras estén generando desechos que se están ubicando en los cuerpos de agua. Incluso es posible que la descarga de sedimentos pueda estar cambiando la geología de los esteros de manera más rápida de lo esperado.

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, el impacto por organoclorados e hidrocarburos es mayor en el sector sur, los ríos Guapi y Guajui son los que más vertimientos de hidrocarburos reciben; y en este sector se encuentran algunas poblaciones de importancia (Guapi y Timbiquí), razón por la cual se evidencia la presencia de HC y OC, como consecuencia de la actividad humana, las escorrentías de agroquímicos y la movilización de lanchas y embarcaciones de cabotaje como tensores locales. Mientras que en las estaciones del sector norte los riesgos de contaminación son inferiores.

Desde el 2004 se observa una ostensible reducción en la introducción de compuestos clorados al medio marino, y su presencia en la actualidad supone que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aun se encuentran en el medio debido a su persistencia.

Los ríos Guapi, Micay, Timbiqui y Saija, a través del tiempo aportan las mayores concentraciones de CTT y CTE, debido a la descarga directa de aguas servidas y desechos orgánicos que realizan las poblaciones ribereñas.

Para el segundo muestreo de 2006 y primero del 2007 las playas ubicadas en la Isla Gorgona se encontraron aptas para las actividades de contacto primario y secundario, según los límites establecidos por la legislación colombiana.

NARIÑO



Panorámica de Tumaco



Tumaco. Foto: Marcela Caviedes

traduce en mejoras para la protección de los recursos que cada día parecen agotarse o estar en mayor riesgo (Garay-Tinoco *et al.*, 2006)

Nitrato: La concentración más alta fue registrada en la playa *El Morro* (473.2 $\mu\text{g/L}$), posiblemente se trate de un vertimiento puntual, ya que en años anteriores fue uno de los sitios con concentraciones bajas. La segunda estación de mayor concentración fue la Bocana de la *Ensenada de Tumaco* con 213 $\mu\text{g/L}$. Se considera que estos valores están por encima del rango en este tipo de aguas con influencia continental. Históricamente, el nitrato en estas aguas costeras ha presentado variaciones según la temporada, pero su tendencia se mantiene en 50 $\mu\text{g/L}$ promedio.

Ortofosfato: En el 2007, los valores más altos se registraron en el *Estero Chanzará (La Harinera)* 130.7 $\mu\text{g/L}$ y el *Frente del Río Iscuandé* (28.7 $\mu\text{g/L}$). La estación de Chanzará, debe ser monitoreada con una mayor frecuencia, de manera que se puedan conocer las causas de los valores altos de nutrientes inorgánicos.

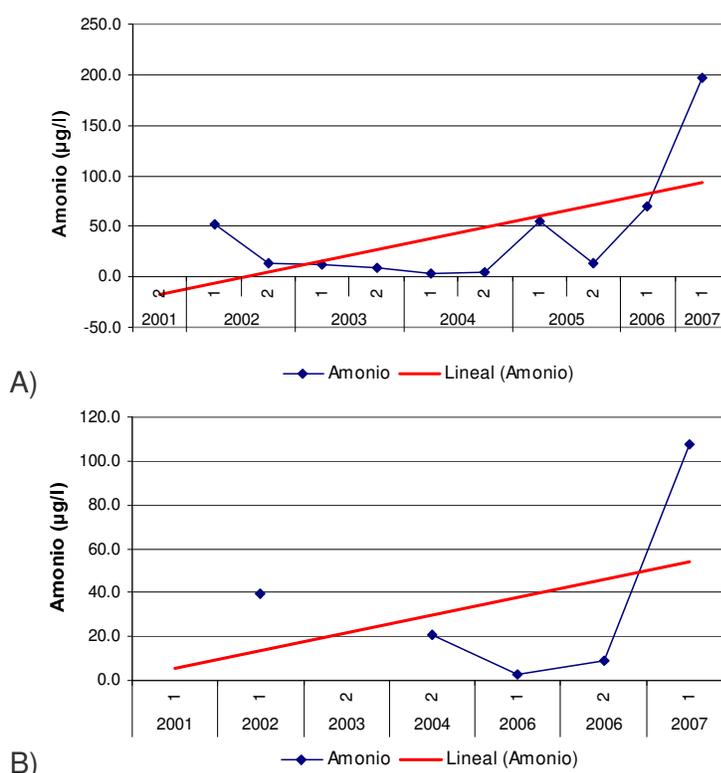


Figura 5.6-2. Variación y tendencia lineal de amonio en (A) Estero Chanzará y (B) Río Chagui.

Sólidos en suspensión: 91 mg/L en río Mira y 64.4 mg/L en Estero Chanzará fueron los valores más altos medidos en el primer muestreo del 2007. Históricamente las aguas costeras han presentado en promedio (50 mg/L) una tendencia estable de sólidos en suspensión; lo que es considerado un nivel aceptable al evaluar el aporte que realizan todos los ríos.

Oxígeno disuelto: La estación que presentó menor concentración de oxígeno fue *Río Rosario* (4.6 mg/L) y el máximo la estación *Playa El Morro* (7.5 mg/L), en el primer muestreo del 2007. Este rango de oxígeno disuelto muestra buenas condiciones de oxigenación en las aguas

costeras del departamento, pero se recomienda una inspección de las fuentes de contaminación en *Playa El Morro*.

Parámetros fisicoquímicos, como salinidad, pH y temperatura se encontraron dentro de los rangos normales; el pH entre 6.91 y 8.37, la salinidad entre 0 y 30.9 y la temperatura entre 24.2 y 29.2 °C (INVEMAR, 2007b).

Los resúmenes estadísticos, mapas de distribución y tendencias de otros parámetros en las estaciones del departamento de Nariño se pueden consultar en las siguientes direcciones de Internet: http://www.invemar.org.co/consul_estadisticas.jsp y <http://lsi-sig-04.invemar.org.co/website/narino/viewer.htm> respectivamente.

Nariño tiene servicios públicos de agua potable y alcantarillado, con una cobertura media de 70.87 % en acueducto y 46.94 % en alcantarillado (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2006), registrando una población de 251.482 habitantes en los municipios costeros (Tumaco, El Charco, Francisco Pizarro, Olaya Herrera y Santa Bárbara; Steer *et al.*, 1997), según el censo de 2005; significa que algo más de 133.400 personas carecen de servicio de alcantarillado y que por lo tanto disponen de sus aguas residuales, en los cuerpos de agua en la zona costera del departamento.

5.6.3 Hidrocarburos y Plaguicidas Organoclorados

Hidrocarburos

Después del Valle del Cauca, la zona costera de Nariño es la más habitada sobre la llanura 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. Aumentando 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 ECOPEPETROL; han servido para definir rangos entre 0.688 a 3.696 µg/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 $\mu\text{g/g}$) superan ampliamente el valor de referencia establecido por la NOAA (1990) de 3.9 $\mu\text{g/g}$ como “concentración alta” en sedimentos.

Comparando los anteriores resultados con estudios previos se determinó que al interior de la Bahía de Tumaco la contaminación por HC ha aumentado y ha afectado algunos recursos hidrobiológicos (bivalvos, 2.09 -75, 9 $\mu\text{g/g}$) de la zona, que son utilizados para el consumo local de la población. A continuación se presenta una síntesis de los resultados de hidrocarburos en aguas obtenidos desde el inicio del proyecto.

2001: la contaminación por HC parece concentrarse principalmente en el sector sur del departamento, aguas arriba de los ríos *Mira* y *Mataje*, en los resultados del 2001 se encontraron concentraciones de 21 y 11 $\mu\text{g/L}$ para los ríos Mataje y Mira respectivamente, durante la época de transición, superando el nivel máximo permisible de 10 $\mu\text{g/L}$ (UNESCO, 1984, Atwood *et al.*, 1988). En el segundo periodo del año, estos valores se reducen significativamente por debajo 3 $\mu\text{g/L}$, debido a procesos de dilución por aumento del caudal de los ríos. Históricamente en las demás estaciones los niveles varían por debajo de 1 $\mu\text{g/L}$ durante ambos muestreos del año.

2002: En el primer muestreo el valor máximo fue de 1.89 $\mu\text{g/L}$ (estación *Frente Río Mataje*), en el segundo muestreo todas las concentraciones fueron inferiores a 0.70 $\mu\text{g/L}$ (*Harinera – Chanzará*).

2003: Los niveles encontrados no superaron un máximo de 1.96 $\mu\text{g/L}$, registrado en la desembocadura del *Río Iscuande*. En los dos muestreos las concentraciones fueron bajas con un promedio general de 0.68 $\mu\text{g/L}$ para el año.

2004: Los registros de HC aumentaron ligeramente, sin superar un máximo de 3.25 $\mu\text{g/L}$ (*Río Mira*). En el segundo muestreo las concentraciones aumentaron, registrándose los valores más altos en la Ensenada de Tumaco (5.87 $\mu\text{g/L}$ *Frente a Ríos*) y en el *Río Mira* (2.55 $\mu\text{g/L}$)

2005: En el primer monitoreo las estaciones presentan un valor máximo de 1.48 $\mu\text{g/L}$ en el *Río Iscuande* disminuyendo con relación al muestreo anterior. En el segundo muestreo las concentraciones de HC mucho mas bajas no superando el valor de 0.37 $\mu\text{g/L}$ registrado en *Salahonda brazo Patia*

2006: Durante el primer muestreo de este año las concentraciones siguen por debajo de 1.0 $\mu\text{g/L}$ lo cual indica un nivel de riesgo mínimo, el valor más alto fue hallado en la estación *Río Mira* (0.99 $\mu\text{g/L}$). Sin embargo en el segundo muestreo las concentraciones fueron en promedio mas altas, e incluso en la estación *Playa Mosquera* (9,11 $\mu\text{g/L}$) la concentración fue muy cercana al valor de referencia (10 $\mu\text{g/L}$). Otra sitio que presento un nivel de riesgo medio por contaminación de HC durante el segundo muestreo fue la estación *Frente a ríos* (5.96 $\mu\text{g/L}$).

2007: En este monitoreo las concentraciones vuelve a descender por debajo de 1.0 $\mu\text{g/L}$ a excepción de la estación *Río Mira* (1.49 $\mu\text{g/L}$), manteniendo la tendencia que han seguido desde el 2001, la cual ha sido a disminuir (Figura 5.6-3).

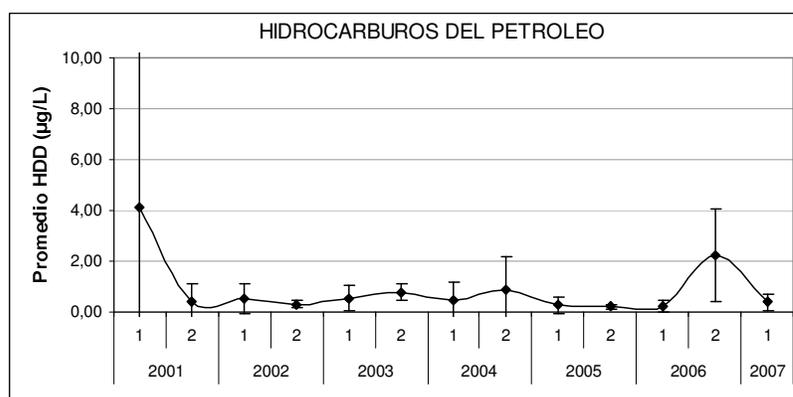


Figura 5.6-3. Comportamiento histórico de hidrocarburos en aguas costeras de Nariño.

De la anterior descripción se destaca que las concentraciones más altas se han presentado en los ríos, principalmente, Mira y Mataje precisamente por las actividades que se desarrollan en sus cuencas, la presencia de pequeñas poblaciones agrícolas, el tráfico de lanchas; el mantenimiento de motores en las riveras de los ríos, y el funcionamiento de surtidores de combustibles en las orillas de los cursos de agua, se suma a esto que algunos de sus afluentes reciben descargas residuales de ciudades del Ecuador. En el sector norte (Tabla 5.6-1) también se han registrado algunas concentraciones altas pero no focalizadas (Estaciones como río *Iscuande*, *playa Mosquera*, *Harinera*).

Por las mismas características de las actividades que generan estos residuos, su presencia no es constante y en ciertos momentos se registran concentraciones altas que obedecen a condiciones puntuales, lo que hace pertinente mantener el monitoreo de HDD. Adicionalmente, los análisis realizados en sedimentos muestran efectos que no son visualizados en el análisis de aguas, debido al carácter hidrofóbico de estos compuestos señalando la importancia de extender en un futuro el análisis a otras matrices ambientales.

Tabla 5.6-1. Resumen estadístico de Hidrocarburos aromáticos y organoclorados en aguas de Nariño

Parámetro	Sector Norte		Ensenada de Tumaco		Sector Sur	
	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)	HDD (µg/L)	OCT (ng/L)
Máx.	33,70	75,20	5,21	9,00	21,24	78,70
Mín.	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
Prom.	1,54	7,87	0,60	2,50	1,06	5,02
Mediana	0,30	0,70	0,31	0,03	0,33	1,10
STDDV	4,57	17,02	0,79	3,48	2,56	10,09
num.	90,00	75,00	69,00	20,00	97,00	81,00

Plaguicidas

Los estudios sobre residuos de plaguicidas organoclorados (OC) en el departamento han sido abordados principalmente por el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP), dichos estudios presentaron valores promedio de 19.9 y 121.28 ng/g de OC en sedimentos y

organismos (bivalvos) respectivamente; valores considerados relativamente altos, y de magnitud comparable a los reportados en zonas marinas con mayor desarrollo agrícola en sus alrededores; Lo que supone concentraciones igualmente altas en aguas o recurrentes en el tiempo. Casanova (1996) mostró que los niveles más altos de compuestos OC detectados en sedimentos correspondían al metabolito del DDT: p,p'-DDE, lo que indica que este tipo de sustancias fueron usadas hace varios años. Los valores promedios para DDT y sus metabolitos en sedimentos oscilaron entre 2.17 y 13.36 ng/g durante los cinco monitoreos realizados, valores incluso más altos que los encontrados en Bolívar (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 30.000 ha de la cuenca baja del río Mira hasta los límites con el Ecuador; y los cultivos ilícitos, estas actividades demandan el uso continuo de agroquímicos y algunos ya prohibidos. En el procesamiento maderero (inmunización), también se emplearon grandes cantidades de aldrin, dieldrin, clordano, DDT y endosulfan antes de su prohibición en la década pasada, y no se descarta la posibilidad de que se sigan utilizando de forma ilegal. Igualmente existen actividades externas a la zona costera que impactan al medio marino, por ejemplo, a los Ríos Patía y Mira escurren corrientes que drenan los cultivos de papa de Túquerres, Pasto e Ipiales, uno de los principales productos agrícolas del departamento, y que más requiere el uso de agroquímicos (MMA/PNUMA/UCR/CAR, 2000). A continuación se presenta una descripción general de los resultados obtenidos con el proyecto REDCAM:

2001: Se hallaron algunas concentraciones que sobrepasan el nivel de referencia establecido para plaguicidas en aguas (30 ng/L, Marin 2002) en el norte del departamento (*Río Tapaje*, 75 ng/L y *río Iscuande*, 70 ng/L). En la época de transición los valores no sobrepasaron los 3 ng/L y en el último muestreo sólo la estación sobre el río La Tola presenta una concentración de 15.6 ng/L, el resto de las estaciones estudiadas presentan niveles inferiores a 10 ng/L. Los afluentes con el mayor aporte de plaguicidas son el río Mira, Mataje, Chagui y Mejicano. Debido a que en su recorrido atraviesan zonas agrícolas dedicadas al cultivo de palma africana, cacao y algunos cultivos ilícitos.

2002: Los resultados de los niveles de plaguicidas OC en aguas para el primer muestreo presentaron un nivel máximo de 17.2 ng/L en las aguas del *Río Mira*, resultado que es comprensible, por los factores anteriormente expuestos. En el análisis del segundo muestreo los valores registrados fueron mucho más altos, concentraciones de 23.7 y 16.3 ng/L en las estaciones ubicadas frente a los ríos que desembocan en la Ensenada y frente al *Río Mira* respectivamente, concentraciones que se consideran altas por estar cercanas al nivel de alerta para plaguicidas.

2003: Las concentraciones de OC bajaron significativamente, pero aún se detectan estos residuos en las aguas (Figura 5.6-4), nuevamente en el primer periodo del año se presentó el valor máximo en el *Río Mira* (4.0 ng/L). Durante el segundo periodo los valores registrados

aumentaron y en todas las estaciones las concentraciones fueron superiores a 10 ng/L excepto al frente del río *Patía* (2.5 ng/L), esta situación indica un aporte significativo de estas sustancias, a través de los ríos de la región, que coincide con los monitoreos hechos durante el segundo muestreo del año a lo largo de la llanura pacífica.

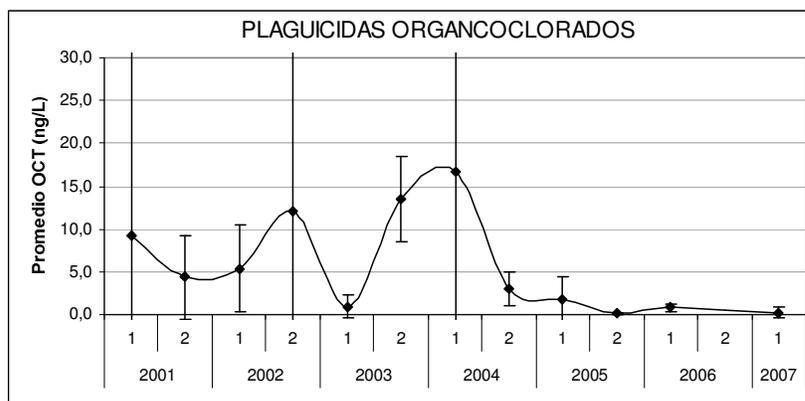


Figura 5.6-4. Comportamiento histórico de organoclorados en aguas costeras de Nariño

2004: En el primer muestreo las concentraciones aumentan registrándose valores máximos de 78.7 y 28.2 ng/L en las estaciones *Boca Ensenada de Tumaco*, *Playa Pasacaballos* respectivamente esta situación coincide con la temporada invernal que se presentaba en el departamento durante los días de monitoreo, que favorece el escurrimiento de estos residuos hacia el mar. Los OC de mayor aparición continúan siendo los residuos de DDT y sus isómeros y el endosulfan. En el monitoreo del segundo muestreo las concentraciones halladas disminuyeron significativamente los valores más altos fueron de 7.5 y 5.4 ng/L en las estaciones *Río Mataje* y *Playa Pasacaballos* respectivamente.

2005: Los resultados del primer muestreo muestran unas concentraciones muy similares a las del muestreo anterior con valores máximos en las estaciones *Frente a ríos* y *Río Rosario* en la ensenada de Tumaco (7.6 y 7.1 ng/L respectivamente) las concentraciones permanecieron casi invariables. En el segundo muestreo la mayoría de sitios no se detectaron residuos de OC, y en los que se detectaron no superaron 1 ng/L (máximo en *río Mataje*)

2006: En el primer muestreo se detectaron trazas de OC pero los valores no superaron 1.8 ng/L (*Playa Mosquera*). Se mantiene la tendencia desde el 2004 que es de disminución en el aporte de compuestos clorados.

2007: Las concentraciones de OC mantienen la tendencia descendente mostrada desde el 2004 y la concentración mas alta es solo de 2.2 ng/L determinada frente al *río Mira*.

En el sector norte la actividad agrícola es incipiente, lo cual contrasta con las altas concentraciones halladas en los primeros años del proyecto, esto supone que los residuos OC entraron al medio por otras actividades, además de la agricultura; ya sea en la inmunización de la madera o en el control de la malaria. En 1993, el ministerio de salud prohibió el uso de plaguicidas OC exceptuando el uso provisional del DDT hasta disponer de sustitutos. Sin embargo, Paez y Granada (1993), demostraron la utilización de endosulfan, aldrin y mirex en

los cultivos de palma africana, y DDT en la erradicación del mosquito trasmisor de la malaria, en varias poblaciones de los ríos Caunapí y Mira (Nariño).

Los valores altos en aguas (> 30 ng/L) recurrentes a lo largo del Pacífico Colombiano suponen un impacto significativo en la biota marina, como lo han demostrado los estudios realizados en organismos con alto valor comercial en la región y de amplio consumo, en los cuales se determinaron concentraciones de 107.6 y 60.8 ng/g de OC para Buenaventura y Tumaco respectivamente (Calero y Casanova, 1997). Esto indica que los pobladores están expuestos al riesgo de ingerir estos contaminantes, con todas las consecuencias que implica para la salud. En líneas generales, a través del periodo de estudio las estaciones con mayores contenidos de OC en sus aguas o que eventualmente han presentado las concentraciones más altas se localizan en la ensenada de Tumaco (estaciones *Frente a Ríos* y *Bocana Ensenada de Tumaco*), en el Norte del departamento el *Río Iscuande* y la estación *Playa Pasacaballos*; en esta última, debido a la influencia de los ríos Sanquianga y Satinga que desembocan muy cerca del sitio de muestreo.

La presencia de trazas de OC y su tendencia descendente supone que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aun se encuentran en el medio debido a su persistencia. Estadísticamente por medio de una prueba t se encontró diferencia significativa ($P_{(T \leq t)} = 0,006$, datos transformados $\sqrt{\quad}$) entre los registros medidos al inicio del proyecto (2002 – 2004) época en los cuales se hallaron los niveles mas altos; y los determinados en la actualidad (2004 -2007). Esto supone una contaminación baja por residuos OC en el sector norte entre Salahonda y Mosquera; y riesgo medio de contaminación en la Ensenada de Tumaco y el sector sur relacionado con los drenajes terrestres que allí desembocan.

5.6.4 Contaminación Microbiológica

La tendencia de los indicadores de contaminación fecal en los promedios de 2001 a 2007 mostró un pico en el 2002 y 2003 posiblemente atribuible a los vertimientos de los municipios costeros al mar. En el segundo muestreo de 2006 hay un aumento posiblemente por los tributarios que arrastran materia orgánica y favorecen la proliferación de bacterias (Figura 5.6-5). En la Tabla 5.6-2, se registran los valores máximos (240.000 NMP/100 ml), como efecto de las diferentes descargas que aportan los ríos *Mataje*, *Mira*, *Rosario*, *Chagüi*, *Mejicano*, *Patía* e *Iscuandé* que desembocan en el litoral.

Tabla 5.6-2. Resumen estadístico de Coliformes totales y termotolerantes en aguas de Nariño.

Parámetro	Coliformes termotolerantes - CFS	Coliformes totales - CTT
Máx.	240000	240000
Mín.	20	20
Prom.	7120	11461
Mediana	950	2300
num.	186	186

Las estaciones que presentaron para el 2006 los mayores aportes de Coliformes totales en orden descendente son: Los ríos *Colorado* y *Tablones* (160.000 NMP / 100 ml) y *Puente el Pindo* (8.000 NMP / 100 ml); mientras para el primer muestreo de 2007 fueron *Salahonda Brazo Patía* (17.000 NMP/ 100 ml) y *Frente a Sociedad Portuaria* (16.000 NMP/ 100 ml); estos

valores sobrepasan el límite establecido (5000 NMP CTT/100 mL) para aguas destinadas a contacto secundario según MINSALUD (1984); debido a que los principales municipios costeros y poblados se encuentran cercanos a sus cuencas y soporta el arrastre de diferentes vertidos domésticos y agroindustriales.

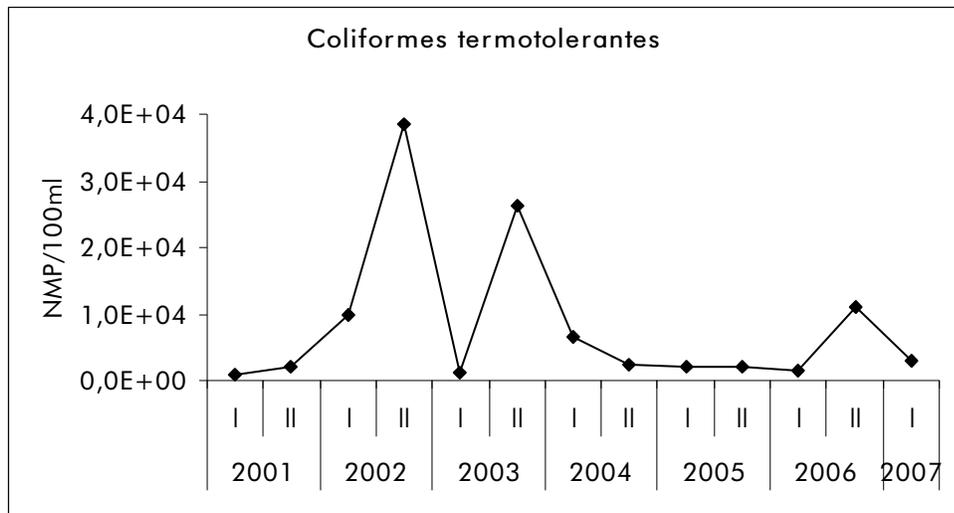


Figura 5.6-5. Tendencia de Coliformes termotolerantes en el primer y segundo muestreo (2001 – 2007) Datos Promedio

Los ríos *Mira*, *Mataje*, *Patia* e *Iscuande* históricamente, han presentado concentraciones elevadas de Coliformes totales tal vez, por los vertimientos de aguas servidas y desechos orgánicos de los municipios costeros de Tumaco, Francisco Pizarro, La Tola y San Bárbara de Iscuandé. De esta forma, en el periodo 2001 - 2007 río Mira presenta fluctuaciones en las concentraciones de CTT, observando los mayores niveles durante el segundo muestreo de cada año y exceptuando el primer muestreo de 2004 donde tuvo un valor máximo de 28.000 NMP / 100 ml al igual que el río Iscuande con 23.000160.000 NMP / 100 ml y las estaciones del Río Mataje y Patía en el primer muestreo de 2002 presentaron un valor un valor de 94.000 - 160.000 NMP / 100 ml respectivamente. (Figura 5.6-6).

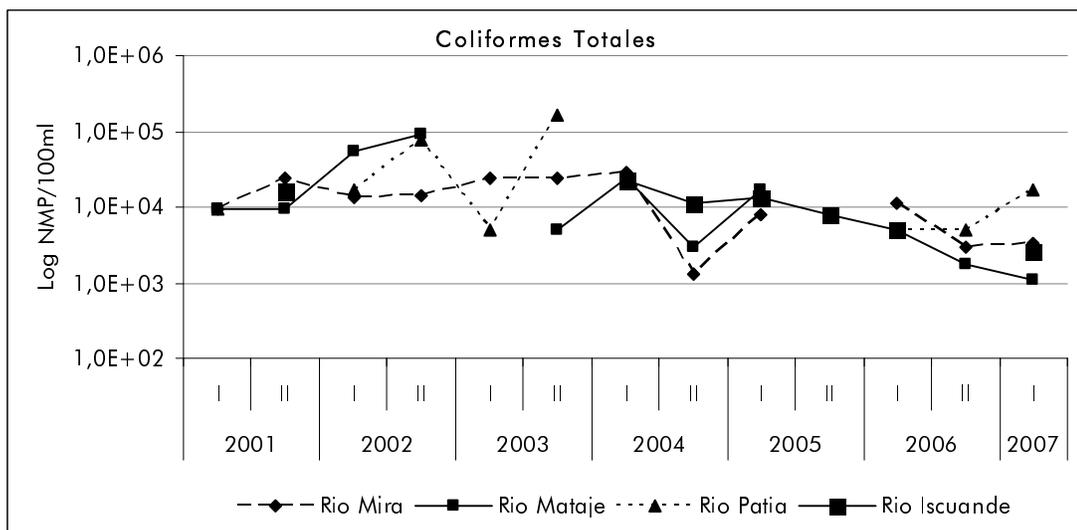


Figura 5.6-6. Tendencia de Coliformes totales en el primer y segundo muestreo (2001 – 2007).

El diagnóstico de la calidad de las playas se realiza teniendo como base los lineamientos de la legislación colombiana (200 NMP CTE/100 ml) y de la Organización Mundial de la Salud - OMS (40 UFC Enterococos /100 ml) para aguas de contacto primario. Así, durante el segundo muestreo del año 2006 las playas de Mosquera, Salahonda y Pasacaballos con 5.000 NMP / 100 ml., 2200 NMP / 100 ml y 800 NMP / 100 ml respectivamente, así mismo la concentración de enterococos la playa Salahonda con 48 UFC / 100ml sobrepasa el límite de la OMS, por lo cual para ese periodo no se encontraban aptas para las actividades de contacto primario. Para el 2007 las playas ubicadas sobre la línea de costa de este departamento no sobrepasan los límites de CTE ni ENT, por lo cual se encuentran aptas para actividades de contacto primario como son la recreación, natación y los deportes náuticos según la legislación colombiana y la OMS.

5.6.5 Conclusiones

En Nariño existen vertimientos puntuales, cuyas descargas aportan niveles altos de nutrientes. Los cuales vienen de fuentes importantes que deben identificarse para disminuir su contribución en la medida de posible o eliminarlas.

Los impactos de contaminación por hidrocarburos están concentrados en la Ensenada de Tumaco por la actividad portuaria y marítima que en ella se desarrolla y el inminente riesgo que representa el puerto petrolero. Su presencia es el resultado del inadecuado manejo que se da a los subproductos del petróleo, principalmente, lubricantes y combustibles utilizados en las embarcaciones.

En la actualidad las concentraciones de HC en aguas son muy inferiores al valor de referencia (<10 µg/L) y no reflejan los impactos de estos contaminantes sobre el ambiente debido al carácter hidrofóbico de estos compuestos señalando la importancia de extender en un futuro el análisis a otras matrices ambientales. Tal como ocurre en el sector de la Bahía Interna de Tumaco donde la contaminación crónica a causa del manejo de combustibles a generado contaminación sobre el bentos y los organismos sobrepasando los niveles de referencia para estas matrices (3.9 µg/g de sedimento y 5 µg/g en organismo).

Los niveles de OC en la actualidad son muy inferiores al valor de referencia adoptado (<30 ng/L), sin embargo, La presencia aún de estos residuos y su tendencia descendente supone que los suelos están drenando sustancias que fueron aplicadas hace tiempo y que aun se encuentran en el medio debido a su persistencia.

En el sector norte el desarrollo agrícola es incipiente, lo que supone que la presencia de OC en el medio fue debida a otros fines (campañas contra la malaria, inmunización de la madera o cultivos ilícitos); en la actualidad la zona que mantiene un riesgo medio de contaminación por OC es la Ensenada de Tumaco y el sector sur relacionado con los drenajes terrestres que allí desembocan.

Los ríos *Mira, Mataje, Patía e Iscuande*, aportan las mayores concentraciones de CTT y CFS, debido a la descarga directa de aguas servidas y desechos orgánicos que realizan las poblaciones ribereñas Tumaco, Francisco Pizarro y Santa Bárbara de Iscuande. Para el segundo muestreo el primer del 2007 las playas ubicadas en la Isla Gorgona se encontraron aptas para las actividades de contacto primario y secundario, según los límites establecidos por la legislación colombiana y la OMS.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO, G. 2004. Política Nacional del Agua. Memorias XV Convención Científica Nacional: Mares, Ríos y Aguas Interiores. Pp 8-20. Octubre 21-23. Cartagena- Colombia.
- ATWOOD D.K., F.J. BURTON, J.E. CORREDOR, G.R. HARVEY, A.J. MATA-JIMÉNEZ, A. VÁSQUEZ-BOTELLO Y B.A. WADE. 1988. Petroleum Pollution in the Caribbean. *Oceanus*. 30(4): 25-32.
- BARRAGAN, J. 2003. Medio Ambiente y Desarrollo en Areas Litorales. Introducción a la planificación y gestión integradas. 301 p.
- BAUMARD, P.; H.BUDZINSKI; P.GARRIGUES; J. NARBONNE; F.BURGEOT y T. MICHEL. 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) burden of mussels (*Mytilus sp.*) in different marine environments in relation with sediment PAH contamination, and bioavailability. *Mar. Environ. Res.* 47: 415– 439.
- BETANCOURT, J.; J. SÁNCHEZ; W. TRONCOSO y J. GARAY. 2006. evaluación de la contaminación por hidrocarburos petrogénicos en la Bahía de Tumaco (Nariño). Informe final, Santa Marta. 28 p.
- BEGON, M.; C. TOWSEND y J. HARPER. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. 4th ed. Blackwell Publishing Ltd. Oxford 700 p.
- BORDALO A.; R. ONRASSAMI y C. DECHSAKULWATANA. 2002. Survival of faecal indicator bacteria in tropical estuarine waters (Bangpakong River, Thailand). *Journal of Applied Microbiology*, 93: 864-871.
- BORRERO J. y F. MARIÑO 1995. Estudio epidemiológico de zonas de baño de la Provincia de Málaga. Sevilla: junta de Andalucía, Concedería Salud: 1 – 217 p en: González, M., T. Torres. Y S. Chiroles. 2003. Calidad microbiológica de aguas costeras en climas tropicales. *Revista Cuba, Medio ambiente y Desarrollo*
- BOYD, C. y C. TUCKER. 1992. Water quality and pond soil analyses for aquaculture. Alabama aquacultural experiment station. Auburn University. USA. 183 p
- CABELLI J. 1983. Health effects criteria for marine recreational waters. US Environmental Protection Agency. EPA 600/1-80-01. Cincinnati, 98 p.
- CALA, P y A. SODERGREN. 1999. Occurrence and distribution of organochlorine residues in fish from the Magdalena and Meta rivers in Colombia. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 71: 185-195.
- CASANOVA., R. F., 1996. Estudio de la contaminación por compuestos organoclorados en la costa Pacífica colombiana. CCCP, Bol. Cient No 6: pp 141-159. Tumaco.
- 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. Bol. Cient CCCP* 8: 22-26.
- CASTELLANOS, C. y M. CHAMARRAVI. 2006. Colombia: estación biogeográfica en el origen de su diversidad biótica. Documento en línea disponible desde Internet en: http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/0ef1deedRevista9_10_11.pdf con acceso el 10 de septiembre de 2007.
- CASTRO. L. A, 1998. Estudio de la contaminación por plaguicidas en ecosistemas costeros en el área de Cartagena, Ciénaga de la Virgen y zonas agrícolas adyacentes. IAEA/CIOH. CIOH. Cartagena, Colombia. *Bol. Cient.* 18: 15-18.
- CASTRO-GONZALEZ, M. y N.H. CAMPOS. 2004. Efectos del cadmio y cobre sobre el flujo de nitrógeno y fósforo en la interfase agua-sedimento en una laguna costera tropical. *Rev. Acad. Colomb. Cienc* 28(109): 535 - 543.
- CRC, 2002. Plan de Gestión Ambiental Regional del Departamento del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC. Popayán, 209 pp.
- DANE, 2002. Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales. Documento en línea disponible desde Internet en: www.dane.gov.co Con acceso el 5 de octubre de 2006.
- DANE. 2006. Censo General 2005 (Totales nacionales). Información en línea, disponible desde Internet en: http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&task=category§ionid=16&id=269&Itemid=750 Con acceso el 11 de octubre de 2006.

- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN (DNP). 2002. Consejo nacional de política económica y social 3177. Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales. Versión aprobada: 25 p.
- DEVLIN, M. 2007. Implementation of the water framework directive in European marine waters. Editorial note in *Mar. Poll. Bull.* 55(1-2):1 -2.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN (DNP). 2005. CONPES 3383. Plan de desarrollo del sector de acueducto y alcantarillado. MAVDT, Bogotá. 24 P.
- EATON, A.; L. CLESCERI; E. RICE y A. GREENBERG (Eds). 2005. Standard methods for the examination of water & wastewater. 21st edition. American Public and Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF).
- ELLISON, S. L. R.; M. ROSSLEIN y A. Williams. 2000. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. EURACHEM / CITAC Guide. 2nd ed. 31 p.
- EPA. 2006. Reconocimiento y Manejo de los Envenenamientos por Pesticidas. 5th Ed. Documento en línea, disponible desde Internet en: <http://www.epa.gov/oppfead1/safety/spanish/healthcare/handbook/contents.htm> Consultada el 18 de octubre de 2007.
- FONDO PARA EL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL. 2001. Inversiones para el siglo XXI. Informe anual. 64 p.
- FRYE, D.; D. PETERS; N. HOGG y C. WUNSCH. 2000. ULTRAMOOR: A 5-year current meter mooring, *Proc. Oceans' 2000*, Providence, RI(2): 1097-1102.
- GARZON-FERREIRA, J. 1998. Problemática ambiental en los mares colombianos. Colombia patria de tres mares – Expolisboa 98. p 214 – 220.
- GARAY, J. y L. A. CASTRO. 1990. Principales cuencas y sistemas acuáticos de Colombia impactados por el uso de Plaguicidas en la agricultura en aguas subterráneas, en ríos y cuencas. Memorias del seminario regional, Impacto del uso agrícola en la contaminación de las aguas. Puerto Morelos, México 127-142pp.
- GARAY, J.; L.A. CASTRO y C. OSPINA. 1992. Contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo en el litoral Caribe colombiano, Cispata hacia Rioahacha. *Bol. Cient. CIOH*, No 10. Cartagena, Colombia.
- GARAY, J. 1993a. Implicaciones ambientales portuarias de Cartagena MARPOL 73/78. *Bol. Cient. CIOH* 14: 47- 66.
- GARAY, J. 1993b. Informe final del proyecto regional FP/5101-90-02-6912 UCR/CAR/COI/CIOH. “Evaluación del impacto sobre ecosistemas marinos costeros generados por el uso de plaguicidas en zonas agrícolas (arroceras) adyacentes a la ciénaga de La Virgen, municipio de Cartagena, Colombia”. *CIOH*, Cartagena.
- GARAY, J. A. y L.A. CASTRO. 1993. Niveles de hidrocarburos del petróleo en la isla de San Andrés – Caribe Colombiano. *Bol. Cient. CIOH* No. 13. Cartagena, Colombia.
- 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*, No 15. p. 67-92. Cartagena, Colombia.
- GARAY, J.; B. MARÍN; G. RAMÍREZ; W. TRONCOSO; A. VELEZ; N. CALVANO; O. MEDINA; H. LOZANO; B. CADAVID; J. ACOSTA; A. LAMCHEROS y A. RONDÓN. 2001. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la protección y conservación de la calidad de las aguas marinas y costeras. INVEMAR, Informe final. Tomo II. 260 p.
- GARAY, J.; RAMÍREZ G.; BETANCOURT, J.; MARIN, B., CADAVID B., PANIZZO, L.; LESMES, J., SANCHEZ, H. 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. VELEZ 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. ORTÍZ-GALVIS (Eds). 2006. Diagnóstico integral del impacto biofísico y socioeconómico relativo a las fuentes de contaminación terrestre en la bahía de Tumaco, Colombia y lineamientos básicos para un Plan de Manejo. Proyecto del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA - Programa de Acción Mundial PAM) y Comisión Permanente del Pacífico Sur CPPS. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR- Centro Control Contaminación del

- Pacífico CCCP- Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO. Santa Marta, 262 p. ISBN: 978-958-98104-1-5
- GAVIRIA, E. 2006. La demanda de Nicaragua y una defensa de San Andrés. UN periódico # 97, septiembre de 2006.
- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO–IOC/WMO/WHO/AIEA/UN/UNEP- Joint Group of Experts on the Scientific Aspects on Marine Environmental Protection), 2001. Protecting the Oceans from Land-based Activities GESAMP Reports and Studies (71): p.162.
- GÓMEZ, L. C.; G. RAMÍREZ; NH. CAMPOS. 1995. Acumulación y depuración de aldrín en la ostra *Crassostrea Rhizophorae* de la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Revista de Biología Tropical (Costa Rica)*, 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.
- GOGOU, .A.; I. BOULOBASSI y E.G. STEPHANOU. 2000. Marine organic geochemistry of the Eastern Mediterranean: 1. Aliphatic and Polyaromatic hydrocarbons in Cretan Sea surficial sediments. *Mar. Chem.* 68, 265-282.
- GUZMAN, Z. y L. HILLÓN. 2002. Lineamientos de etiquetado ambiental para Colombia. Guía de ecoetiquetado ambiental para Colombia. MAVDT. Bogotá, 43 p.
- HARRISON, J. y PERRY, B. 1975. Human effects from oil discharges. En: *La contaminación marina en el Pacífico Colombiano bajo un enfoque social y económico*. Bol. Cient. CCCP, No 5.
- IGAC, 2002. Atlas de Colombia. 5 ed. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Imprenta Nacional, Bogotá. 320 p.
- IGAC. 2004. Mapa oficial de fronteras de la República de Colombia. Documento en línea, disponible desde Internet en: <http://mapascolombia.igac.gov.co/wps/portal/mapasdecolumbia/> Con acceso el 28 de agosto de 2007.
- IDEAM. 2000. Información Aeronáutica. Climatología. Tablas de valores mensuales de los principales parámetros meteorológicos. Información suministrada por el Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM. Documento en línea, disponible desde Internet en: <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/tablas.htm> Con acceso el 27 de junio de 2005.
- IDEAM (ed). 2002. Conceptos, definiciones e instrumentos de la información ambiental de Colombia. Sistema de información Ambiental de Colombia (SIAC). Bogotá. Tomo 1, 270 p.
- INVEMAR. 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. Tomo II. Informe Final. INVEMAR. 260 p.
- INVEMAR, 2004. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2003. Serie de Publicaciones periódicas, No. 8. (Eds) Medellín: Servigráficas, 178 p.
- INVEMAR. 2006. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta: Informe Técnico. Santa Marta, 111 p.
- INVEMAR. 2007a. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. (Serie de publicaciones periódicas/INVEMAR; No.8) Santa Marta. 360 p.
- INVEMAR. 2007b. Base de datos de la REDCAM. La información de la base de datos esta disponible desde Internet en: <http://www.invemar.org.co/noticias.jsp?id=2505&idcat=105> Con acceso el 5 de octubre de 2007.
- INVEMAR, 2007c. 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. 200p.
- ISLAM, S. y M. TANAKA, 2004. Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin* 48 (7-8): 624-649.
- JOHANSSON, H. 2002. On distribution coefficients in aquatic systems. Comprehensive summaries of Uppsala dissertations from the faculty of science and technology 687. ACTA UNIVERSITATIS UPSALIENSIS. 20 p.
- LARA C., VALDERRAMA, J. Y VALDERRAMA M. 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.

- LIZARAZO, J. y D. LÓPEZ. 2007. Identificación de amenazas y vulnerabilidades para la elaboración del plan de emergencias del PNN Corales del Rosario y San bernardo.
- LÓPEZ, L. 1997. La diversidad étnica, cultural y lingüística latinoamericana y los recursos humanos que la educación requiere. *Revista Iberoamericana de Educación*, 13: 47-98.
- MANGIALNAJO, L.; N. RUGGIERI; V. ASNAGHI; M. CHIANTORE; P. POVERO y R. CATTANEO-VIETTI. 2007. Ecological status in the Ligurian Sea: The effect of coastline urbanisation and the importance of proper reference sites. *Mar. Poll. Bull.* 55(1-6): 30-41.
- 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.
- MARÍN, B., J. GARAY, W. TRONCOSO, J. ACOSTA, J. BETANCOURT, M. GÓMEZ, L. VIVAS, B. CADAVID y G. RAMÍREZ. 2004. Diagnostico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. REDCAM. INVEMAR. Santa Marta, diciembre 2004. 304 p.
- MARÍN B.; J. GARAY; W. TRONCOSO; J. BETANCOURT; J. ACOSTA; M.L. GÓMEZ; L. VIVAS; B. CADAVID; J. PARRA; J. SÁNCHEZ; G. RAMÍREZ y J. RESTREPO. 2005. Diagnostico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. REDCAM. INVEMAR. Santa Marta, diciembre 2005. 304 p.
- MARRUGO, A. 1990. Estudio de la contaminación marina por hidrocarburos en el litoral sur Pacífico Colombiano. *Bol. Cient. CCCP No. 1*. Tumaco, Colombia 41-54pp..
- MARRUGO, A., 1993. Estudio de la contaminación marina por hidrocarburos en áreas críticas de la costa Pacífica Colombiana. *Bol. Cient. CCCP No. 5*. P121-142 Tumaco, Colombia.
- 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.
- METROAGUA, 2007. Emisario. Beneficios y eficiencia del emisario submarino de la ciudad de santa marta. En: <http://www.metroagua.com.co/Emisario.htm> . Fecha de consulta: 17 de Octubre de 2007. Última fecha de actualización: 16 de Octubre de 2007.
- MINAMBIENTE. 2000. Auto No. 153 del 30 de marzo del 2000. Santa Fe de Bogotá
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1984. Decreto No. 1594 del 26 de junio. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. 61 Pág.
- MMA/PNUMA/UCR/CAR/GEF. 2000. 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.
- MORALES, C., 2001. Las Nuevas fronteras tecnológicas: promesas, desafíos y amenazas de los transgénicos. Santiago de Chile CEPAL. Serie Desarrollo productivo No. 101.
- MUXIKA, I.; A. BORJA y J. BALD. 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Mar. Poll. Bull.* 55(1-6): 16-29.
- NAVAS, G. 1999. Flujos de nitrógeno y fosforo en la interfase agua-sedimento en una laguna costera tropical (Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano). Trabajo de grado para optar al título de maestría Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Santa Marta, 91 p.
- NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL (NHMRC). 2005. Australian guidelines for recreational use of water. Australia. 12 p.
- NIILER, P. 2000. The World ocean surface circulation. Current, Drifter Buoys; *Journal of marine education* 16 (1): 11-13
- OCEANA. 2007. Corales del Mediterraneo. Documento en línea, disponible desde Internet en: http://oceana.org/fileadmin/oceana/uploads/europe/reports/Corals_Mediterranean_spa.pdf Con acceso el 18 de octubre de 2007.

- OLIVOS, A.; M. MASÓ y J. CAMP. 2002. Aportes continentales de nutrientes y su posible influencia sobre las relaciones estequiométricas (DIN:P:Si) en las aguas del noreste del Mediterráneo español (Mar Catalán). *Ciencias Marinas* 28(4): 393–406.
- OLI, M. y N. KRSTULOVI. 1992. Separate and combined effects of solar radiation, temperature, salinity, and pH on the survival of faecal coliforms in seawater. *Marine Pollution Bulletin*. 24(8): 411-416.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 2003. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: Coastal and fresh waters. 219 p
- 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.
- PAGLIARDINI, J. I., M. A. GOMEZ, H. GUTIERREZ, S. I. ZAPATA, A. JURADO, J. A. GARAY y G. VERNETTE. 1982. síntesis del proyecto Bahía de Cartagena. *Bol. Cient. CIOH No. 4*: 49-110 Cartagena, Colombia.
- PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION (PAHO). 2003. Promoting the healthy, safe use of recreational waters. *Revista Panamericana de Salud Pública* 14(5): 364-369.
- PINILLA C.C. 2003. Indicadores de contaminación fecal en aguas. En: Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. RIPDA- CYTED© CYRA-UAEM Cáp. 20. pp. 30-239. México.
- PLATA, J., CAMPOS, N.H. y RAMIREZ, G., 1993. Flujo de compuestos organoclorados en las cadenas tróficas de la Ciénaga de Santa Marta. *Caldasia*, 17(2): 199-204.
- PNUMA. 1994. Perspectiva regional sobre las fuentes de contaminación de origen terrestre en la región del Gran Caribe. Informe Técnico del PAC No. 33.
- PNUMA. 1995. Programa de acción mundial para la protección del medio marino frente a las actividades realizadas en tierra. Conferencia intergubernamental para la adopción de un programa de acción mundial. Washington 64 p.
- PNUMA. 1999. Evaluación de las fuentes terrestres y actividades que afectan al medio marino, costero y de aguas dulces asociadas en la región del Gran Caribe. Informes y estudios del programa de mares regionales del PNUMA # 172. PNUMA/Oficina de coordinación del PAM/Programa Ambiental del Caribe, 135 p.
- PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. 2005. Exploración petrolera está en el mejor nivel de los últimos 15 años. Documento en línea, disponible desde Internet en: <http://www.presidencia.gov.co/sne/2005/diciembre/15/13152005.htm> con acceso el 28 de agosto de 2007.
- RAJENDRAN, R. B., T. IMAGAWA, H. TAO y R. RAMESH. 2005. Distribution of PCBs, HCHs and DDTs, and their ecotoxicological implications in Bay of Bengal, India. *Environment International* 31: 503– 512
- RAMIREZ, G. 1988. Residuos de Plaguicidas Organoclorados en los Sedimentos de la CGSM. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, INVEMAR No. 18*. Santa Marta.
- RAMÍREZ, G.; L. VIVAS y J. GARAY. 2006. Inventario y caracterización de fuentes terrestres fijas de contaminación sobre las áreas marinas y costeras del Caribe colombiano. Informe técnico final. INVEMAR, Santa Marta. 37 p.
- RESTREPO, J.D. and B. KJERFVE. 2002. River Discharge, Sediment Load, and Sediment Yield Estimates for the Magdalena River and Other Caribbean Rivers of Colombia: Environmental Implications. En: Kjerfve, B., Kremer, H., Salomons, W., Crossland, J.M. (eds), *CariBas – Activities in River Catchments and their Impacts on Coastal Systems in the Caribbean*. LOICZ-IGBP Report. No.27. pp. 86-97.
- RIUS F.; F.J. BARÓN; E. SÁNCHEZ y L. PARRAS. 1997. Bioestadística: métodos y aplicaciones. Facultad de Medicina. Universidad de Málaga. 322 p.
- RUBIO, B. 1995. agricultura mundial, estructura productiva y nueva vía de desarrollo rural en América Latina (1970-1992). En: Globalización, deterioro ambiental y reorganización social en el campo. México, Juan Pablo Editores.
- SALAS, A. 2003. Inventario de la situación actual de las aguas residuales domésticas en Colombia. Proyecto Regional Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial. Convenio IDRC – OPS/HEP/CEPIS 2000 – 2002. Lima, 30 p.

- SAVITCHCHEVA, 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 Research*. 40: 2463-2476.
- SEISDED0, M.; M. PÉREZ y ALAIN MUÑOZ . 2006. Análisis comparativo del comportamiento de las características físico-químicas de la bahía de Cienfuegos, Cuba. *Revista internacional de Ciencias de la tierra*. Documento en línea, disponible desde Internet en: http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1342 con acceso el 7 de septiembre de 2007.
- SEOANEZ, M. 2000. Manual de contaminación marina y restauración del litoral. 565 p.
- SERICANO J.; T. WADE; T. J. JACKSON; J. M BROOKS; B. W TRIPP; J.W. FARRINGTON; L.D. MEE; J.W READMAN; J. P. VILLENEUVE y E.D. GOLDBERG. 1995. Trace organic contamination in the Americas: An overview of the US National Status & Trends and the International "Mussel Watch" Programmes. *Mar. Pollut. Bull.* 31 (4-12): 214 – 225.
- SIGAM, 2006. Agenda Ambiental de San Andrés. En [http://www.coralina.gov.co/archivos/Sigam_CAPITULO%20 I Perfil Ambiental 1.pdf](http://www.coralina.gov.co/archivos/Sigam_CAPITULO%20I_Perfil_Ambiental_1.pdf). 103 p. Fecha de consulta: 18 de octubre de 2007.
- SOETAERT, K.; J. J. MIDDELBURG and C. HEIP. 2006. Long-term change in dissolved inorganic nutrients in the heterotrophic Scheldt estuary (Belgium, The Netherlands). *Limnol. Oceanogr.*, 51(1, part 2): 409–423.
- 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 Andreis" INVEMAR. Serie de Publicaciones Especiales, No. 6. 390 p.
- SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS (SSPD). 2006. Informe anual de servicios públicos en Colombia: 2006. Informe de vigilancia, 162 p.
- 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.
- TOLOSA, I.; S. J. DE MORA, S. W. FOWLER; J-P VILLENEUVE; J. BARTOCCI y C.L CATTINI. 2005. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in marine biota and coastal sediments from the Gulf and the Gulf of Oman. *Mar. Pollut. Bull.* 50: 1619–1633.
- TRONCOSO, W.; L.J. VIVAS y J. GARAY. 2006a. Fundamentos para el establecimiento de los límites permisibles de los parámetros indicativos de la calidad de las aguas marino-costeras de Colombia. Informe final. Santa Marta, 89 p.
- TRONCOSO, W.; L. VIVAS; J. BETANCOURT; J. ACOSTA; M.L. GÓMEZ; B. CADAVID; J. PARRA y J. SÁNCHEZ. 2006b. 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 2006. 314 p.
- UASPENN. 2005. Parques Naturales de Colombia. Información en línea, disponible desde Internet en: <http://www.parquesnacionales.gov.co> Consultada el 12 de septiembre de 2005.
- UNEP, 2006. Isaza, F.A., P.C. Sierra-Correa, M. Bernal-Velásquez, L.M. Londoño, y W. Troncoso (Eds.). 2006. Caribbean Sea/Colombia & Venezuela, Caribbean Sea/Central America & Mexico, GIWA Regional assessment 3b, 3c. Universidad de Kalmar, Kalmar, UNEP. Suiza, 78 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. 87pp.
- VAL, A. y D. MacKINLAY. 2004. Advances in Fish Biology. symposium proceedings. Preface Manaus, 289 p.
- VIDES, M.P. y P.C. SIERRA-CORREA (Eds.). 2003. Atlas de Paisajes Costeros de Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras -INVEMAR- y Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-. Santa Marta, Colombia. 132p. (Serie Documentos Generales de INVEMAR No. 16).
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 2003. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: Coastal and fresh waters. 219 p.