

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 - Anexos 6

DIRECTIVOS DEL INVEMAR

Capitán de Navío
FRANCISCO A. ARIAS ISAZA
Director General

JUAN MANUEL DÍAZ MERLANO
Jefe Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

ROBERTO FEDERICO NEWMARK U.
Jefe Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos Vivos (VAR)

JESÚS ANTONIO GARAY TINOCO
Jefe Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

LUIS ARMANDO GONZÁLES R.
Jefe programa Sistema de Información Nacional Ambiental (SINAM)

OSCAR DAVID SOLANO PLAZA
Jefe Coordinación de Servicios Científicos (CSC)

CARLOS A. PINILLA GONZÁLES
Subdirector Financiero y Administrativo

SANTIAGO CALLE LÓPEZ
Subdirector de Apoyo Logístico

INVEMAR
Cerro Punta de Betín
Santa Marta – COLOMBIA
Apartado Aéreo 1016
<http://www.invemar.org.co>



MINISTERIO DEL
MEDIO AMBIENTE



IDB

ENTIDADES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Ministerio del Medio Ambiente - FONAM
– Subprograma de Inversiones Ambientales – BID, cofinanciador del proyecto

FONADE – Administrador de los Recursos del Proyecto asignados por el MMA

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” - INVEMAR.

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas - CIOH

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico – IIAP

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Chocó - CODECHOCO

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC

Corporación Autónoma Regional del Cauca - CRC

Corporación Autónoma Regional de Nariño - CORPONARIÑO

Corporación Autónoma Regional de la Guajira - CORPOGUAJIRA

Corporación Autónoma Regional del Magdalena - CORPAMAG

Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA

Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique - CARDIQUE

Corporación Autónoma Regional de Sucre - CARSUCRE

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

Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá - CORPOURABA

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

Departamento Administrativo del Medio Ambiente. Alcaldía de Cartagena - DAMARENA.

INTERVENTORA MINAMBIENTE

Dalila Caicedo

GRUPO DE INVESTIGADORES

Jesús A. Garay T.
Jefe de Proyecto- Investigador

Bienvenido Marín Z.
Investigador Principal

Nancy Calvano Z.
Sistema en Red y Base de Datos

Gustavo Ramírez T.
Hidrocarburos y Plaguicidas

Walberto Troncoso O.
Componente Físicoquímico

Olga Lucía Medina P.
Componente Microbiológico

Ana María Vélez G.
Impacto Ecosistemas Marinos

Harold Lozano
Plaguicidas

Betty Cadavid I.
Metales Pesados

Jorge Acosta R.
Cargas

Angélica Lancheros B.
Microbiología

Maria del Mar Rendón
Cartografía

GRUPO DE ASESORIA TÉCNICA

Armando González
Julio Bohórquez
Raúl Carrera

GRUPO DE ASISTENTES

Lizbeth Janet Izquierdo A.
Carlos Henry
Osman Aragón
José Gregorio Sánchez
Jader Fernández

TESISTAS

Jenny León
John Ortiz
José Gámez

PASANTES

Jaime Escobar
Lorena López
Araceli Burgos
Milton Pérez
Isaac Romerón
Mónica Montoya
Paulina Pertuz
Inírida Esteba

ANEXO 6

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN LAS ZONAS MARINAS Y COSTERAS DE LOS DEPARTAMENTOS DEL CARIBE Y PACIFICO COLOMBIANO

EQUIPO TÉCNICO

GRUPO DE INVESTIGADORES - INVEMAR

Jesús A. Garay T. <i>Jefe de Proyecto- Investigador</i>	Bienvenido Marín Z. <i>Investigador Principal</i>	Gustavo Ramírez T. <i>Hidrocarburos y Plaguicidas</i>
Harold Lozano <i>Plaguicidas</i>	Olga Lucía Medina P. <i>Componente Microbiología</i>	Betty Cadavid I. <i>Metales Pesados</i>
Walberto Troncoso O. <i>Componente Físicoquímicos y Metodología</i>	Ana María Vélez G. <i>Ecosistemas Marinos y Fuentes de Contaminación</i>	Angélica Lancheros B. <i>Microbiología y Fuentes de Contaminación</i>
Jorge Acosta R. <i>Fuentes de Contaminación</i>	Maria del Mar Rendón <i>Cartografía</i>	Janet Lizbeth Izquierdo <i>Base de Datos</i>

COLABORADORES – ENTIDADES PARTICIPANTES

<i>CIOH</i> Gustavo Tous Estela Betancourt Gisela Mayo	<i>CORPOGUAJIRA</i> Jaime R. Pinto Manuel Correa Javier Calderón	<i>CRA</i> Luz Elena Alean Joe García Victor Vacca
<i>IIAP</i> Félix Quiñónez	<i>DAMARENA</i> Francisco Castillo	<i>CORPAMAG</i> Ismael Acosta
<i>CORALINA</i> Patricia del Carmen Abdulaziz Alejandro Amaya	<i>CORPONARIÑO</i> Marcela Caviedes Javier H. López	<i>CARDIQUE</i> Ildelfonso Castro
<i>CARSUCRE</i> Tulio Ruiz Jorge Luis Martínez Pedro Barbosa	<i>CVS</i> Domingo Montalvo Hernando Rangel John Cobos	<i>CORPOURABA</i> José Nelson Morales Adriana Acevedo Gladis Arcila
<i>CODECHOCO</i> Remy Castillo Nury Gonzáles Carlos Elías Quiñones	<i>CRC</i> Luz Marina Prieto	<i>CVC</i> Luisa M. Baena Luz Estela Ríos Funcionarios del Laboratorio Ambiental

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN LAS ZONAS MARINAS Y COSTERAS DE LOS DEPARTAMENTOS DEL CARIBE Y PACIFICO COLOMBIANO

INTRODUCCION

El entorno del hombre lo han constituido tanto animales como vegetación y relieve, donde el clima tiene influencia sobre las condiciones que le afectan. Muchos de estos sistemas, en torno al desarrollo de sociedades, tienen que ver con la disponibilidad y condición del agua, que el hombre ha utilizado desde los comienzos de la historia, para su bienestar y desarrollo. Los estudios sobre la calidad de las aguas, son de crucial importancia para el lograr el desarrollo de los países, ya que ponen de manifiesto el estado de los recursos a utilizar y su proyección futura.

Las actividades sociales siempre requieren de un desarrollo tecnológico que generalmente se apoyan sobre los recursos naturales disponibles o potencialmente utilizables por un país, región o comunidad. Sin embargo la utilización de los recursos naturales conlleva a un deterioro de los mismos, lo cual es contrario a las lineamientos de la sociedad actual que busca un desarrollo sostenible y benigno con el medio que le rodea de manera que se puedan evitar situaciones de catástrofes o fenómenos irreversibles que afectan a los sistemas y a las sociedades mismas.

De la calidad de las aguas dependen en gran medida, la supervivencia de las especies y de los ecosistemas; que a su vez reflejan la conservación o deterioro en que se encuentran por causa de actividades o fenómenos tanto naturales como antrópicos. El conocimiento del contenido hidrocarburos, plaguicidas o iones inorgánicos nutritivos, ayuda a definir áreas de recreo, industriales o para conservación de sistemas ecológicos estratégicos, de acuerdo con los planes y políticas de desarrollo que traza y necesita el país.

Colombia no ha sido ajena al desarrollo de sus principales centros urbanos, relacionados con los cuerpos de agua que les brindan condiciones para ese desarrollo. Pero la búsqueda del desarrollo social humano no debe ser independiente del entorno de esos seres humanos. Es el interés de este trabajo, indagar sobre la calidad de las aguas costeras de nuestro país, debido que este medio es común a sistemas y organismos de nuestros litorales, haciendo énfasis en las fuentes de sustancias nocivas o contaminantes. Esas fuentes han sido asociadas a ríos, arroyos o vertimientos que llegan a las costas con su carga de sustancias que pueden benéficas o nocivas (dependiendo del tipo y concentración de la sustancia).

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio del proyecto esta comprendida en las dos zonas costeras del país (Atlántico y Pacífico), así como el área insular de San Andrés y Providencia. Este esquema corresponde a las áreas marinas y costeras cuya responsabilidad recae sobre las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR's) y algunos Institutos de Investigación (Tabla 1). Las muestras tomadas fueron únicamente de agua superficial tanto en las corrientes de agua continentales como en la zona costera que influyen.

Tabla 1. Entidades y jurisdicciones que abarca las áreas de muestreo del proyecto.

Departamento	Entidad
San Andrés y Providencia	CORALINA
Guajira	CORPOGUAJIRA
Magdalena	CORPAMAG
Atlántico	CRA
Bolívar	CARDIQUE
	DAMARENA
	CIOH
Sucre	CARSUCRE
Córdoba	CVS
Antioquia	CORPOURABA
Chocó	CODECHOCO
	IIAP
Valle del Cauca	CVC
	IIAP
Cauca	CRC
	IIAP
Nariño	CORPONARIÑO
	IIAP

ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LAS ZONAS COSTERAS DE COLOMBIA

Se realiza un análisis de la información disponible que existe en cada departamento, de manera que en planes o proyectos futuros se puedan hacer énfasis sobre zonas o sitios, en donde no existan suficientes datos (). Se espera también que no se dejen de realizar los trabajos de monitoreos en la zona costera de los departamentos por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales.

San Andrés y Providencia: La información colectada por CORALINA, cubre la isla y Providencia. Los ecosistema marinos están siendo estudiados. En general la información en esta región es buena y suficiente, aunque se pueden realizar estudios detallados en los sitios donde se realizan vertimientos o actividades industriales intensas.

La Guajira: Existe información del río Palomino hasta el Ranchería, más otros estudios sobre la plataforma Chuchupa. No se conocen estudios actualizados sobre la actividad de Puerto Bolívar, donde existen operaciones de cargue de carbón. Desde la salina de Manaure hasta Puerto López, la información que existe sobre calidad de aguas es escasa o no existe.

Magdalena: Es uno de los pocos Departamentos con suficiente información de su zona costera, para analizar. Aunque la caracterización de los principales tributarios en la parte norte apenas se empezó este año, la información para otras zonas es bastante y adecuada.

Atlántico: La información sobre la zona costera es escasa y los vertimientos que sobre ella se realizan no están completamente realizados. Arroyos como el Juan de Acosta y Cascabel presentan considerables caudales durante las temporadas de lluvias. De igual manera, muchos de los efluentes industriales no son accesibles a consultas o no existen. No todos los vertimientos industriales que llegan al Magdalena están caracterizados, por ello es necesario solicitar al DAMA Barranquilla, que se realicen estudios sobre los vertimientos de todas las empresas del Distrito.

Bolívar: Es el Departamento que más estudios tiene sobre la calidad de las aguas costeras, gracias al trabajo realizado por el CIOH. La información sobre las aguas costeras es abundante.

Sucre: Para este Departamento la zona del Golfo de Morrosquillo, ha sido estudiada por el CIOH y en la actualidad el INVEMAR posee un estación de trabajo allí. Pero al norte del Departamento, entre los límites con Bolívar y la zona norte del Golfo existe poca información.

Córdoba: Lo mismo que acontece para Sucre, se da en este Departamento; se tiene información sobre las aguas del Golfo de Morrosquillo pero se desconoce la calidad de las aguas en la parte sur, después de la desembocadura del Sinú en Tinajones. Esta zona es importante por la presencia de asentamientos humanos en el área.

Antioquia: CORPOURABA posee una extensa red de estaciones dentro del Golfo, que indican la calidad de las aguas en esta zona, pero apenas se empieza con los sitios costeros de arboletes y la parte marina frente al Golfo mismo. De igual modo la Corporación está apoyando en la caracterización de las zonas de playas y tributarios, del Departamento del Chocó en la parte Caribe. Son precisamente estas dos zonas las que requieren una continuidad en los monitoreos de sus aguas, para asegurar un mejor diagnóstico de las mismas.

Chocó: Es el Departamento con menor información de las aguas costeras. Se encontraron estudios realizados por la Armada Nacional, a través de sus instituciones de investigación marina. En este año se empezaron los muestreos en algunos sitios donde es posible realizar muestreos en el Pacífico y en el Caribe la Corporación de Urabá apoyó en la realización de los muestreos programados en el proyecto. Pero es importante organizar un programa de monitoreo sistemático, concertado con las principales entidades y autoridades del Departamento de manera que se pueda contar en un futuro próximo, con buena información sobre el estado de la calidad de las aguas costeras.

Valle del Cauca: La Corporación posee un programa de monitoreo de la bahía de Buenaventura y de las playas cerca de bahía Málaga. Sin embargo, al sur del Departamento no existe información sobre la calidad de las aguas costeras.

Cauca: No existe un programa definido de monitoreo para la zona costera del Departamento, y existen algunos estudios sobre la región de Guapi e Isla Gorgona. Hace falta información sobre otras zonas, sobre todo al norte del Departamento, a donde no se pudo llegar en los muestreos del presente trabajo.

Nariño: El Centro de Control de Contaminación del Pacífico, tiene muchos estudios sobre la zona costera de este Departamento, específicamente alrededor del puerto de Tumaco, pero también ha realizado muchos trabajos en otras áreas que indican el estado de la calidad de las aguas costeras.

Tabla 2. Estado de la información sobre calidad de las aguas costeras en cada uno de los departamentos con jurisdicción en la zona marina.

Región	Departamento	Variables				
		Fisicoquímicos	Microbiológicos	Plaguicidas	Hidrocarburos	Metales
Caribe	San Andrés	*** Existe información	*** Existe información	** Existe poca información	** Existe poca información	** Existe poca información
	La Guajira	** Existe poca información	** Existe poca información	** Existe poca información	** Existe poca información	** Existe poca información
	Magdalena	*** Existe información	*** Existe información	*** Existe información	*** Existe información	*** Existe información
	Atlántico	** Existe poca información	** Existe poca información	** Existe poca información	** Existe poca información	** Existe poca información
	Bolívar	**** Existe mucha información	*** Existe información	*** Existe información	**** Existe mucha información	*** Existe información
	Sucre	*** Existe información	*** Existe información	*** Existe información	*** Existe información	*** Existe información
	Córdoba	** Existe poca información	** Existe poca información	** Existe poca información	** Existe poca información	** Existe poca información
	Antioquia	*** Existe información	*** Existe información	*** Existe información	*** Existe información	** Existe poca información
Pacífico	Chocó	** Existe poca información	*No existe información	** Existe poca información	** Existe poca información	*No existe información
	Valle del Cauca	*** Existe información	*** Existe información	*** Existe información	*** Existe información	*** Existe información
	Cauca	** Existe poca información	** Existe poca información	** Existe poca información	** Existe poca información	** Existe poca información
	Nariño	*** Existe información	** Existe poca información	*** Existe información	*** Existe información	** Existe poca información

RED DE ESTACIONES

Las estaciones seleccionadas para los muestreos, fueron propuestas por los funcionarios de las Corporaciones e Institutos de acuerdo a la problemática e interés regional.

- Estaciones de San Andrés: Muelle San Andrés, Bahía Hooker (antigua ubicación de las plantas eléctricas), Bahía Hooker (manglar), Punta Hansa, Johnny Cay, Punta Norte, Cabañas Altamar, Alcantarillado, El Cove, Hotel Isleño, Roky Cay, Yellow Moon (Figura 1).
- Estaciones de Providencia: Muelle Santa Isabel, Basurero, San Felipe, Agua Dulce, Escuela Bomboná, Gully Bottom House, McBean Lagoon, Cayo Cangrejo, Electrificadora, Santa Catalina (Figura 1).

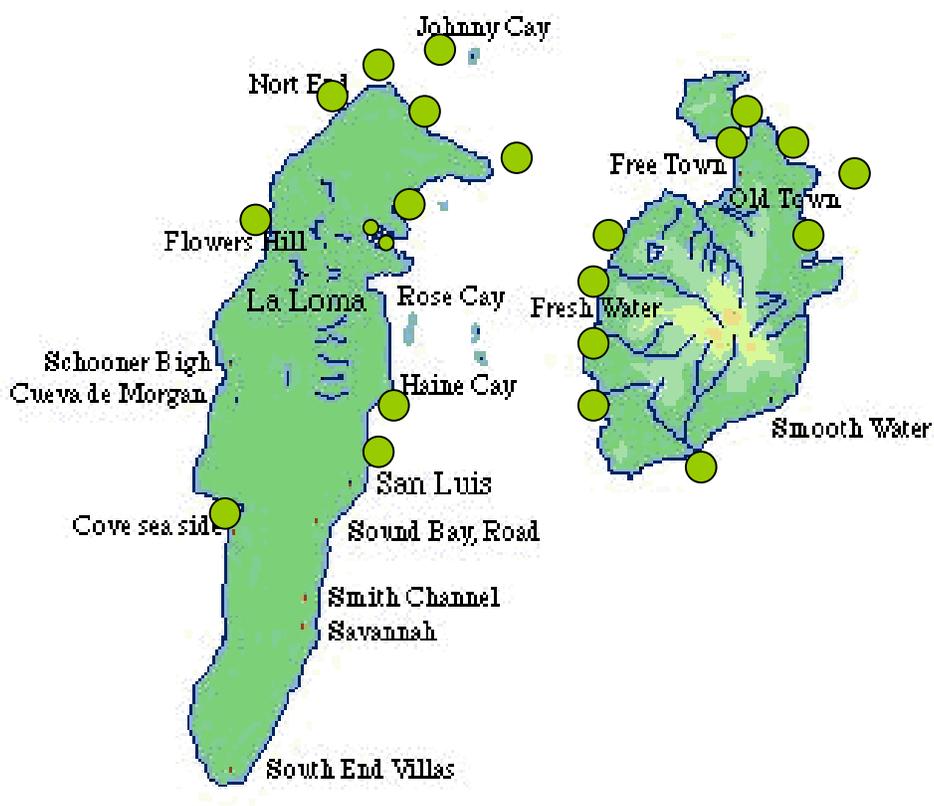


Figura 1. Red de estaciones muestreadas en el Archipiélago de San Andrés y Providencia.

- Estaciones de La Guajira: Frente al Faro nuevo, Muelle Riohacha, Frente a Ranchería, Boca de Ranchería, Río Ranchería, Río Jerez, Frente a Palomino, Boca de Palomino, Junto a Termo Guajira, Boca de Cañas, Frente a Cañas, Frente a Jerez, Boca de Jerez, Río Cañas, Río Palomino (Figura 2).

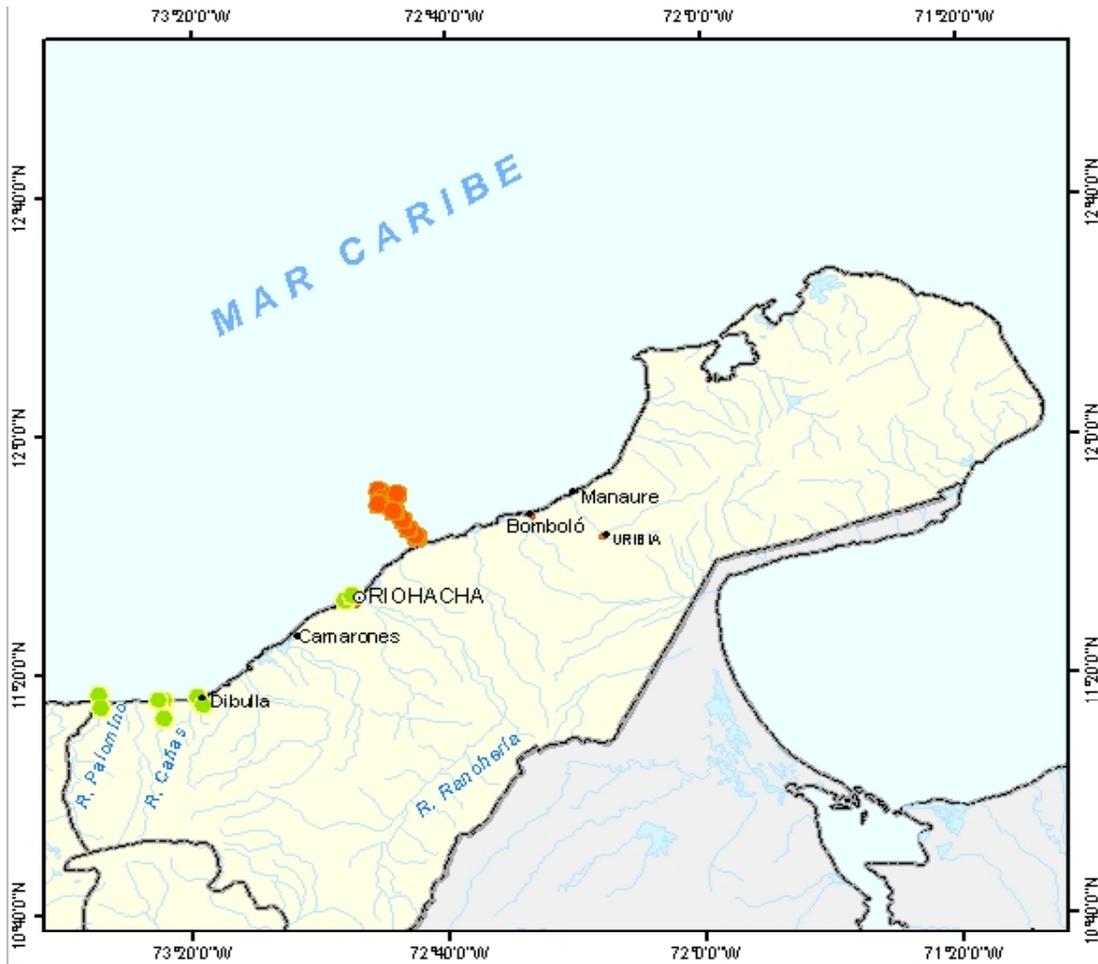


Figura 2. Red de estaciones muestreadas en el Departamento de La Guajira.

- Estaciones del Magdalena: Río Don Diego, Boca R. D. Diego, Frente a R. Don Diego, Frente a R. Buritaca, Boca R. Buritaca, Río Buritaca, Frente a R. Guachaca, Boca R. Guachaca, Río Guachaca, Frente a R. Piedras, Boca del R. Piedras, Río Piedras, Manzanares, Boca Río Manzanares, Frente a Río Manzanares, Río Gaira, Boca Río Gaira, Frente a Río Gaira, Río Toribio, Boca del R. Toribio, Frente a Río Toribio, Río Córdoba, Boca del R. Córdoba, Frente a Río Córdoba, Frente a Costa verde, Frente a la Barra, Frente a Tasajera, Frente a 4 Bocas, Boca de La Barra, Rinconada, Boca del Caño Grande, Boca Río Sevilla, Boca Río Aracataca, Boca Río Fundación, Río Sevilla, Río Aracataca, Río Fundación, Centro CGSM (Figura 3).



Figura 3. Red de estaciones muestreadas en el Departamento del Magdalena.

- Estaciones Atlántico: Río Magdalena (Zona Industrial), Bocas de cenizas (dos puntos), Frente Puerto Velero (dos puntos), Frente Santa Verónica (dos puntos), Ciénaga Balboa (Puerto Colombia), Ciénaga de Mallorquin (Figura 4).

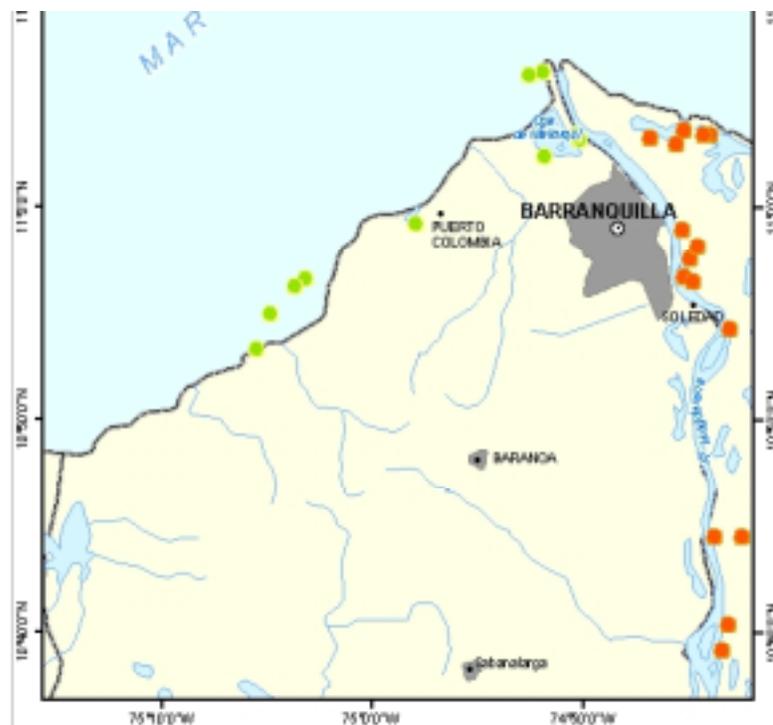


Figura 4. Red de estaciones muestreadas en el Departamento del Atlántico.

- Estaciones Bolívar. El total de las estaciones en este departamento son más de 100, pero no todas reciben nombres. Por ello sólo mencionamos algunas que se tomaron para este año y poseen una descripción de las mismas, mediante un nombre: Frente a Boya verde N° 17, Boya de señalización N° 6- A, Frente a Corelca, Entrada al Polvorín, Boya roja-Escollera Submar, Frente al emisario de Acuacar, Boya verde N° 41, Boya roja N° 50 Fren. muelle Ocean, Segunda punta de isla tierra, Playas de Crespo, Salida de la Bocana, Sur de la pantalla de Bocana, Norte de la pantalla de Boca, Playas de Marbella, Playas de la Boquilla, Cienaga-Frente a la Boquilla, Playas de Bocagrande, Playa de Marbella frente a la Texaco, Frente al Faro de Galerazamba, Frente a Isla Arena, Balneario Boca Canoa, Frente a Ceniagua, Playa de Manzanillo del Mar, Isla Grande frente al Hotel, Isla Barú - Sector Estancia, Desembocadura Caño Lequerica, Caño Lequerica 1 km aguas arriba, Desembocadura Caño Matunilla, Desembocadura Arroyo Plata, Desembocadura Caño Correa, Banco de Coral frente a Isla, Caño Ratón (Figura 5).

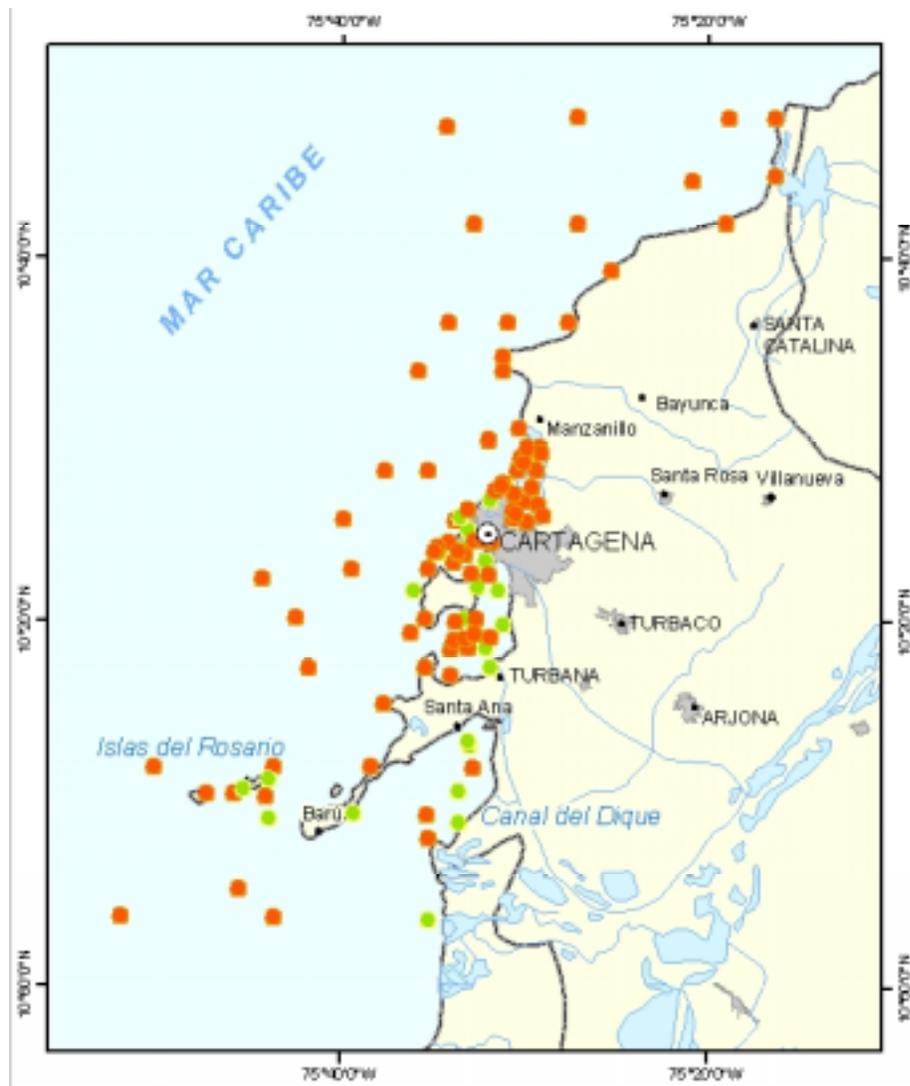


Figura 5. Red de estaciones muestreadas en el Departamento de Bolívar.

- Estaciones Sucre: Caño Guacamayo, Caño Alegría, Caño Francés, Boca Caño Francés, Caño Guainí, Boya de ECOPETROL, Amanza Guapo, Boca de La Caimanera, Frente a Caimanera, Boca Caño Pechelin, Frente a Pechelín, Boca Caño Guainí, Frente a Guainí, Frente a Caño Francés, Frente a Caño Alegría, Boca Caño Guacamayo, Frente a Caño Guacamayo, Boca Caño Zaragocilla, Frente a Zaragocilla, Frente a Boquerón (Isla), Caño Caimanera (Figura 6).
- Estaciones Córdoba: Río Sinú (Lorica), Tinajones, Frente a Tinajones, Centro Boca Bahía de Cispata, Frente a Cispata (Figura 6).

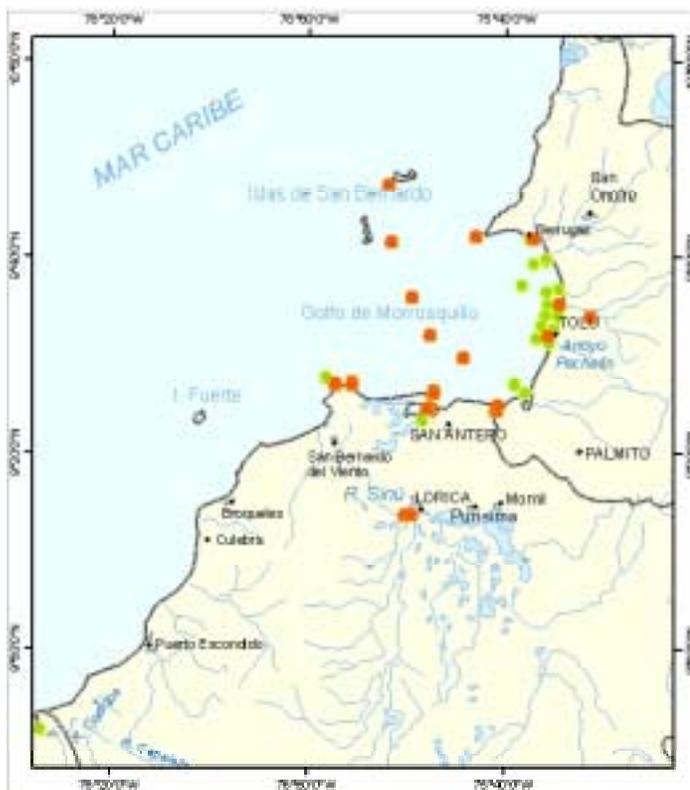


Figura 6. Red de estaciones muestreadas en el Departamento de Sucre y Córdoba.

- Estaciones Antioquia: Río Guadualito Río Caimán Nuevo, Playa de Arboletes, Desembocadura del Río León, Km arriba del Río León, Río León Bahía Colombia, Bocas de Leoncito, Frente a Río León, Río León, Desembocadura Río Leoncito, Km arriba del Río Leoncito, Boca del Río Atrato (Matuntugo), Km arriba Río Atrato, Matuntugo, Río Atrato, Ensenada de Río Negro, Golfo de Urabá frente a las Margaritas, Golfo de Urabá Frente al Roto, Golfo de Urabá, Río Zuriquí, Playa la Martina, Desembocadura del Río Mulatos, Km arriba del río Mulatos, Desembocadura de Río Necoclí, Km Arriba del Río Necoclí, Playa de Necoclí, Ensenada de Río Negro, Río Necoclí, Playa el Totumo, Playa de Turbo, Desembocadura Río Currulao, Km Arriba Río Currulao, Río Turbo (Figura 7).
- Estaciones Chocó Caribe: Playa Trigana, Playa Capurganá, Km arriba del Río Acandí, Desembocadura Río Acandí, Río Atrato, Río Capurganá (Figuras 7 y 8).

- Estaciones Valle del Cauca (Figura 9):

- o Bahía de Buenaventura: 65 estaciones de muestreo según la división por cuadrículas realizada por la Corporación.
- o Playas: La Barra, Frente a cabaña Amarilla, Frente a cabañas Carvajal, Hotel Medellín, Frente al muelle, Puente Juanchaco –Ladrilleros, Diagonal Hotel Palm View, Frente al muelle, Frente hotel Bocana, Pianguita.
- o Ríos: Boca R. Anchicayá, Boca R. Dagua, Boca R. San Juan, Boca R. Potedo, Boca R. Raposo, Frente a R. Anchicayá, Frente a R. Dagua, Frente a R. San Juan, Frente a R. Potedó, Frente a R. Raposo, El pasadero (dulce, Río Raposo), Río Anchicayá, Río Dagua, Río Potedó, Río Raposo, Río San Juan, San Rafael (dulce, Río San Juan).

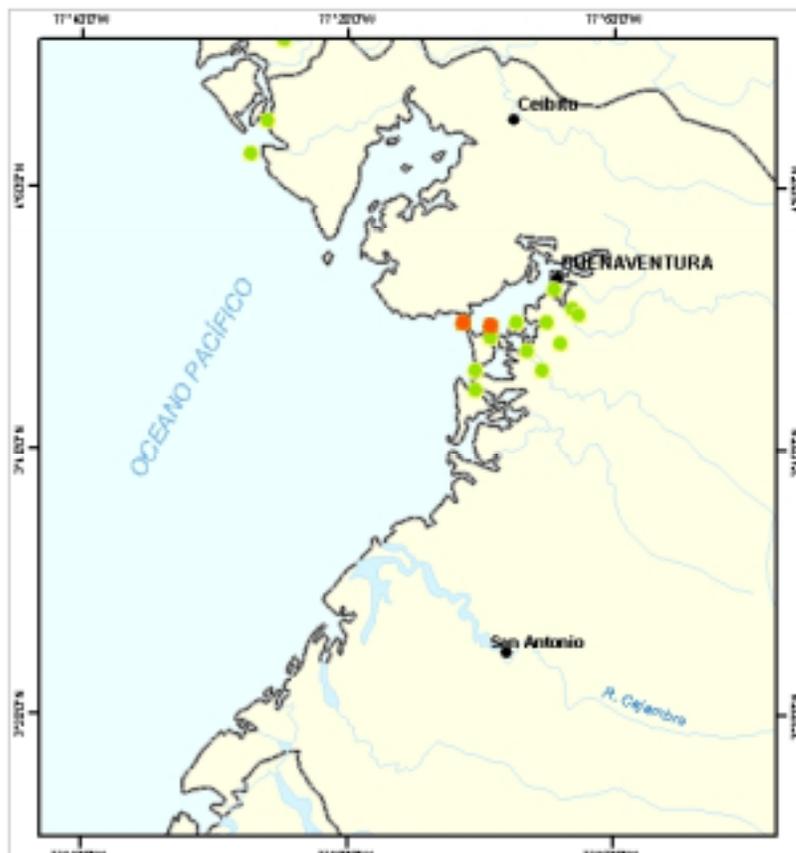


Figura 9. Red de estaciones muestreadas en el Departamento del Valle del Cauca.

- Estaciones Cauca: Bocana Frente a B.R. Micay, Bocana Río Micay, Río Micay (Noanamito), Río Saija (Saija), Boca Río Saija, Frente a B.R.Saija, Frente a B.R. Timbiquí, Bocana Río Timbiquí, Río Timbiquí (población), Harinera (Estero Chanzará), Bocana Río Guapi, Río Guapi "Cabecera", Río Guajui, Bocana Río Guajui, Frente a B.R. Guajui, Frente a B.R. Guapi (Boya), Relleno sanitario de Guapi (Río) (Figura 10).

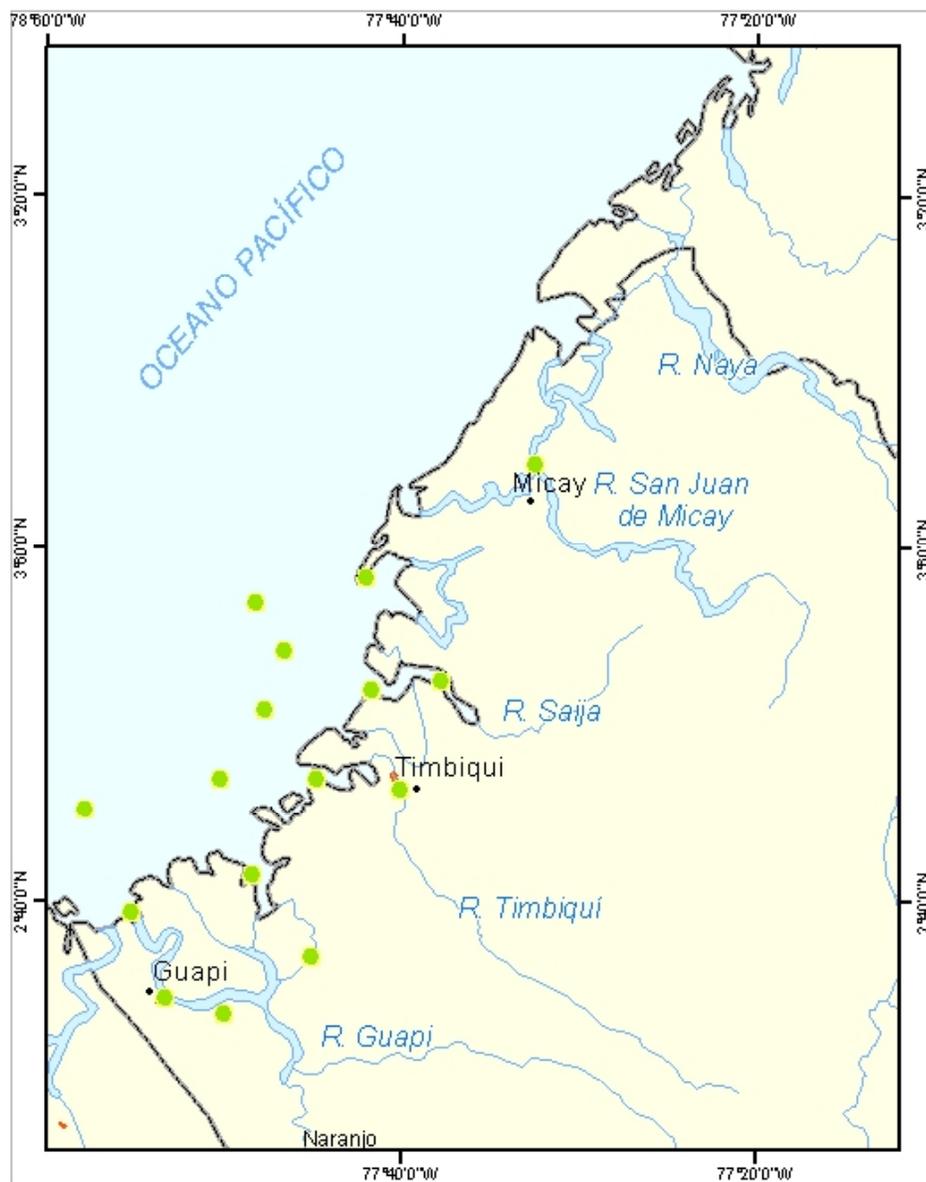


Figura 10. Red de estaciones muestreadas en el Departamento del Cauca.

- Estaciones Nariño: Río Tapaje(Bazan), Río Tapaje "Las Varas", Bocana Río Iscuandé, Río Iscuandé "La soledad", Frente a B.R. Iscuandé, Frente a B.R. Tapaje, Frente río Curey, Río Curey, Boca río Curey, Río Chagui, Boca río Chagui, Frente, Chagui, Río Mejicano, Boca río Mejicano, Frente río Mejicano, Río Rosario, Boca Rosario, Frente Rosario, Frente río Mira, Boca río Mira, Río Mira, Frente río Mataje, Boca rio Mataje, Río Mataje, Coba río Mira1, coba río Mira 2, Río Patia-Sanquianga + Satinga, Boca Patia-Sanquianga, Frente a Bigia, Río La Tola, Boca La Tola, Frente Amarales, Brazo largo Novillal, centro del Golfo de Tumaco y Salahonda (Figura 11).

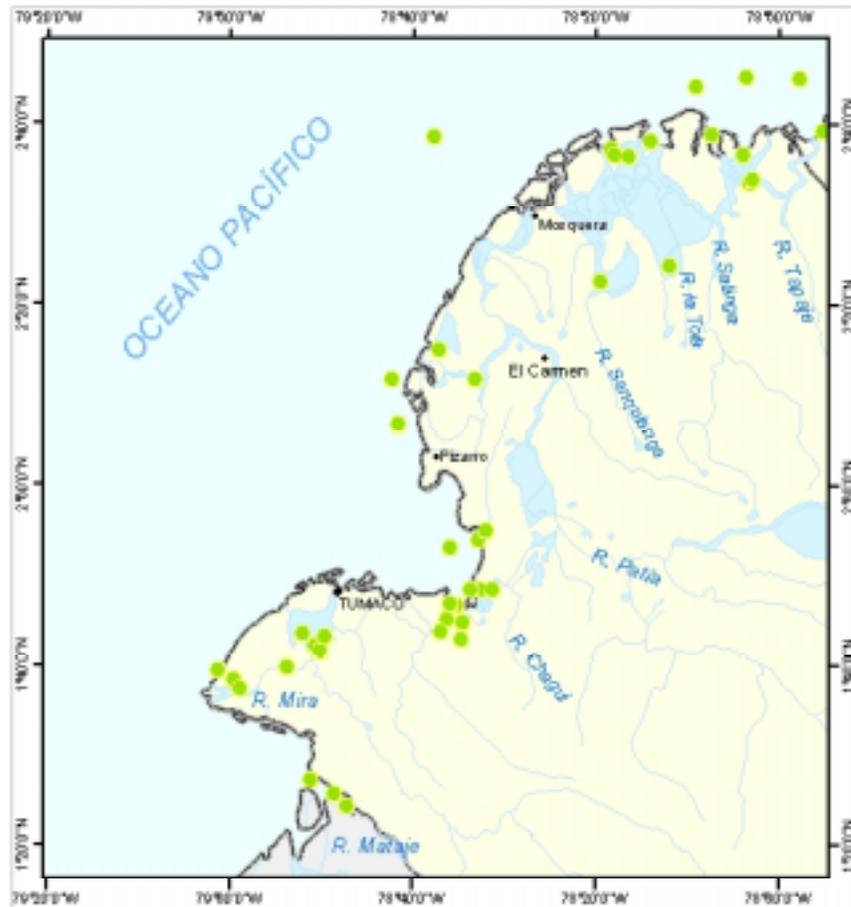


Figura 11. Red de estaciones muestreadas en el Departamento de Nariño.

PARÁMETROS MONITOREADOS.

Para todas las estaciones del proyecto se tomaron *in situ* los siguientes parámetros:

Temperatura, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto y pH. En el laboratorio se realizaron las siguientes pruebas: Nutrientes inorgánicos disueltos para el nitrógeno y el fósforo (amonio, nitrito, nitrato y ortofosfato), sólidos suspendidos. En algunos casos no fue posible la determinación del amonio por estar carecer de equipos de campo (caso de Cauca, donde la localidad de Guapi fue utilizada como base de operaciones para los muestreos).

Dentro de cada departamento fueron escogidas estaciones de la red total para realizar los siguientes análisis: microbiológicos (coliformes totales y fecales), metales pesados (cadmio, cromo y plomo), hidrocarburos y pesticidas.

MÉTODOS ANALÍTICOS.

Fisicoquímicos

Los métodos utilizados para la determinación de las variables son tomados de los principales tratados de métodos utilizados internacionalmente. La medida de salinidad, fue realizada con un conductímetro portátil, el pH se tomó mediante sonda portátil con electrodo de membrana semipermeable calibrada para cada muestreo realizado y el oxígeno disuelto se determinó con el método electroquímico (membrana semipermeable) con una sonda previamente calibrada a los muestreos. Se registraron los datos de oxígeno disuelto (mg/l) y de saturación (%), en los casos en que fue posible. Los sólidos suspendidos fueron medidos siguiendo la metodología propuesta por Boyd & Tucker (1992). Las metodologías para el análisis de los nutrientes inorgánicos disueltos nitrogenados, del fósforo y silicio son las propuestas por Grassoff y referenciadas por Greenberg *et al* (1992), de igual manera fueron consultadas las metodologías propuestas por Garay *et al* (1993).

Tabla 2. Valores generales para parámetros fisicoquímicos comunes.

	Tipo de agua		
	Dulce	Estuarina	Marina
Parámetro	Rangos		
Oxígeno (mg/l)	2.0 - 5.0	1.5 - 8.0	5.0 - 8.0
pH	6.5 - 7.5	6.5 - 8.5	8.0 - 8.5
Salinidad (ups)	0	5 - 30	33 - 37

Tabla 3. Valores naturales de concentración para algunos de los nutrientes inorgánicos disueltos (datos tomados de varios autores).

Variable	Rangos		
	µg at./l	µg E/l	mg/l
NH ₄	0 - 3.5	0 - 49	
NO ₂	0 - 2.0	0 - 28	
NO ₃	0 - 10.0	0 - 140	
Nitrógeno Inorgánico	0 - 15.5	0 - 217	
PO ₄	0 - 3.0	0 - 93	
Oxígeno disuelto			3 - 7
Donde E es el elemento principal del ión			

Indicadores de contaminación fecal

Dado que muchas enfermedades son transmitidas al hombre por el agua y alimentos contaminados es importante tener un control que insista en procedimientos sanitarios que mejoren y eviten la contaminación del agua por bacterias patógenas.

Para poder determinar indirectamente la presencia de estas bacterias es necesario tener indicadores de contaminación fecal. Los Coliformes fecales como la *Escherichia coli* se consideran indicadores de contaminación. La *Escherichia coli* se reproduce principalmente en el intestino de los animales de sangre caliente. Su presencia en el agua es un indicio de contaminación fecal, señalando alta probabilidad de encontrar gérmenes patógenos; el resto de coliformes llamados los totales (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter* y *Edwardsiella*) se reproducen también en aguas residuales y en aguas superficiales y por lo tanto su presencia es una indicación de la correspondiente contaminación.

Los coliformes fecales como *Escherichia coli* se reproducen principalmente en el intestino de los animales de sangre caliente. Su presencia en el agua es un indicio de contaminación fecal, señalando alta probabilidad de encontrar bacterias patógenas. El resto de Coliformes se reproducen también en aguas residuales y en aguas superficiales y por lo tanto su presencia es un guía de la contaminación presente.

La técnica empleada para la determinación tanto de coliformes totales como de fecales es el recuento indirecto por tubos múltiples de fermentación expresado en el Numero Mas Probable (NMP) en 100 mililitros de agua de acuerdo a la tabla de McCrady.

El índice universalmente aplicado para la calidad de aguas de aceptación en salud pública es ésta prueba de Coliformes totales y fecales, según lo establecido por el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y Protección al Medio Ambiente y en el Decreto 1594 los criterios de la calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario, son los siguientes (MINSALUD, 1984):

- ▶ Coliformes fecales expresados como NMP/100 mL <200 microorganismos
- ▶ Coliformes totales expresados como NMP/100 mL <1000 microorganismos

Los *Streptococcus faecalis* se encuentran normalmente en el intestino de mamíferos y aves, se desarrollan a 35°C y nos sirven como indicadores complementarios de contaminación fecal, se determinan mediante prueba presuntiva y confirmativa realizando también el NMP.

Con base a la escala conceptual del grado de contaminación para los contaminantes microbiológicos (Marín, 2000) se puede clasificar los cuerpos de agua de acuerdo a su contaminación. A continuación se exponen algunas consideraciones relativas a los valores contenidos en la siguiente tabla.

Valoración	Coliformes fecales NMP/100 ml
No Contaminado	80% - 100% < 200
Contaminación Baja	60% - 79% < 200
Contaminación media	40% - 59% < 200
Contaminación Alta	0% - 39% < 200

- El 80% de las muestras analizadas deben ser menores a 200 NMP/100 ml de agua, lo que significa que el 80% de las muestras objetos de análisis en un tiempo dado, no deben sobre pasar el valor máximo permisible para Coliformes siendo clasificado como No Contaminado identificado con el color VERDE.

- Entre el 60 y 79% de las muestras analizadas deben ser menores a 200 NMP/100 ml clasificándola por el nivel de Coliformes como Contaminación Baja. Identificado con el color AMARILLO.

- Entre el 40% y 59% de las muestras analizadas deben ser menores a 200 NMP/100 ml clasificándola por el nivel de Coliformes como Contaminación Media. Identificado con el color ANARANJADO.

- Se considera Contaminación Alta cuando entre el 0% al 39% de las muestras analizadas se encuentran dentro del valor máximo permitido de 200 NMP/100ml, identificado el grado de contaminación con el color ROJO. Señalando que del 100% al 61% de las muestras analizadas, están sobrepasando el máximo valor permisible para los Coliformes fecales.

Residuos de Plaguicidas

El análisis en laboratorio para los residuos de plaguicidas organoclorados en agua, siguió básicamente el procedimiento descrito en el *Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-Químicos y Contaminantes Marinos* (Garay, et al, 1993) que cumple con las recomendaciones metodológicas de los métodos de referencia del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Programa CEPOL de IOCARIBE. Esta metodología se intercalibró con la Red de Análisis Químicos Ambientales para América Latina (RAQAL) entre febrero y julio de 1998, así mismo el Laboratorio de Referencia de Mónaco.

La determinación de los plaguicidas organoclorados en el agua se realizó por medio de una extracción en frío con soluciones al 6 y 15 % de éter etílico en hexano. El extracto obtenido se concentró en rotavapor al vacío y se purificó con ácido sulfúrico concentrado. El tratamiento con ácido sulfúrico isomeriza el dieldrin a otros compuestos organoclorados cuya identificación es compleja, pero es imperioso para purificar extractos provenientes de agua costeras y estuarinas, que presentan invariablemente interferencias severas en el análisis cromatográfico final (lípidos, compuestos polares, etc). Los extractos purificados se concentraron en un rotavapor Heidolph VV1 mediante vacío y se analizaron cualitativa y cuantitativamente por medio de cromatografía gas-líquido en columna capilar y detector de captura electrónica. Se utilizó como patrón de comparación el cromatograma de una mezcla de organoclorados puros. El límite de detección de organoclorados aplicando el método anteriormente descrito es aproximadamente de 0.001 ng/L.

El análisis cromatográfico se realizó en un cromatógrafo de gases Perkin-Elmer Autosystem, con programa térmico de una rampa de acuerdo con los siguientes parámetros instrumentales:

- ▶ Temperatura inicial: 150 °C
- ▶ Temperatura final: 290 °C
- ▶ Tiempo inicial: 4 minutos
- ▶ Presión en la columna: 15 psi
- ▶ Gradiente térmico: 8 °/min
- ▶ Gas de arrastre: Nitrógeno 99.995%
- ▶ Columna capilar: Supelco SPB-608
- ▶ Make-up: 55 ml/min
- ▶ Temp. Inyector: 210 °C
- ▶ Temp. Detector ECD: 350 °C

Prueba Confirmativa de Identificación.

Como prueba confirmativa para la identificación de los organoclorados detectados en cada muestra se aplicó el denominado p-Valor, que se basa en la propiedad que tiene cada compuesto organoclorado particular de repartirse entre dos fases líquidas inmiscibles de igual volumen. La relación de distribución del organoclorado entre los dos solventes, que es en realidad el coeficiente de reparto, presenta un valor específico para cada compuesto, es independiente de la concentración del organoclorado y no varía por la presencia de otros compuestos y la temperatura (Glasstone, 1998). En el presente trabajo se determinaron los p-Valor correspondientes al sistema binario hexano-acetonitrilo.

Hidrocarburos Disueltos y Dispersos

El análisis de Hidrocarburos Disueltos y Dispersos en agua (HDDA) se realizó mediante extracción selectiva con hexano en frío y la cuantificación final se realizó por espectrofluorescencia UV, empleando una curva de calibración de criseno puro en hexano (Garay, et al, 1993).

Las condiciones instrumentales del análisis fluorométrico fueron las siguientes:

- ▶ Espectrofluorómetro: Shimadzu RF-5301 PC
- ▶ Longitud de onda de excitación: 310 nm
- ▶ Longitud de onda de emisión: 360 nm
- ▶ Ancho de rendija para excitación: 10 nm
- ▶ Ancho de rendija para emisión: 5 nm

Metales traza

Las muestras fueron tratadas con Ditiocarbamato de Pirrolidín Amonio (APDC) a pH 4 y Metil isobutil cetona (MIBK) y posterior extracción con HNO₃ 4N. Se determinaron las concentraciones totales de metales en el agua. La lectura de los extractos se realizó en un Espectrometro de Emisión Atómica de Plasma Acoplado (ICPs) marca SPECTRO el cual utilizó como fuente de emisión atómica el plasma de Argón.

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN LAS ZONAS MARINAS Y COSTERAS DE LOS DEPARTAMENTOS DEL CARIBE Y PACIFICO COLOMBIANO

INTRODUCCIÓN GENERAL

Se presenta la información recopilada acerca de la contaminación de las aguas y el estado de los ecosistemas marinos y costeros en cada uno de los departamentos costeros del país. Esta información se obtuvo de los muestreos realizados durante el desarrollo del proyecto, así como de registros históricos, reportes y publicaciones desarrolladas por las Corporaciones, Institutos de Investigación, DAMAS y diversas entidades del país.

El objetivo principal es permitir que los miembros de la Red cuenten con esta información básica, como herramienta para hacer el seguimiento de la calidad ambiental en las zonas marinas y costeras, así como implementar medidas para el control y vigilancia de la contaminación marina en las dos costas.

Inicialmente se refieren de manera general las principales fuentes de contaminación que potencialmente están influyendo en la calidad ambiental de las zonas marinas y costeras. En segundo lugar se presenta el diagnóstico de las características fisicoquímicas de las aguas, así como de cuatro principales grupos de contaminantes: hidrocarburos, plaguicidas, metales pesados y microorganismos patógenos.

Posteriormente se incluye el resultado de la consulta de la información que ha sido reportada y publicada por diferentes entidades y grupos de investigación acerca del estado de los ecosistemas marinos y costeros de Colombia, los signos de deterioro y su relación con los contaminantes que llegan a las costas.

Por último, se consignan las conclusiones sobre la calidad ambiental en las diferentes zonas marinas y costeras para cada uno de los departamentos del país.

El Golfo de Urabá, que incluye las costas de los departamentos de Antioquia y Chocó sobre el Caribe, fue considerado como una sola unidad, dado que la circulación y por lo tanto el comportamiento de los contaminantes se verifican como en un sistema integrado. Un caso similar se presenta con la porción costera que comprende al Golfo de Morrosquillo, la bahía de Cispatá y la desembocadura del río Sinú, por esto fue necesario agrupar las costas de los departamentos de Sucre y Córdoba como una sola unidad.

1. SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

1.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Este departamento está compuesto por dos municipios: San Andrés y Providencia, cada uno con sus respectivas cabeceras municipales ubicadas junto al mar. Los registros poblacionales encontrados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Población y cobertura de alcantarillado de las principales poblaciones costeras del departamento de San Andrés.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN (hab.) 2001**	% ALCANTARILLADO*
San Andrés	Cabecera	62.446	56
Providencia	Cabecera	3.500	NA

* Datos extraídos del Sistema de Información de Aguas y Saneamiento Básico (www.sias.gov.co)

** Datos proyectados en base al censo de 1993-DANE

No existe actualmente un adecuado manejo en el acueducto y alcantarillado de la región tan solo el 8% de toda la isla tiene cobertura de alcantarillado, concentrado en la cabecera municipal (sector de North End), donde se encuentran las mayores zonas residenciales, comerciales y hoteleras (Barrera *et al*, 2001).

En la precaria condición que se encuentra el alcantarillado de la isla, existen tan solo tres colectores, dos de los cuales descargan sobre el tercero y este último al mar. Se contaba con un emisario submarino para la disposición de aguas residuales el cual se vió reducido a un cabezal de descarga superficial debido al huracán Joan (Barrera *et al*, 2001). También en Providencia vierten directamente al mar todas sus aguas servidas (INVEMAR, 2000). No se dispone de un manejo adecuado de las aguas residuales pues se cuenta con una planta de tratamiento (sistema de aireación por compresores y lecho de secado) pero no está en funcionamiento pues carece de licencia ambiental (Barrera *et al*, 2001).

De esta forma están llegando a las aguas marinas y costeras, según información reciente suministrada por CORALINA (2001), 14.466 m³/día de aguas servidas de la ciudad sin ningún tratamiento, de aproximadamente 61.047 habitantes¹. Estos vertimientos representan en términos de cargas que entran a los ecosistemas acuáticos adyacentes a la Isla, en promedio 2.1 ton/día de SST y 1.9 ton/día de DBO₅ (Garay, 2001). En San Andrés los niveles de coliformes totales y fecales en Bahía Hooker, muelle y alcantarillado sobrepasan los valores permisibles. Estos lugares se caracterizan por tener vertimientos directos de aguas residuales. Siendo ésta zona valorada de acuerdo a la escala indicativa, como una zona de contaminación media².

Otro problema derivado del anterior se relaciona con la disposición final de parte de esas aguas servidas, a través de la construcción inadecuada de pozos sépticos, permitiendo que las aguas

¹ Steer *et al*, 1997 (INVEMAR, 2000)

² Marín, 2001 (Garay, 2001)

negras se filtren hacia los acuíferos, contaminándolos y finalmente estas aguas a su vez confluyen al mar³.

Sin embargo existen otros factores que influyen en el deterioro de la calidad de la zona costera como son: inapropiada disposición de los residuos sólidos cuyos lixiviados llegan al mar, vertimientos de aceites lubricantes provenientes de las embarcaciones, alta densidad poblacional, explotación desmesurada de los recursos marinos, deterioro de bosques de manglar cuyas escorrentías desembocan al mar, entre otros⁴.

En la isla de San Andrés se presenta contaminación por residuos sólidos (baterías de automóvil, restos de enlatados) y lixiviados debido a la carencia de un relleno sanitario que cumpla con los requisitos mínimos para su manejo.

La contaminación térmica y por hidrocarburos, ocasionada por las plantas de energía en ambas islas han afectado de manera severa los manglares y arrecifes coralinos de sus áreas adyacentes (INVEMAR, 2000).

En San Andrés se realizan actividades portuarias, aunque no de gran capacidad. La contaminación y el paso de lanchas están generando destrucción y muerte de los organismos asociados a los fondos (INVEMAR, 2000).

1.2 FISCOQUÍMICOS

Los valores analizados de todas las variables medidas muestran en su conjunto, que las aguas del archipiélago están dentro de los parámetros normalmente encontrados para aguas marinas. Las estaciones presentan fluctuaciones normales de las variables oxígeno (de 5.91 a 7.6 mg/l), salinidad (de 35.4 a 37.4), temperatura (de 26.9 a 30.5 °C), nitrógeno (de 35.5 a 276.3 µg N/l), etc. (Figuras 12 a 17). Las zonas adyacentes al vertimiento del alcantarillado son afectadas temporalmente por las descargas, es decir sólo cuando se están haciendo vertimientos, ya que una vez cesan estos, el patrón de circulación de las aguas marinas se encarga de llevar las altas concentraciones de materia orgánica y demás sustancias mar afuera, lejos de las costas de la Isla. Es necesario monitorear el efecto que las aguas residuales pueden estar causando sobre la biota de fondo, ubicada en los alrededores, ya que los análisis sólo revelan la condición del agua superficial.

Un punto que parece tener alguna problemática, es bahía Hooker, la cual está rodeada de manglares y anteriormente era utilizada para vertimientos por parte de la empresa generadora de energía eléctrica en la Isla. Además de esto, Bahía Hooker presenta patrones de circulación de sus aguas, bastante lentos y deficientes (durante el muestreo de septiembre se encontró allí la máxima temperatura, 30.5 °C). Sólo cuando llueve o se dan condiciones meteorológicas especiales, se producen cambios en este patrón. La condición ambiental de esta bahía es de tipo estuarino con influencia de los períodos climáticos. Durante el invierno la salinidad baja y las condiciones fisicoquímicas del agua cambian constantemente, mientras que durante el verano sólo ingresan aguas marinas elevando la concentración de sales. Debido al continuo aporte de aguas residuales por parte de asentamientos humanos ubicados en los alrededores de la ensenada, así como al patrón de circulación de sus aguas, Bahía Hooker presenta una coloración verdosa, típica de sitios con alta productividad primaria generada por el fitoplancton.

³ Garay, 1997 (Garay, 2001)

⁴ Garay, 1997 (Garay, 2001)

Una zona con condiciones parecidas a un estuario es El Cove, ubicado en el sector sur occidental de la Isla. En este sitio se encuentra ubicada una estación de la Armada de Colombia y la disposición final de las aguas servidas, se realiza mediante una planta de tratamiento instalada desde 1999. En este punto las aguas son generalmente quietas y presentan una coloración verdosa, lo que significa una concentración de fitoplancton importante. Alrededor de esta bahía existe vegetación de manglar y algunos establecimientos comerciales por parte de los pescadores organizados de la isla. Históricamente, en esta bahía se han detectado bajas de oxígeno, fluctuando según las temporadas climáticas (Abdul, 2001).

Por sus condiciones locales, la isla no posee ningún río o fuente permanente de agua natural y sólo los vertimientos de los pobladores se constituyen en fuentes de aguas continentales para las aguas costeras (Andrade, 1986).

En Providencia se realizó un muestreo en el presente año para la época de lluvias (Tabla 4), pero con los datos de muestreos históricos realizados por CORALINA y con pocas variables medidas, se deduce que estas aguas poseen buena calidad en cuanto a variables físicas y químicas. Sólo las estaciones en el Muelle de Santa Isabel y la Electrificadora parecen tener alguna influencia en cuanto a contaminantes, debido a las actividades en la isla.

A diferencia de lo que ocurre en San Andrés, en Providencia existen fuentes de agua continentales que influyen las aguas costeras marinas. Esta influencia se nota en la disminución de la salinidad (34.5 ups en promedio) y que también influyen la fertilización de las aguas marinas (Figuras 18 a 20).

Tabla 4. Datos resumen de las variables fisicoquímicas en la zona costera de Providencia (datos de septiembre de 2001).

	pH	SAL	PO ₄	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Nitrógeno
		ups	µg/l P	µg/l N	µg/l N	µg/l N	µg/l N
Promedio	8.15	34.49	43.29	17.89	20.1	<2	39.99
Min	8	34.3	6.7	12.5	10	<2	24.5
Máx.	8.3	34.8	104.5	20.5	29	<2	51.5
n	10	10	10	10	10	10	10
Des Std	0.097	0.137	31.448	2.570	6.887		8.804

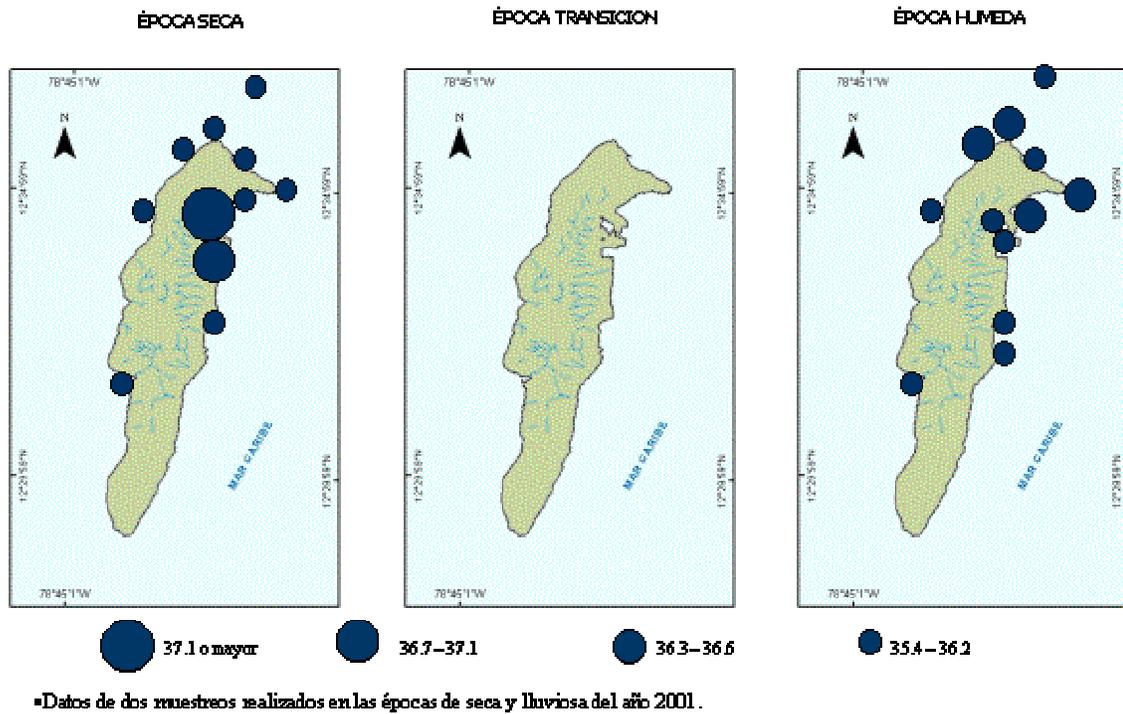


Figura 12. Distribución de la salinidad en la Zona Costera de San Andrés

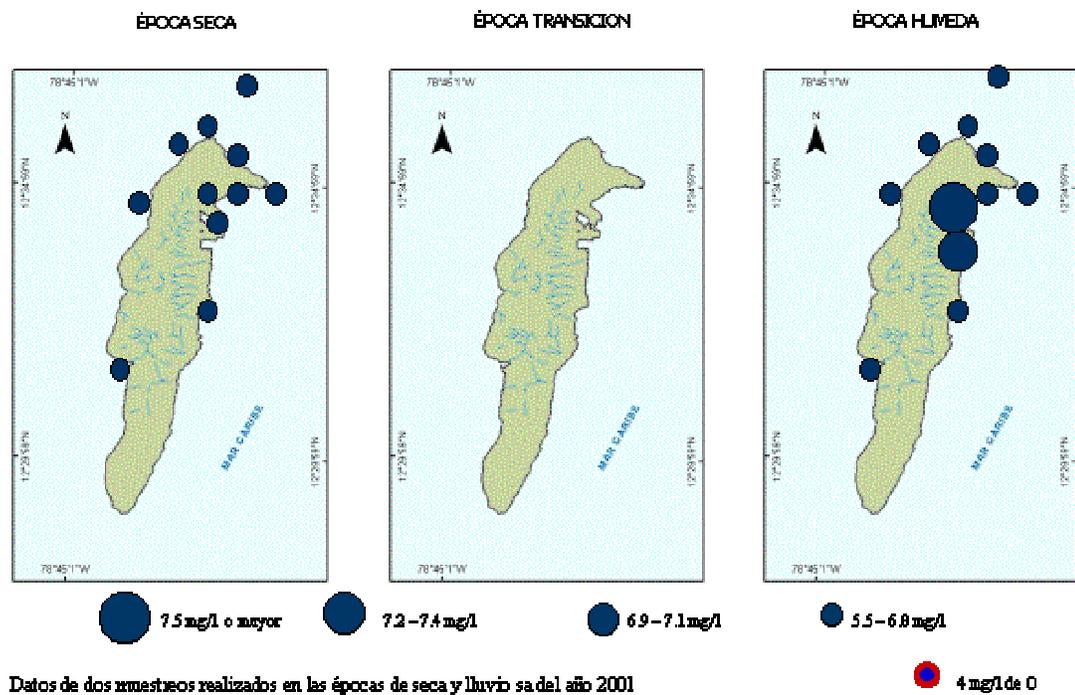


Figura 13. Distribución del oxígeno disuelto (mg/l) en la Zona Costera del Departamento de San Andrés.

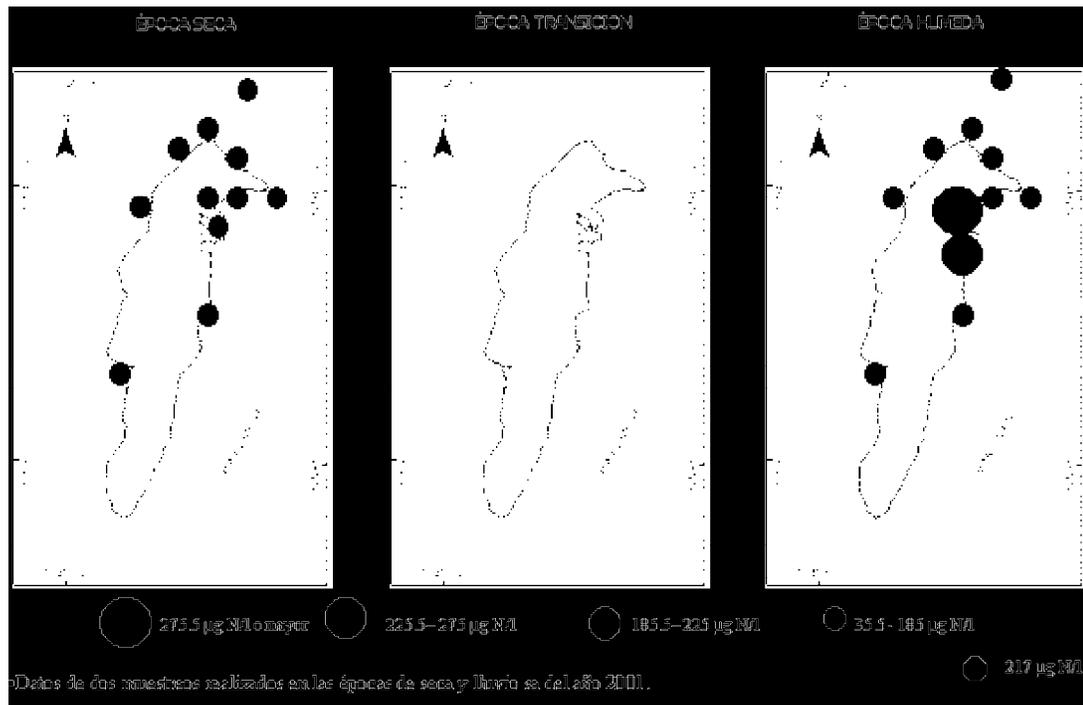


Figura 14. Distribución del nitrógeno inorgánico disuelto ($\mu\text{g N/l}$) en la Zona Costera del Departamento de San Andrés.

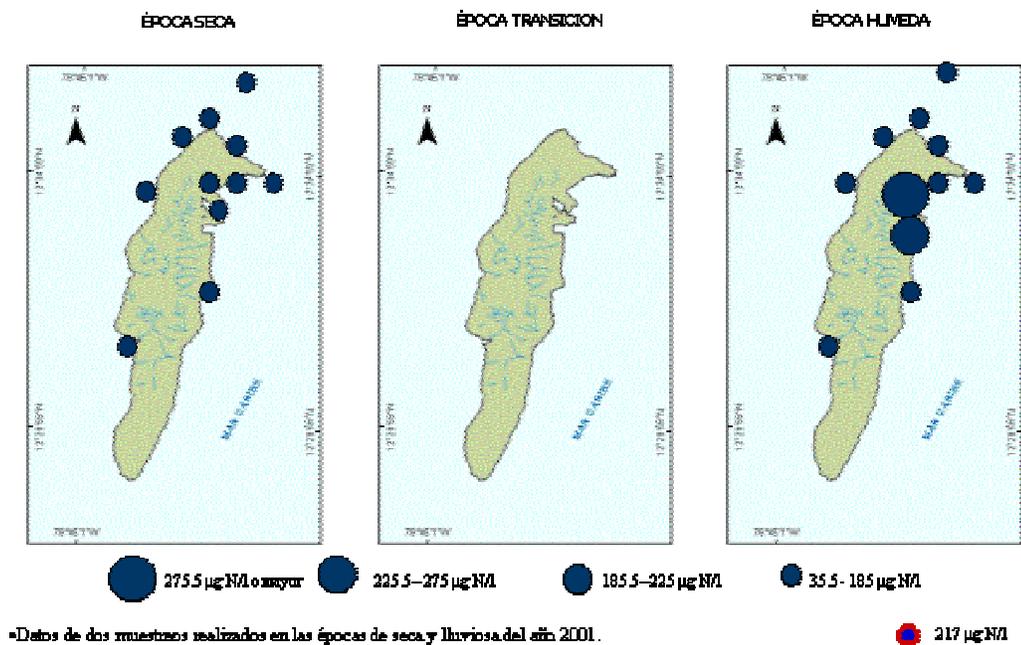


Figura 15. Distribución del nitrógeno inorgánico disuelto ($\mu\text{g N/l}$) en la zona costera de departamento de San Andrés.

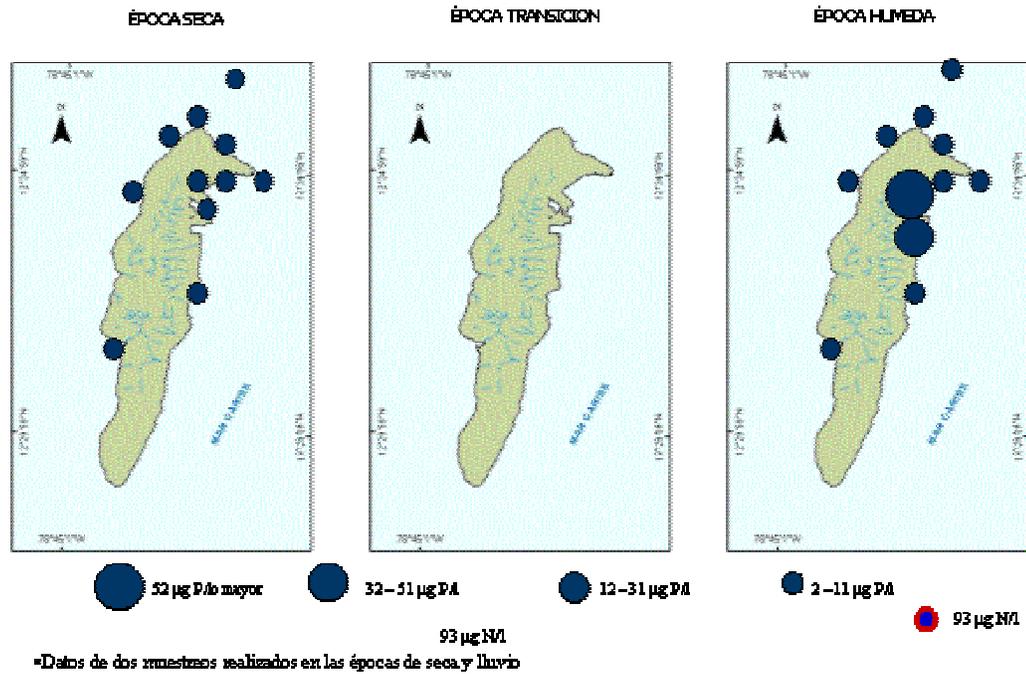


Figura 16. Distribución del fósforo inorgánico disuelto ($\mu\text{g P/I}$) en la zona costera del departamento de San Andrés

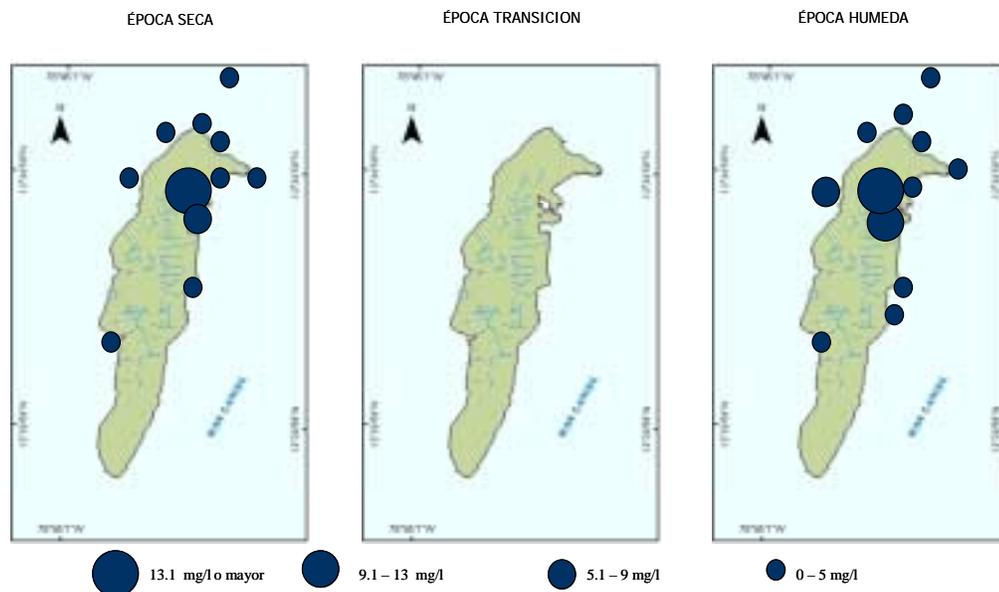


Figura 17. Distribución de los sólidos suspendidos (mg/l) en la zona costera del departamento de San Andrés.

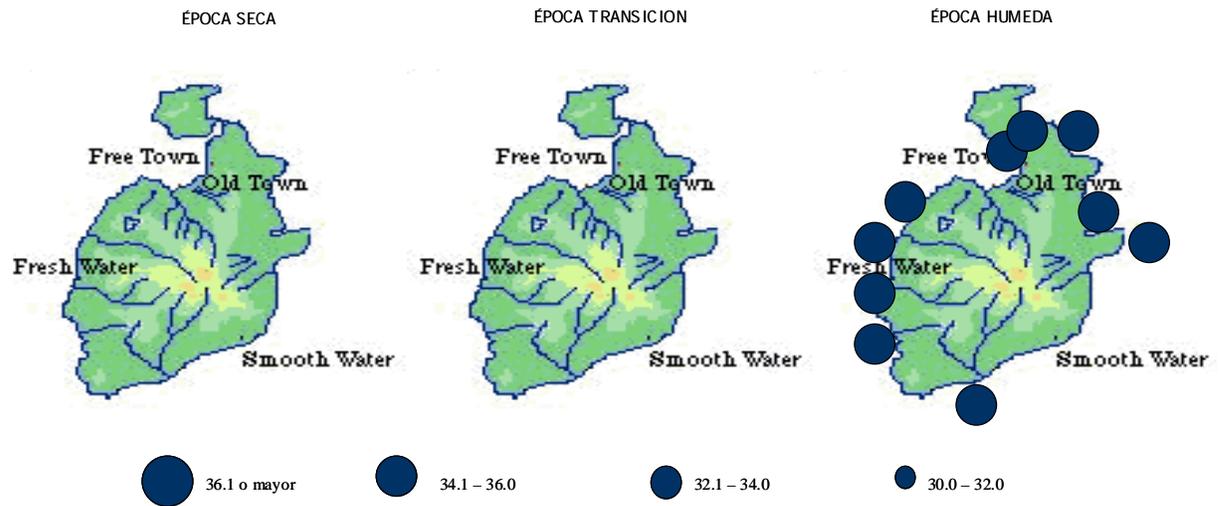


Figura 18. Distribución de la salinidad en Providencia.

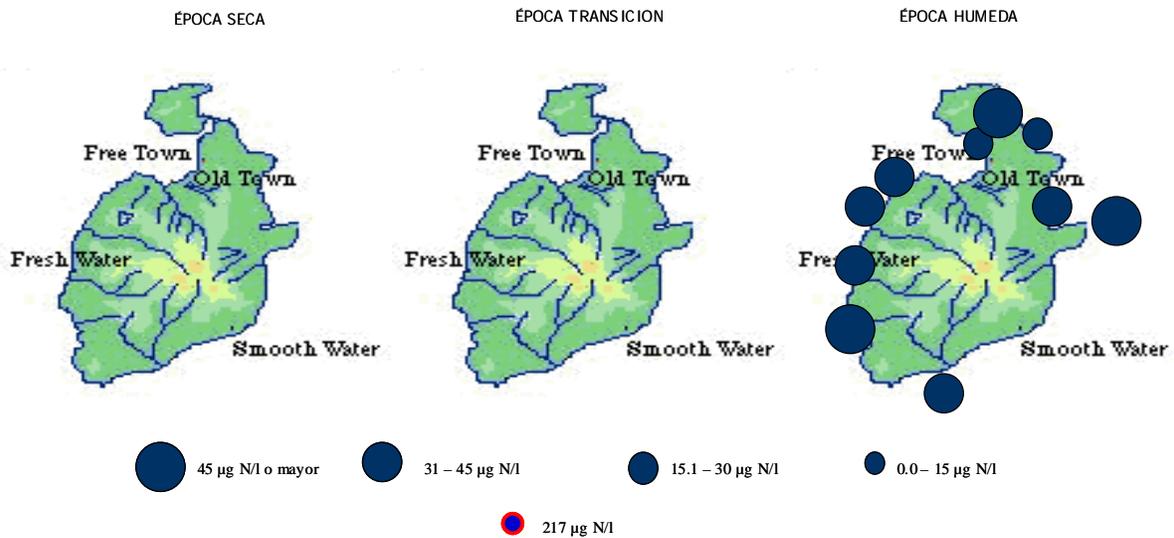


Figura 19. Distribución del nitrógeno inorgánico disuelto ($\mu\text{g/L}$) en Providencia

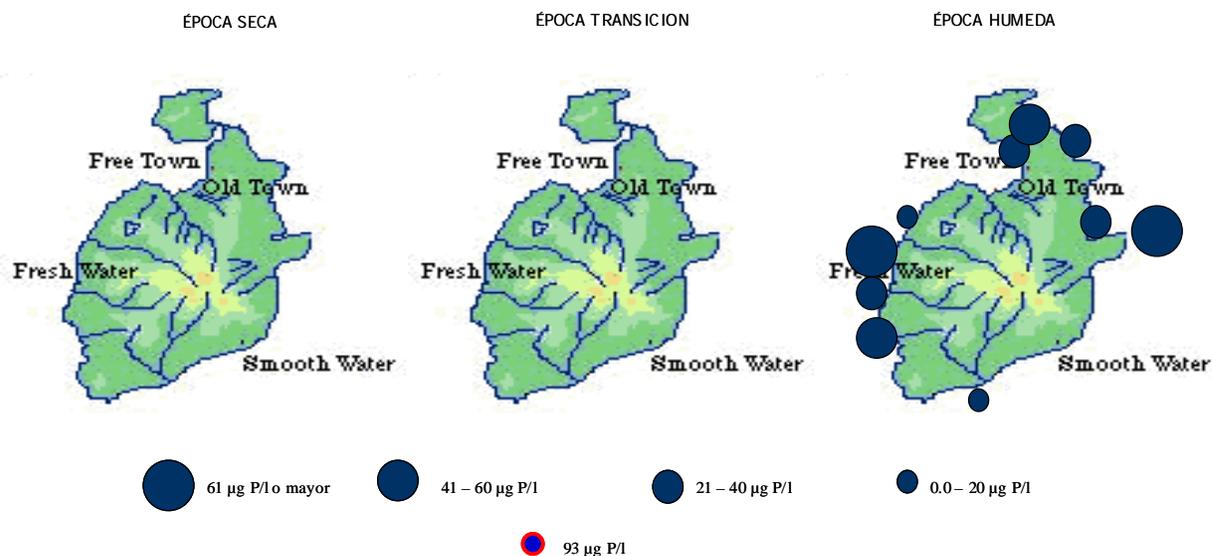


Figura 20. Distribución del fósforo inorgánico disuelto ($\mu\text{g/l}$) en Providencia.

1.3 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

El muestreo realizado en abril como representación de la época seca de 2001, mostró que las concentraciones de coliformes fecales fluctuaron entre 20 NMP/100ml y 24000 NMP/100ml con un promedio de 2512 NMP/100ml, valores de los cuales el 45% se encuentran dentro de los límites establecidos por la legislación Colombiana.

Según el análisis de las muestras, la mayor concentración de coliformes fecales para el 2001, se encuentra en la estación ubicada frente al alcantarillado (Figura 21), la cual sobrepasa los límites permisibles; ya que el sistema de alcantarillado recolecta las aguas negras provenientes de algunos sectores de la parte norte de la ciudad y las vierte directamente al mar en la costa noroccidental de la isla, sin un tratamiento previo o el uso de un emisor submarino. También se registraron altas concentraciones de coliformes fecales en las estaciones ubicadas en El Cove y Bahía Hooker, como resultado del vertimiento de aguas domésticas y lixiviados.

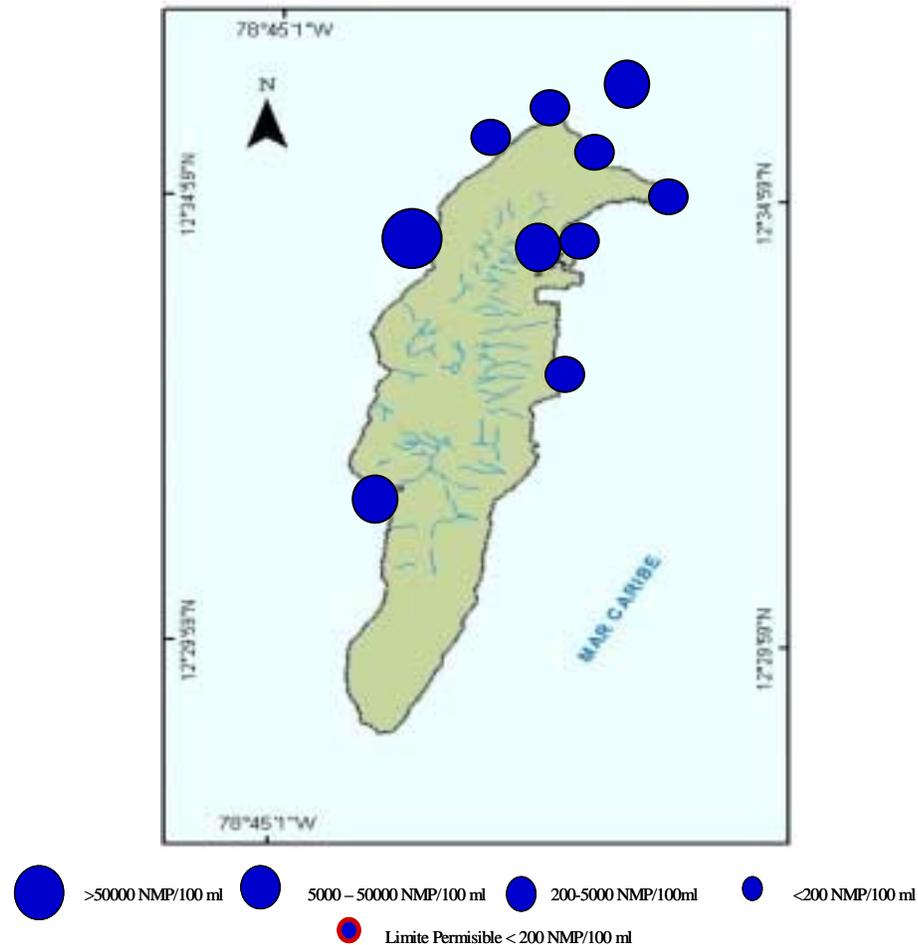


Figura 21. Distribución de coliformes fecales (NMP/100 ml) en la zona costera de San Andrés

Según la escala conceptual del grado de contaminación microbiológica (Marín, 2000), los cuerpos de agua que presentan un mayor impacto por este tipo de contaminantes, son los de la zona aledaña al alcantarillado, con niveles que sobrepasan los límites permisibles. Otras estaciones que presentan un impacto negativo por aguas residuales crudas son Cabañas Altamar, muelle, Bahía Hooker y Cove, donde se observan altos conteos de coliformes totales y fecales (Figura 22).

Aplicando la escala de valores para determinar el grado de contaminación de los contaminantes sanitarios específicamente los coliformes fecales en el primer monitoreo sistemático realizado en la isla de San Andrés durante el año 2001 se observa que sólo 5 estaciones presentan conteos por debajo de 200 NMP en 100 ml, de acuerdo con el Decreto 1594 de 1984 para destinación del recurso hídrico por contacto primario. Considerando que las 11 estaciones de muestreo corresponden al 100% de las muestras analizadas y de estas sólo 5 están por debajo del rango permisible, se obtiene un valor de 45.4% que corresponde al grado de contaminación para los contaminantes microbiológicos, por lo cual, la zona se considera con un nivel de contaminación media.

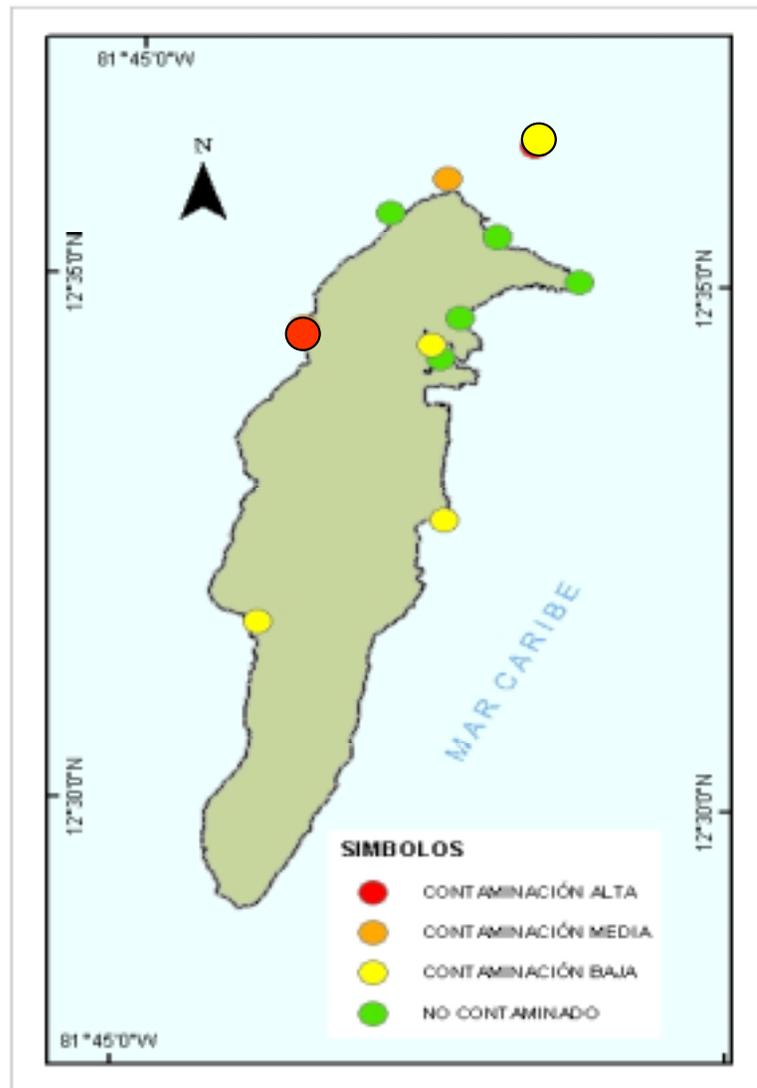


Figura 22. Niveles de Riesgo de Contaminación Microbiológica para la Zona Costera de San Andrés Islas.

1.3.0.1 ISLA DE PROVIDENCIA

Los datos históricos de la isla de Providencia se encuentran reportados en UFCs, impidiéndose la transformación de éstos, a la norma colombiana. Para el muestreo realizado durante la época seca del año 2001, no se tomaron muestras en éste sector; y para la época húmeda del mismo año las concentraciones de coliformes fecales se encontraron dentro de los rangos permisibles; a excepción de estaciones como la Electrificadora y Santa Catalina, cuyos rangos oscilaron entre 330 y 340 NMP/100ml respectivamente; notándose una influencia de aguas residuales o contaminación que aporta bacterias de origen fecal humano o animal.

Para el segundo muestreo del año 2001, la Isla de Providencia presentó un 80% de las muestras dentro de los límites permisibles, ubicándose como una zona de contaminación baja.

1.4 HIDROCARBUROS Y PLAGUICIDAS

Los resultados sobre la contaminación química por residuos de plaguicidas en el archipiélago de San Andrés, se muestran graficados según la distribución horizontal para el 2001 en la Figura 23. Estos datos se refieren a valores encontrados en las aguas superficiales para las dos épocas (seca y húmeda) del año. En la época de transición, no se realizó muestreo de la zona. Los análisis arrojaron valores en todas las estaciones inferiores a 3ng/l, muy por debajo del valor máximo permisible de 30ng/l durante las dos épocas, indicando que no hay variación del contenido de plaguicidas en la zona por el incremento de las lluvias, lo cual permite considerar este valor como un promedio de los niveles encontrados. Según la escala de riesgo de contaminación, se clasifica esta zona como NO CONTAMINADA o con riesgo bajo de contaminación por residuos de plaguicidas. Aun cuando todos los valores de plaguicidas son muy bajos, los mayores valores de contenidos de plaguicidas para la isla de San Andrés corresponde a la bahía de Hooker, que es el sector isleño que más recibe descargas terrestres.

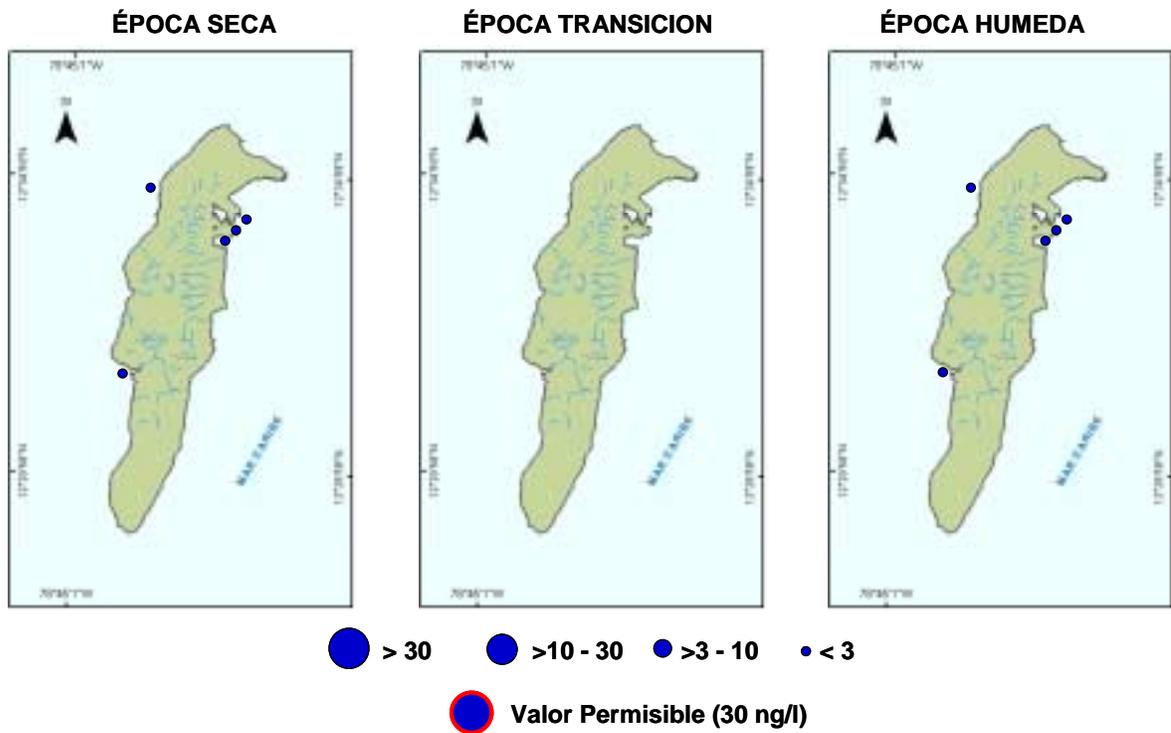


Figura 23. Niveles de residuos de plaguicidas organoclorados en el departamento de San Andrés.

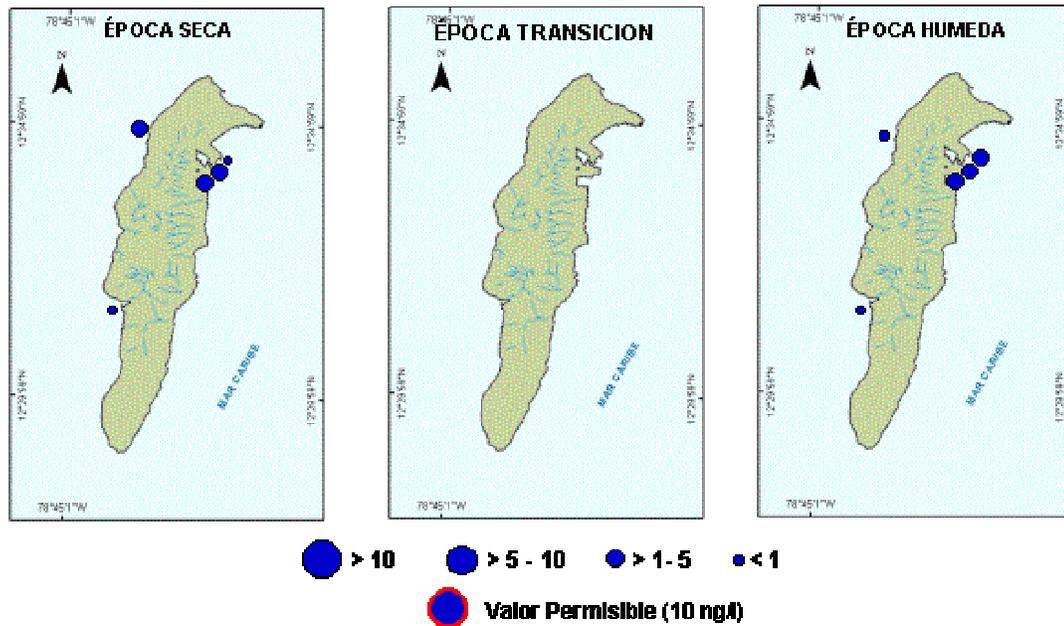


Figura 24. Niveles en ug/l de Hidrocarburos Disueltos y Dispersos en el departamento de San Andrés.

Para el caso de los hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) (Figura 24), se observa que para el año 2001 San Andrés presenta valores inferiores a los 5 ug/l en ambas épocas. De hecho los valores encontrados en la época seca no superan los 2ug/l mientras que en la época lluviosa se encuentra un máximo de 2.8 ug/l para la estación del muelle departamental, en parte debida a la actividad portuaria y movimiento de buques. En general estos niveles se encuentran por debajo del valor máximo permisible para aguas marina y costeras no contaminadas, que se acepta como 10ug/l (UNESCO, 1974).

Se observar en general, que los mayores valores de HDD se encuentran nuevamente localizados en la zona de la Bahía Hooker y los menores en la estación de “El Cove”. Esto esta relacionado con la actividad portuaria y marítima de la bahía. Por lo anterior, Bahía Hooker se debe considerar como zona de riesgo bajo de contaminación, siendo recomendable para futuros monitoreos, ubicar estaciones por encima de los 12°34’ N.

1.5 METALES PESADOS

Los promedios y los rangos de concentración obtenidos en los análisis se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5. Concentraciones promedio de Cr, Cd y Pb ($\mu\text{g/l}$), rango, desviación estándar (SD) y Coeficiente de variación (CV%) en aguas de 4 estaciones de la Isla de San Andrés, durante mayo del 2001.

	Cr ($\mu\text{g/l}$)	Cd ($\mu\text{g/l}$)	Pb ($\mu\text{g/l}$)
Promedio	<LD	1.75	39.5
Rango	----	0.0017-0.0018	0.033-0.042
SD	----	0.00068	0.0043
CV(%)	----	3.7	11
Nº de Datos	----	4	4

Para el Cd se registraron concentraciones que oscilaron desde 1.7 $\mu\text{g Cd/l}$ hasta 1.8 $\mu\text{g Cd/l}$. Estas concentraciones fueron medidas en las estaciones adyacentes al alcantarillado y en Bahía Hoocker respectivamente (Figura 25).

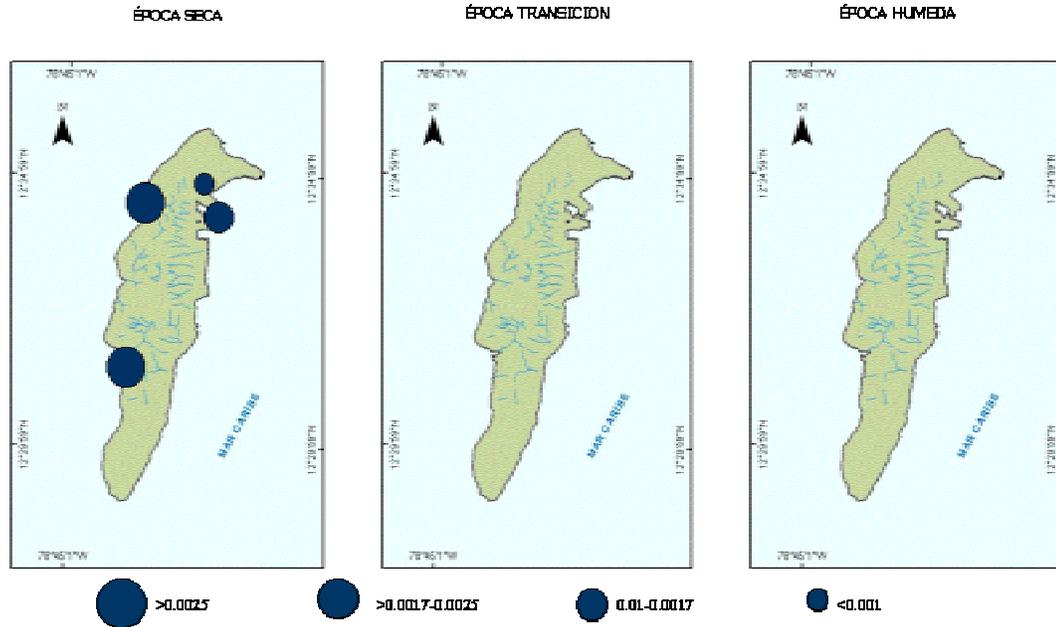


Figura 25. Distribución de Cd ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera de San Andrés.

Para el Cr se encontraron concentraciones por debajo del límite de detección del método (<2.1 $\mu\text{gCr/l}$) para todas las estaciones muestreadas (Figura 26).

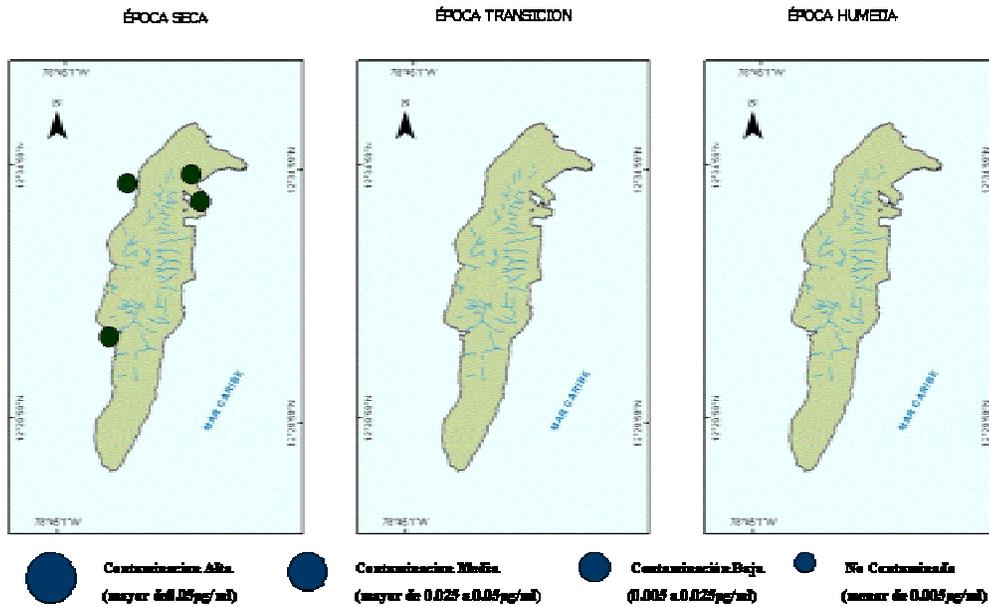


Figura 26. distribución de Cr ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera de San Andrés.

En el caso del Pb, se registraron concentraciones en un rango de 33-42 $\mu\text{g Pb/l}$ para las estaciones establecidas en la Bahía Hoocker (Figura 27).

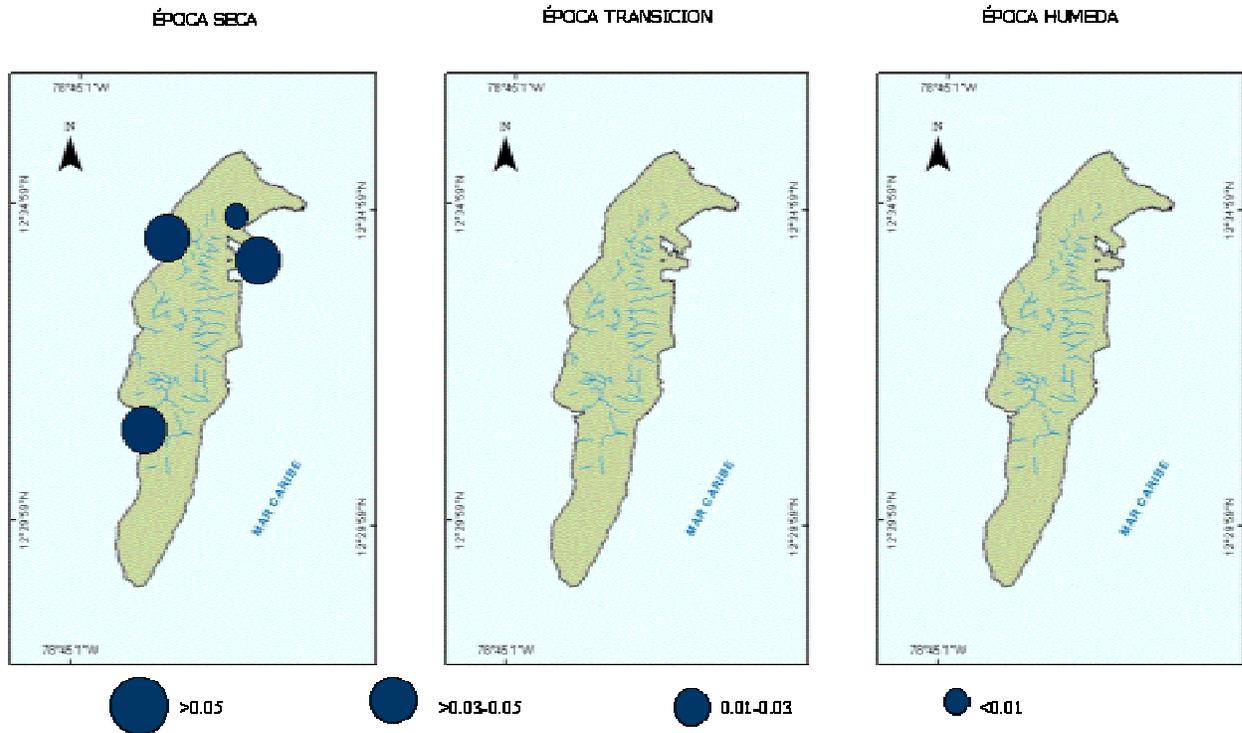


Figura 27. Distribución de Pb($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera de San Andrés.

De manera general, las concentraciones de Cd y Pb presentan un comportamiento similar, es decir, se observa como tendencia un aumento en la concentración de estos metales en las estaciones cercanas a la desembocadura del Alcantarillado y en el Cove y disminución en las estaciones localizadas en la Bahía Hoocker (Figuras 25 y 27). Este comportamiento obedece en parte que la zona donde se localiza el Alcantarillado ha sido afectada de manera directa por la disposición de residuos sólidos de toda índole a través de las aguas residuales servidas del área urbana de la isla, lo cual favorece el aumento en la concentración de metales en esta zona, en comparación con las demás que igualmente han sido estudiadas.

Como se mencionó antes, la información para esta región insular sobre contaminación por metales pesados es escasa, por tanto, se realiza la valoración del estado actual de contaminación a partir de los datos obtenidos en aguas durante monitoreo del 2001. Como criterio para la evaluación de la contaminación por metales en esta área, se emplea la valoración conceptual, como indicativa del grado de contaminación que presentan los ecosistemas.

De acuerdo a lo propuesto en dicha escala, las concentraciones de Cr (Figura 28) y Cd (Figura 29) medidas durante el monitoreo, se encuentran dentro del rango establecidos como No Contaminación y sin representar ningún nivel de riesgo para estos dos metales. Contrariamente el Pb presenta valores que oscilan dentro de los rangos de Contaminación Baja y por tanto los niveles de riesgo para este elemento también resultan bajos (Figura 30).

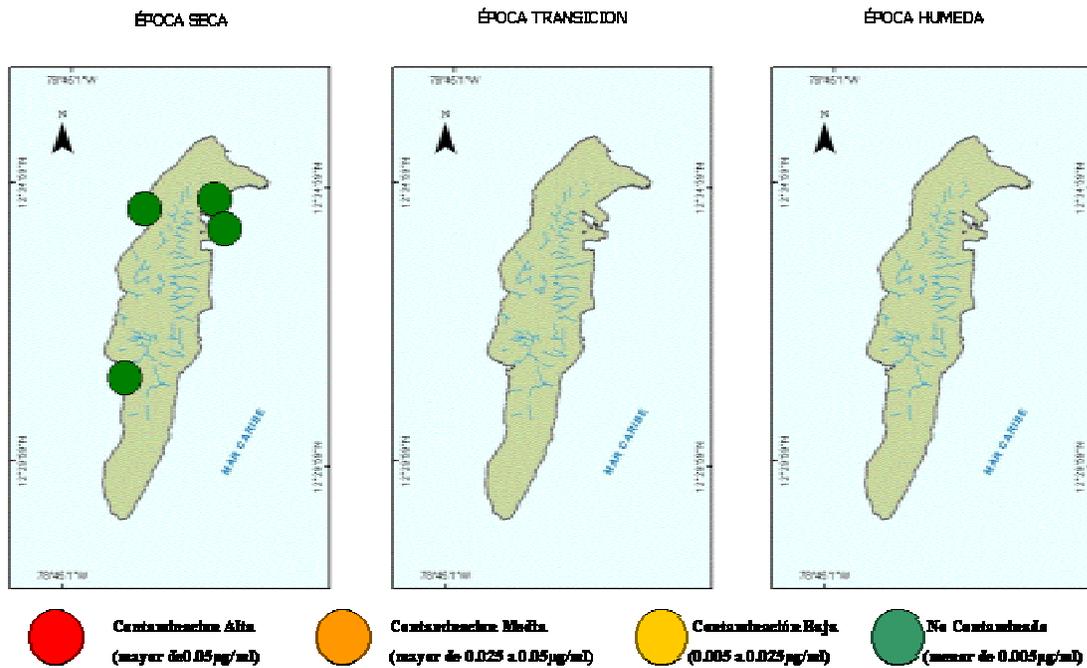


Figura 28. Valoración de la contaminación con Cr (µg/ml) en al zona costera de San Andrés.

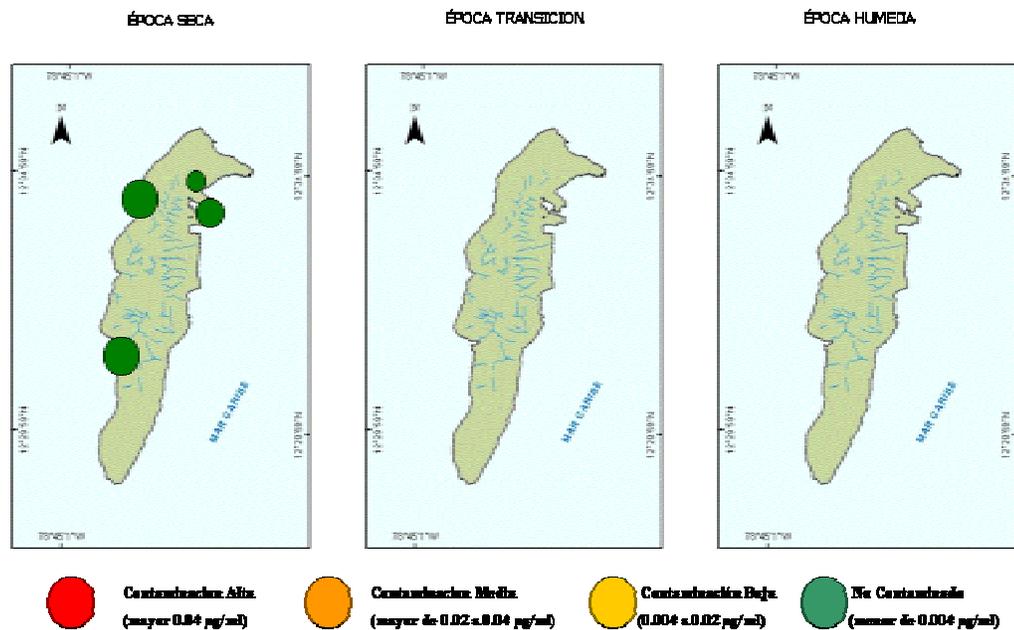


Figura 29. Valoración de la contaminación con Cd (µg/ml) en la zona costera de San Andrés.

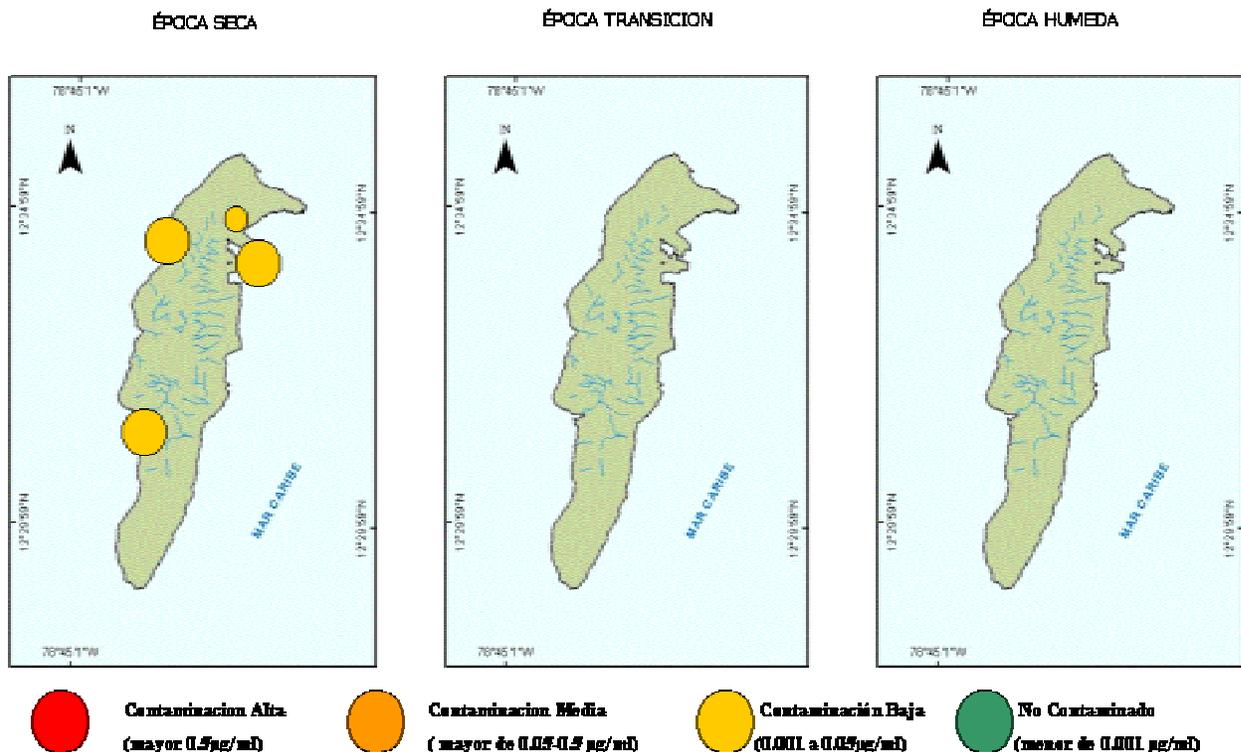


Figura 30. Valoración de la contaminación con Pb ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera de San Andrés.

1.6 ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

El archipiélago de San Andrés y Providencia está compuesto por tres islas (San Andrés, Providencia y Santa Catalina) y numerosos cayos y bancos, de origen volcánico y coralino. En esta porción costera se presentan todos los principales tipos de ecosistemas marinos y costeros, siendo los arrecifes coralinos los de mayor extensión y desarrollo en todo el país. Las islas y cayos cuentan también con numerosas playas y amplias porciones de litoral rocoso. Sin embargo, estas formaciones no se han estudiado desde el punto de vista estructural o funcional biológico, de tal manera que no se conoce su estado o desarrollo.

Los únicos aportes de agua dulce a la zona costera provienen de arroyos temporales como el Bight, Cove, Gully, Salt Creek y Mount Pleasant Creek en San Andrés (INVEMAR, 2000). En Providencia se cuenta con arroyos permanentes como el de Fresh Water Bay, Bottom-House Peak, Old Town Bowden y Lazy Hill también denominado Salt Creek⁵.

Los manglares se encuentran en diferentes sectores de las islas, casi siempre delineando la costa. En Bahía Hooker se halla un bosque de manglar con 34,4 ha de extensión compuesto por *R. mangle*, *A. germinans*, *L. racemosa* y *C. erectus*. Entre orange Hill y Little Hill se encuentra un bosque de 27, 1 ha, compuesto por *R. Mangle*, *L. racemosa* y parches dispersos de *C. erectus*. Al sudeste de la isla se encuentran zonas de manglar con menor extensión como Sound Bay y Smith Channel. El único manglar que se encuentra al costado occidental de la isla es El Cove,

⁵ Sánchez – Páez & Alvarez – león, 1997^a (INVEMAR, 2000)

conformado por un bosque monoespecífico de *R. Mangle* que está en contacto directo con el mar (INVEMAR, 2000).

La problemática de la contaminación en los manglares de San Andrés radica principalmente en el vertimiento de aguas residuales domésticas sin ningún tipo de tratamiento, basuras provenientes del área urbana aledaña y escombros depositados con el fin de ganar terreno para la construcción. En Bahía Hooker además, la calidad de las aguas se ha deteriorado por recibir residuos aceitosos. En Sound Bay, donde se encuentra uno de los rodales más extensos, hay mortalidad del arbolado, principalmente por acumulación de materia orgánica proveniente de las descargas hoteleras y la acumulación de desechos sólidos y escombros. Solamente en Salt Creek el bosque presenta un alto grado de desarrollo estructural, con pocas intervenciones humanas a excepción de la contaminación a pequeña escala con desechos sólidos de origen doméstico (Sánchez *et al*, 1997).

En las islas de Providencia y Santa Catalina también se encuentran considerables áreas de manglar como el caso de Mc Bean Lagoon, situado al noroeste de la isla, con una extensión de 30 ha (INVEMAR, 2000). Otras áreas importantes de manglar son Southwest Bay, Old Town, Machineel Bay, Jones Point Town y Santa Catalina. Estas formaciones reciben vertimientos de aguas residuales domésticas y basuras pero no se ha reportado que el grado de contaminación haya causado un deterioro notable.

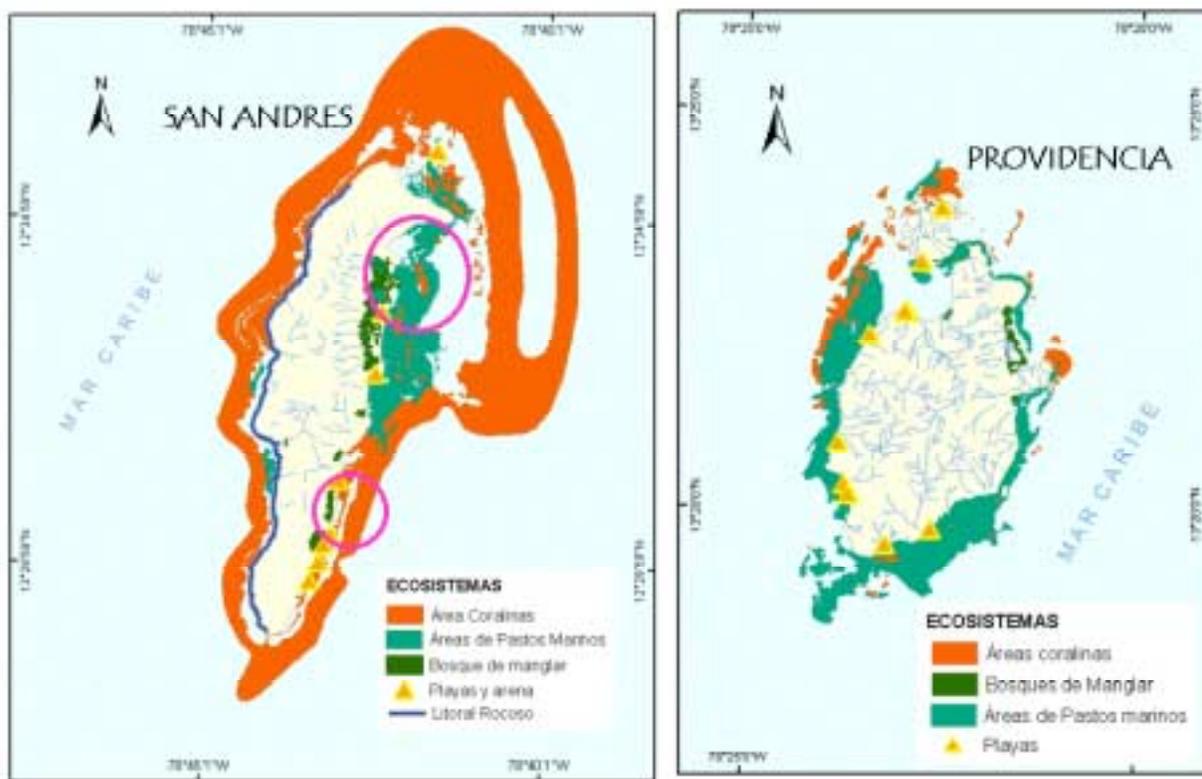


Figura 31. Ecosistemas marinos y costeros en San Andrés y Providencia. Zonas con signos de deterioro por contaminación.

1.6.1 Vegetación marina.

En el Archipiélago las praderas de pastos marinos se desarrollan al abrigo de las formaciones coralinas alrededor de las islas San Andrés⁶ y Providencia⁷, y solamente se presentan a manera de pequeños parches en algunos sectores alrededor de los cayos de los atolones Albuquerque y Courtown. En la isla de San Andrés se pueden encontrar praderas al sur del complejo arrecifal, extendiéndose hacia las playas alcanzando profundidades de hasta 3 m, formando un canal entre la costa y la barrera de Little Reef⁸. También se presentan en el complejo lagunar de Providencia, en el cayo Bolívar y los atolones de Albuquerque y Courtown⁹. No se han registrado estudios sobre el estado de estas formaciones realizados con anterioridad, se espera en el 2002 contar con los resultados del proyecto desarrollado por Díaz *et al* (2000).

1.6.2 Arrecifes de coral.

En el archipiélago de San Andrés y Providencia se presentan diferentes tipos de arrecifes (complejos arrecifales), como atolones barreras y franjeantes; se estima que el área arrecifal comprende unos 5.000 km².¹⁰ Alrededor del banco Serrana y de la isla Providencia se hallan unas de las barreras arrecifales más largas del Caribe (50 y 32 km de longitud)¹¹. Aquí también se hallan unos de los pocos atolones verdaderos de América.

Las formaciones coralinas del área comprenden dos arrecifes de barrera antepuestos a cada una de las islas mayores, San Andrés y Providencia, cinco atolones verdaderos (cayos Albuquerque, Courtown, banco Serrana, banco Roncador y banco Quitasueño) y algunos bancos coralinos (Serranilla, Bajo Nuevo y Bajo Alicia). Cada uno representa un complejo arrecifal con diferentes tipos de arrecifes menores (periféricos, barreras, parches y franjeantes) (Díaz - Pulido, 1997).

De acuerdo con los resultados arrojados por el monitoreo del SIMAC, los arrecifes de San Andrés han mostrado una tendencia sostenida de reducción de la cobertura coralina desde valores posiblemente superiores al 70% en los años setenta, a 39% en 1992 y menos del 30% a fines de los noventa¹². De acuerdo con el último informe, en San Andrés la cobertura ha experimentado una reducción constante desde 1998, de 26,9% a 22,1%; sin embargo, también las algas experimentaron un ligero descenso (INVEMAR, 2001).

Es evidente que una de las principales causas de degradación coralina en los arrecifes de San Andrés es la descarga de aguas negras (Díaz *et al*, 2000). La degradación de los setos de *Acropora* y las invasiones de algas blandas en los arrecifes ya empezaron en los años 70, considerablemente antes de los blanqueamientos en masa de 1983/84 y antes de la casi extinción del equínido algóvoro *Diadema antillarum* ocurrida en 1983. En fotografías tomadas durante 33 años en los arrecifes de Little Reef, se observaron cambios en la composición de las asociaciones arrecifales, agrandamiento y reducción de cobertura coralina, fragmentación de corales por efectos de tempestad y su regeneración, el desarrollo de enfermedades infecciosas (BBD) y tumores en corales, invasiones de algas blandas en el arrecife y su competencia con los

⁶ Díaz *et al*, 1995 [9]

⁷ Márquez, 1987, 1992; Geister, 1992; Díaz *et al*, 1996 b [9]

⁸ Steer *et al*, 1997 (INVEMAR, 2000)

⁹ Díaz *et al*. 2000 (INVEMAR, 2000)

¹⁰ Márquez *et al.*, 1994 [8]

¹¹ Díaz *et al.*, 1996c [8]

¹² Garzón-Ferreira *et al*, 2000 [30]

corales, así como una avanzada de la bioerosión. Algunos autores afirman que la proliferación de algas no puede ser el resultado de una eutroficación marina procedente de la isla, porque se registró igualmente en arrecifes de San Andrés tocados exclusivamente por las corrientes oceánicas de altamar. De acuerdo al registro fotográfico, desde 1994 la biocenosis de los arrecifes de San Andrés se encuentra en un proceso de lenta recuperación que se ha acelerado considerablemente en los últimos años (Geister, 2001).

1.6.3 Fondos sedimentarios.

En San Andrés la plataforma marina es de poca profundidad, originándose desde la costa norte y este, ampliándose hasta los arrecifes coralinos que la rodean. Sobre la terraza submarina se han depositado fragmentos de corales, algas coralinas y erizos (Sánchez *et al*, 1997); de tal forma que los fondos están cubiertos por arenas finas de tipo biodetrítico (INVEMAR, 2000). Cerca de las islas de San Andrés se encuentran poblaciones de camarones de interés comercial, a profundidades menores de 420 m, como *Pleoticus robustus* (camarón rojo real) y *Aristaeomorpha coliaacea* (camarón gamba) (Steer *et al*, 1997).

1.7 CONCLUSIONES

- ▶ Las características fisicoquímicas del agua alrededor de San Andrés, indica que no se encuentran problemas por acumulación de nutrientes o variaciones drásticas en sus medidas, para la mayoría de las estaciones de muestreo. Sólo en bahía Hooker se notan algunos puntos críticos, por su condición de estuario y poca movilidad de sus aguas. El vertimiento de las aguas servidas, no parece causar un impacto fuerte, debido al patrón de circulación de las aguas.
- ▶ Para Providencia el estado de la calidad de las aguas costeras, presentan algo más de influencias terrestres, comparada con San Andrés. Prueba de ello son los valores de concentración de nutrientes tomados durante la temporada de lluvias.
- ▶ En las Islas de San Andrés y Providencia, el alcantarillado es la zona de mayor impacto negativo por aguas residuales crudas, sin embargo, cuentan con una contaminación por coliformes fecales relativamente baja, dadas las características de la zona, pues se encuentra rodeada por aguas oceánicas que favorecen el flujo continuo de microorganismos de origen fecal, evitándose su acumulación y permanencia. Por lo cual, la población y el turismo pueden seguir utilizando las aguas de contacto primario y secundario, debido a que los riesgos son reducidos, no obstante es aconsejable contemplar la posibilidad de montar un emisario submarino que mejore la disponibilidad de las aguas crudas y por lo tanto la calidad del agua.
- ▶ En general, no se identifica impacto ambiental significativo debido a niveles de plaguicidas e HDD sobre la calidad de las aguas marinas y costeras de San Andrés, presentándose un riesgo bajo de contaminación durante todo el año. En líneas generales se puede concluir que la contaminación autóctona por agroquímicos no se presenta en el Archipiélago y su detección se debe atribuir a la llegada por corrientes marinas y por vía atmosférica desde las zonas continentales.
- ▶ Para la isla de San Andrés se encontró que las mayores concentraciones de los metales analizados (Cd y Pb) se registraron en la estación localizada en cercanías de la desembocadura del Alcantarillado sanitario, aumento que puede estar favorecido por la disposición directa de desechos de toda índole sobre esta área. No obstante los resultados encontrados hasta la fecha no generan preocupación, ya que según los criterios establecidos en la escala indicativa, las concentraciones para estos elementos se encuentran dentro de los rangos establecidos como contaminación Baja y por tanto los niveles de riesgo también son bajos.

- ▶ En San Andrés se reportaron deterioros por contaminantes en arrecifes de coral y manglares, especialmente en las zonas costeras y marinas de la isla de San Andrés. Los arrecifes de coral han presentado notorios fenómenos de blanqueamiento, mortalidad de especies e invasión por algas, lo cual se ha atribuido primordialmente a fenómenos climáticos. Sin embargo, es necesario considerar que no se ha estudiado el efecto sinérgico que ejercen sobre la calidad las altas concentraciones de población, sostenidas durante varias décadas y especialmente en épocas de temporada turística, sobre los ecosistemas. El principal factor contaminante registrado es el vertimiento de aguas negras y residuos sólidos, sin que se hallan hecho estudios tendientes a cuantificar en qué medida están afectando a los ecosistemas.

2. GUAJIRA

2.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Este departamento posee 4 municipios costeros: Uribia, Manaure, Dibulla y Riohacha. Las principales poblaciones costeras son Riohacha, Dibulla y Manaure, que cuentan con la siguiente población y cobertura de alcantarillado (Tabla 6):

Tabla 6: Población y cobertura de alcantarillado de las principales poblaciones costeras del departamento de la Guajira.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN (hab.) 2001**	% ALCANTARILLADO*
Manaure	Cabecera	9.857	47
Riohacha	Cabecera	63.625	72
Dibulla*	Cabecera	17.122	0

*Datos extraídos del Sistema de Información de Aguas y Saneamiento Básico (www.sias.gov.co)

**Datos proyectados en base al censo de 1993-DANE

En la Tabla 7 se presenta la información sobre fuentes de contaminación y tributarios afectados en la zona costera del departamento.

Riohacha es la capital departamental y en ella se concentra un alto porcentaje de la población del departamento. Por estar localizada sobre la faja costera se constituye en el principal foco de vertimiento de residuos domésticos de la costa del departamento. Se ha evidenciado contaminación por vertimiento de aguas negras en la zona costera de Riohacha (Díaz - Pulido, 1997). No se ha registrado la presencia de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 7: Información Regional sobre fuentes de contaminación, tipos de contaminación y principales tributarios en Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Guajira "CORPOGUAJIRA"

FUENTE CONTAMINANTE		TIPO DE CONTAMINACION	TRIBUTARIOS AFECTADOS
Minería	Explotación de carbón Cerrejón - municipios (Barrancas y Riohacha)	Aumento de sólidos en suspensión y disueltos	Río Ranchería
Agricultura	Cultivos de arroz, maíz, tomate, plátano y sorgo	Agroquímicos	Río Ranchería, río Cañas, río Palomino
Industria	Termoguajira	Aguas térmicas	Río Cañas
Puertos	Puerto Bolívar - Uribia - Dibulla	Aguas de sentinas - residuos de carbón	Bahía Portete
	Estaciones de servicio	Aceites, grasas, sedimentos	Río Ranchería - Riito
Instituciones	Matadero de vacunos	Retazos de pieles, cascos y heces	Mar Caribe - Riohacha
Residuos y vertimientos domésticos	Alcantarillado de Riohacha	Aguas residuales domésticas	Mar Caribe - Riohacha

Información suministrada por la Corporación Autónoma Regional de la Guajira.

Las posibilidades de evolución y desarrollo de los bosques de manglar del delta del río Ranchería son bajas, como corresponde a las fuertes limitaciones naturales de esta región. Ellas incluyen una precipitación menor a 600 mm/año, evapotranspiración alrededor de 2.000 mm/año, alta insolación que origina elevadas temperaturas del agua, salinización de los suelos y las tensiones originadas por actividades humanas con centro en Riohacha (Casas, 2001).

En el departamento se ubican tres puertos marítimos principales: Puerto Bolívar con mayor capacidad y Riohacha y Manaure, de menor capacidad.

Se han registrado hidrocarburos en Castilletes y Punta Estrella que se deben probablemente a las actividades petrolíferas en Venezuela, cuyos residuos son transportados por las corrientes a través del Golfo de Coquibacoa (Garay, J, 1994).

Se presentan además altas tensiones originadas por actividades humanas como contaminación por basuras dispuestas a cielo abierto, compactación de suelos, residuos de la industria del carbón, tala en sectores localizados del bosque (Casas, 2001), entradas de residuos de compañías termoeléctricas, explotación de combustibles fósiles y alcantarillado sin tratamiento (Steer *et al*, 1997).

La Guajira cuenta con 428.512 has aprovechables para cultivos comerciales y mecanizados, localizadas al suroccidente del departamento. En el corredor costero, únicamente la franja comprendida entre Riohacha y los límites con el departamento del Magdalena son aprovechables para la explotación agropecuaria. En 1982 el aprovechamiento de la tierra se distribuyó así: 1% de la superficie cultivada dedicada a cultivos permanentes 15,3% a cultivos anuales, 2,8% en pastos y 80,9 en otros usos (IGAC, 1986). Los principales cultivos en la alta Guajira son maíz, frijón, ahuyama y melón. Las hectáreas cultivadas son pocas y su producción y rendimiento están en relación con la baja calidad y total ausencia de técnicas para el mejoramiento de las mismas (www.ideam.gov.co).

Entre los principales recursos minerales con que cuenta el departamento están el carbón, el gas, el petróleo, el yeso, la caliza, la sal, el cobre y la aragonita entre otros. Las reservas carboníferas se localizan en Barrancas y el Cerrejón. Los yacimientos de gas se localizan en Chuchupa, Ballenas y Riohacha. El área de salinas asciende a 4.071 ha en Manaure. Hay yacimientos de yeso en Uribia, Puerto López, Carrizal, Cardón, Ahuyama, Santa Cruz, Agua Nueva, Majaguita y Pozo Hondo (www.ideam.gov.co).

El turismo es explotado parcialmente en los alrededores de Riohacha, Dibulla, Uribia y Cabo de la Vela.

2.2 FISCOQUÍMICOS

Se muestrearon cuatro estaciones en la zona costera frente al municipio de Riohacha: una junto al faro, otra junto al muelle, una en la boca del Río Ranchería y la última frente a la boca del río, en la parte marina. Se tomó una estación en el río, dos Km arriba de la desembocadura. De allí en adelante las muestras fueron tomadas en los ríos, la boca de los mismos y en la parte marina al frente de las desembocaduras. Los ríos fueron: Jeréz, Cañas y Palomino (Figuras 32 a 36). Se realizaron dos muestreos durante el año 2001, uno en seca y el otro durante lluvias.

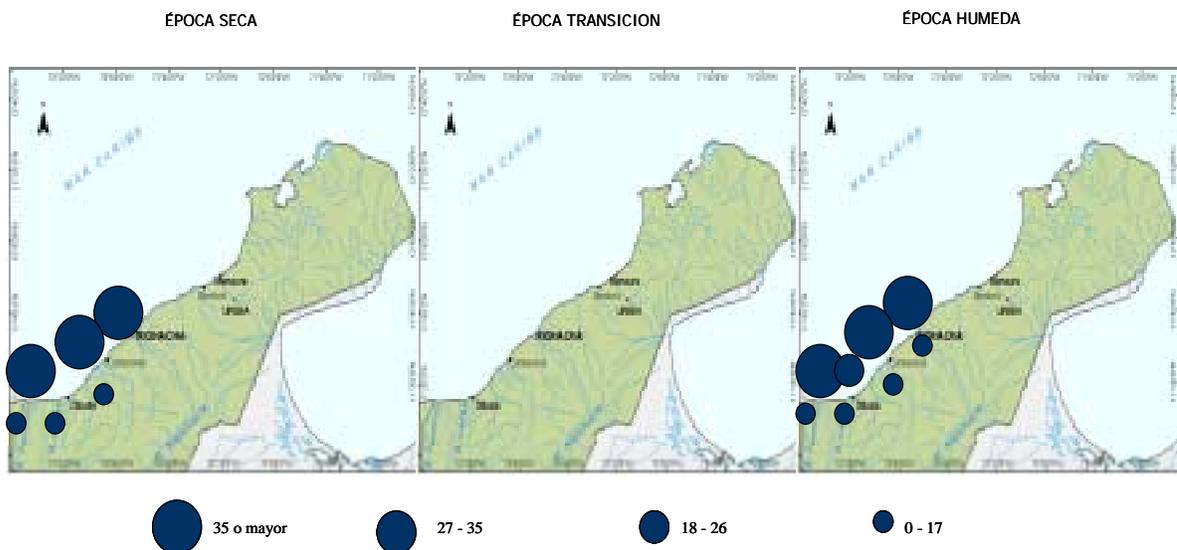
Los datos obtenidos desde las costas de la ciudad de Riohacha hasta el límite con el departamento del Magdalena, muestran que las variables fisicoquímicas están dentro de niveles normales para aguas marinas tropicales.

La zona marina fue encontrada con condiciones normales, influidas por las condiciones del régimen de vientos, que domina por la época en que se realizó el primer muestreo. Nutrientes

bajos ($29.9 \mu\text{g/l}$ de nitrógeno inorgánico y $170 \mu\text{g/l}$ de PO_4) y altos valores para el oxígeno disuelto (98% de saturación) son las principales características. Sin embargo durante la salida a campo frente a las costas de la ciudad de Riohacha, se observaron tres diferentes sitios por donde llegan tuberías de aguas servidas a la zona costera.

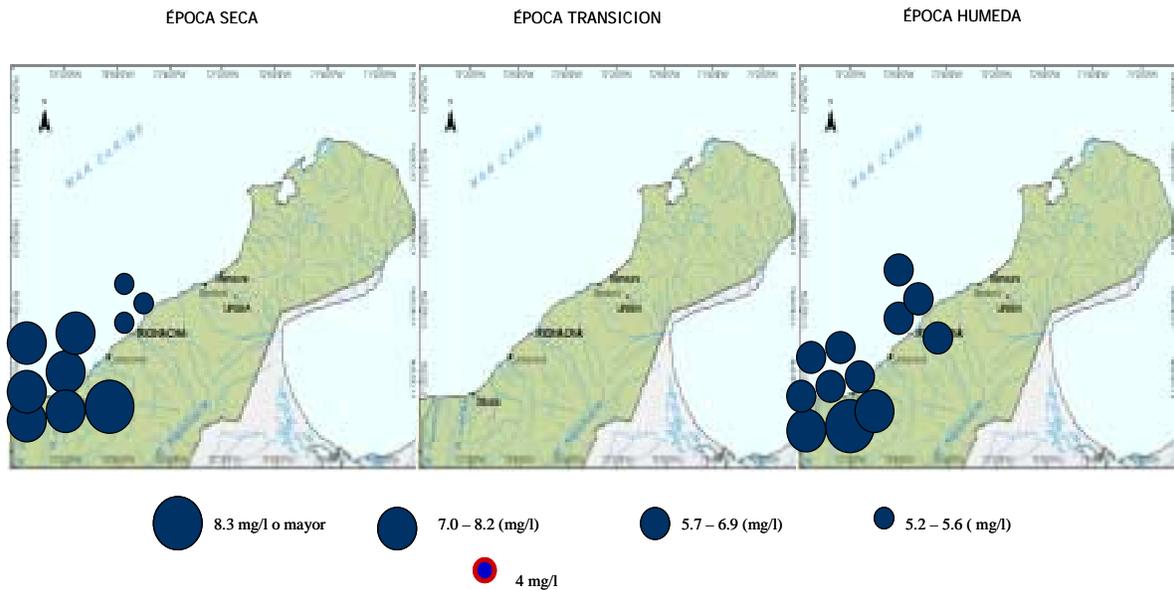
Para los análisis realizados durante la temporada de lluvias se observó un aumento de las concentraciones de nitrógeno en los cuatro ríos monitoreados (el promedio de los ríos en época seca fue de $10.4 \mu\text{g N/l}$, mientras que en invierno fue de $109.7 \mu\text{g N/l}$). El mismo fenómeno se registró con los valores de fósforo (de $11.42 \mu\text{g P/l}$ en promedio para el muestreo en seca, pasó a $111.06 \mu\text{g P/l}$ durante el muestreo de la temporada de lluvias), con lo que el aumento en ambos casos fue el aumento en un factor de 10. Históricamente los valores de fósforo en el Río Ranchería se han reportado en los rangos de $80 - 300 \mu\text{g/l}$ de P (Escobar & Barg, 1990), pero se necesitan datos históricos continuos para documentar los cambios cíclicos de los nutrientes en los aportes de los ríos a la costa.

Los análisis de muestras de la zona costera presentaron condiciones típicas marinas, mostrando poca influencia continental, debido a las condiciones climáticas que responden al régimen de vientos, que por la época de muestreo fueron fuertes. De las actividades industriales, sólo la generadora de energía eléctrica Termo Guajira esta usando las aguas costeras para el enfriamiento de sus turbinas, sin embargo la muestra tomada a 100 metros de la descarga de agua caliente desde la planta, no indicó influencias negativas en las aguas marinas alrededor del vertimiento (temperatura superficial medida: 27.7°C y oxígeno disuelto de 7.3mg/l durante el muestreo de seca, mientras que durante las lluvias se midieron 27.8°C y 6.55mg/l de O_2 disuelto).



•Datos de dos muestreos realizados en las épocas de seca y lluviosa del año 2001.

Figura 32. Distribución de la salinidad en la zona costera del departamento de la Guajira

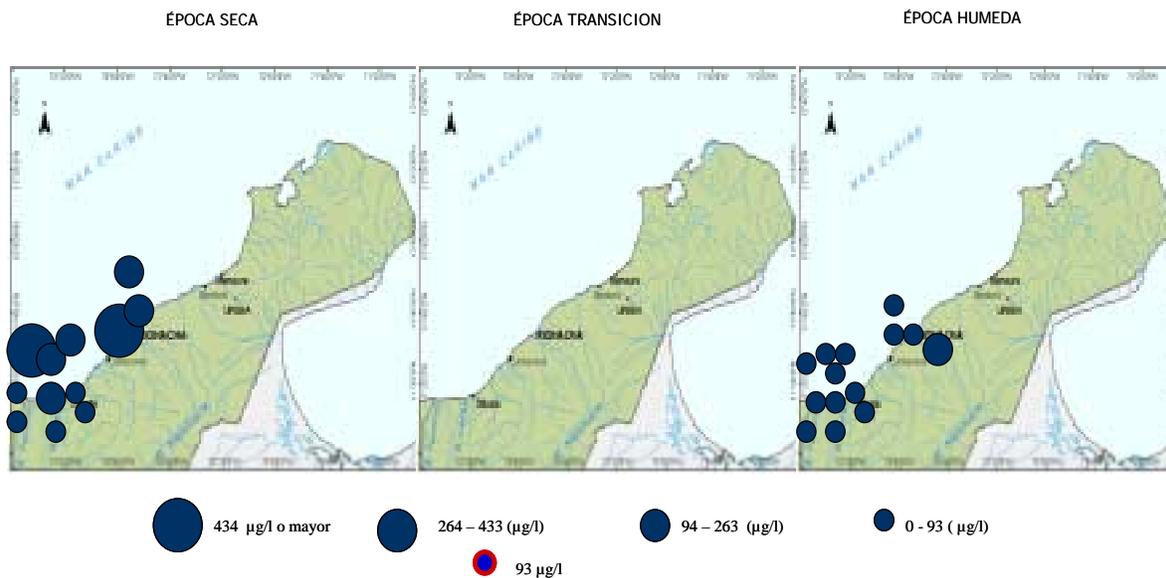


•Datos de dos muestreos realizados en las épocas de seca y lluviosa del año 2001.

Figura 33. Distribución del oxígeno disuelto (mg/l) en la zona costera del departamento de la Guajira

Los ríos examinados durante este estudio muestran que sólo el Ranchería deja de llevar agua a la zona marina, debido a su bajo caudal durante la temporada de seca, mientras que los demás ríos fluyen durante todo el año.

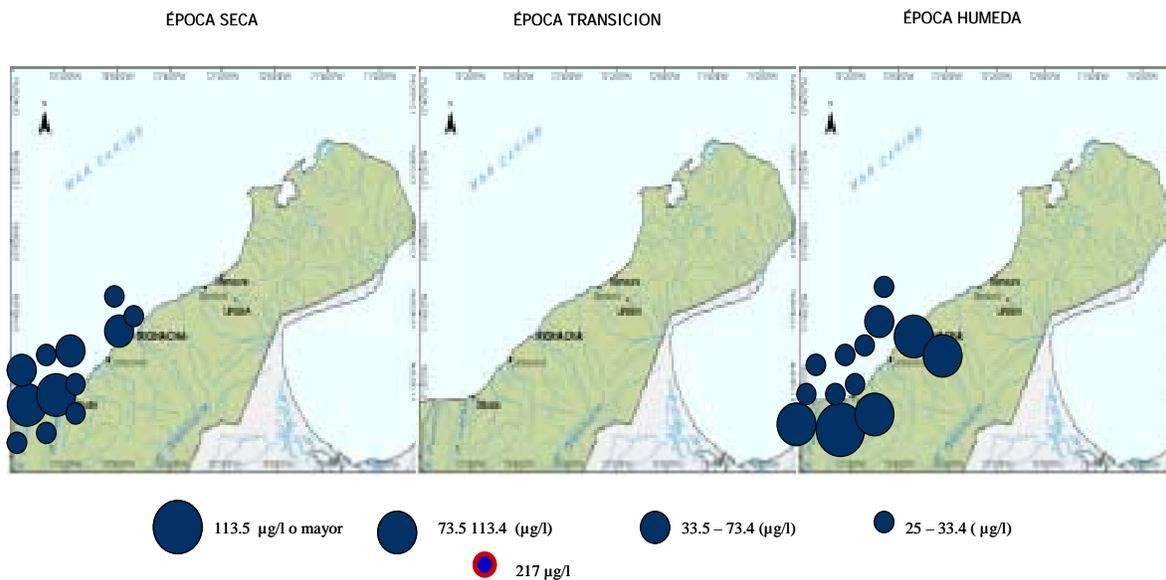
En el sector de Puerto Bolívar se ha podido establecer que las variables fisicoquímicas han estado reportadas dentro de rangos esperados (García, 1992). Falta por evaluar la influencia que las actividades del carbón, puedan estar causando sobre las aguas de la bahía de Portete en épocas recientes. En el estudio de impacto ambiental realizado por INVEMAR (1995), se reportan condiciones fisicoquímicas normales para las aguas de esta zona durante un muestreo realizado en noviembre de 1995, donde se evalúa el posible impacto de la ampliación de la plataforma de extracción de gas natural en Chuchupa.



•Datos de dos muestreos realizados en las épocas de seca y lluviosa del año 2001.

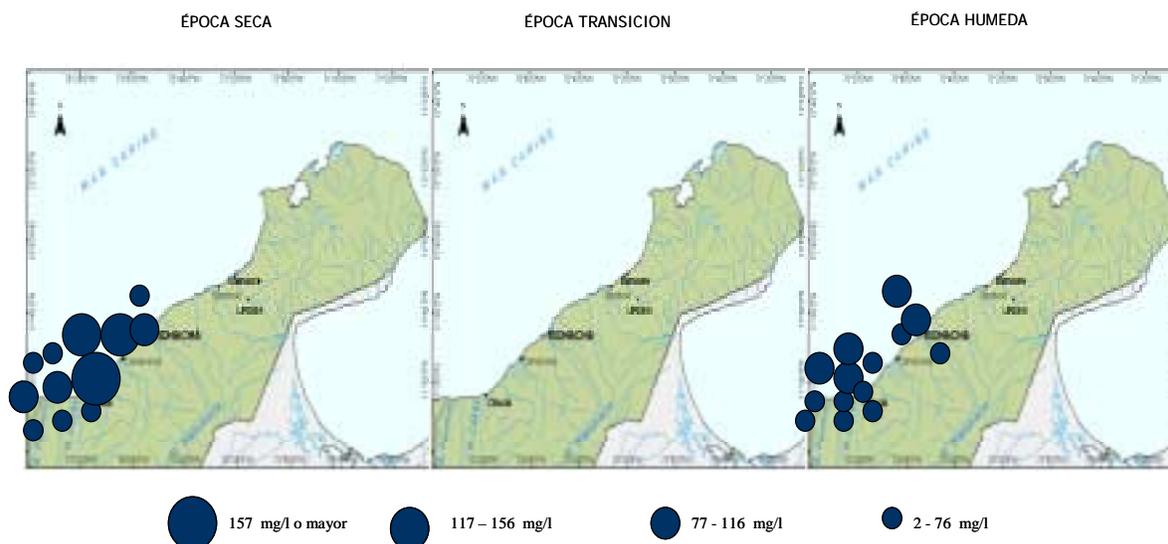
Figura 34. Distribución del fósforo inorgánico disuelto ($\mu\text{g/l}$) en la costa del departamento de la Guajira

Falta por evaluar la zona norte de este departamento (desde la zona después de bahía Portete hasta junto a las costas de Venezuela), ya que constantemente existen indicios de problemas por llegada de hidrocarburos procedentes del Golfo de Maracaibo.



•Datos de dos muestreos realizados en las épocas de seca y lluviosa del año 2001.

Figura 35: Distribución del nitrógeno inorgánico disuelto ($\mu\text{g/l}$) en la costa del departamento de la Guajira



•Datos de dos muestreos realizados en las épocas de seca y lluviosa del año 2001.

Figura 1: Distribución de los sólidos suspendidos (mg/l) en la costa del departamento de la Guajira.

1.1 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

La zona costera del departamento de la Guajira carece de estudios históricos sobre contaminación microbiológica en los años anteriores (Tabla 1). La calidad del agua de estas zonas depende en menor o mayor grado de los vertimientos directos de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento provenientes de los asentamientos humanos de la ciudad de Riohacha y al impacto negativo que ejerce el matadero al verter directamente sus residuos líquidos como aguas sanguinolentas, aguas con estiércol y aguas negras al alcantarillado sin ser pretratadas o tratadas antes de ser descargadas al alcantarillado o a los cuerpos de agua receptores.

Tabla 1. Descripción de la información microbiológica en la zona costera de La Guajira.

Código	Estación	Año	Promedio	Desviación	datos	rango NMP/100ml
MJE	muelle Richacha	2001	120	14	2	110-130
FNU	Faro Nuevo	2001	15500	12021	2	7000-24000
TRG	Termoquajira	2001	60		1	60
RRA	Río Ranchería	2001	490		1	490
BRR	Boca Río Ranchería	2001	1550	354	2	1300-1800
FRA	F. Al Río Ranchería	2001	680	594	2	260-1100
RPA	Puente Río Palomino	2001	1350	71	2	1300-1400
BPA	Boca Río Palomino	2001	1400	424	2	1100-1700
FPA	Frente al Río Palomino	2001	80	14	2	70-90-
RJE	Puente Río Jerez	2001	9550	919	2	7900-9200
BRJ	Boca Río Jerez	2001	750	431	2	490-1100
FRJ	Frente al Río Jerez	2001	135	120	2	50-220
RCA	Puente Río Cañas	2001	1265	1322	2	330-2200
BCA	Boca Río Cañas	2001	2950	3585	2	330-5400
FCA	Frente al Río Cañas	2001	50		1	50

Por estas razones se observa la mayor concentración de Coliformes totales y fecales en la estación de Faro Nuevo con una concentración de 24000 NMP/100 ml. También se evidencia la influencia que ejercen los asentamientos humanos ribereños como Dibulla a los ríos Jerez, Ranchería y Cañas, encontrándose la concentración de Coliformes fecales por encima de los límites permisibles por la Legislación Colombiana, valores entre 330 y 9200 NMP/100 ml en la época seca y entre 490 y 7900 NMP/100 ml en la época húmeda. Los niveles menores de este grupo bacteriano se distribuyen en las muestras provenientes de la desembocadura de cada uno de los ríos y el mar (agua salina); donde se puede observar la influencia de la salinidad y los fenómenos de dilución y dispersión en los Coliformes fecales (Figuras 37 y 38).

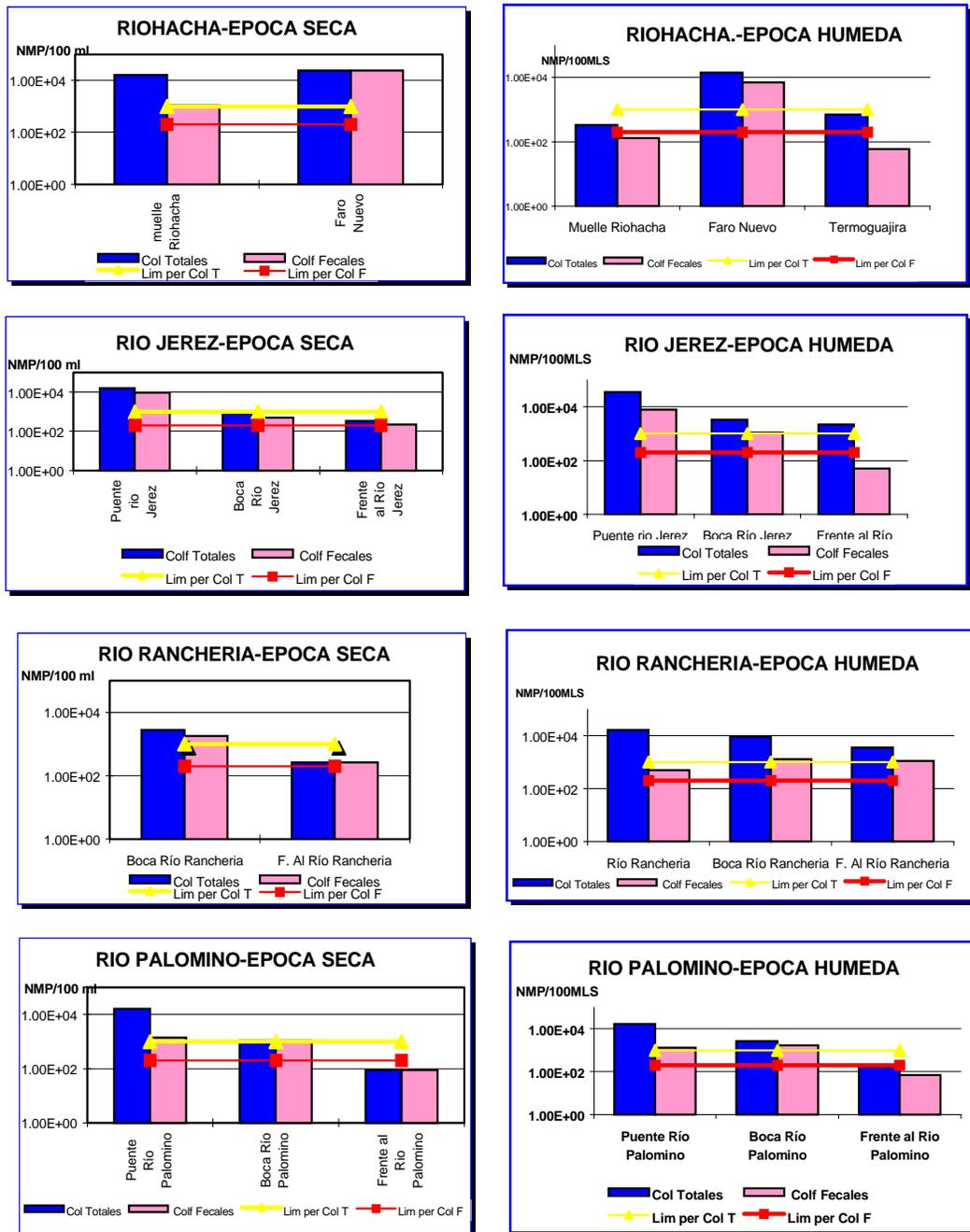


Figura 2. Niveles de Coliformes totales y fecales. Límites permisibles por la legislación colombiana para aguas de uso primario. Zona costera del departamento de la Guajira.

En el 2001 la zona costera del departamento de la Guajira se clasifica según la escala conceptual de niveles de riesgo como una zona de CONTAMINACION ALTA, teniendo en cuenta que el 23% de las muestras no sobrepasaron los límites permisibles y el 77% sobrepasaron los límites permisibles para coliformes fecales por la legislación colombiana (Figura 4).

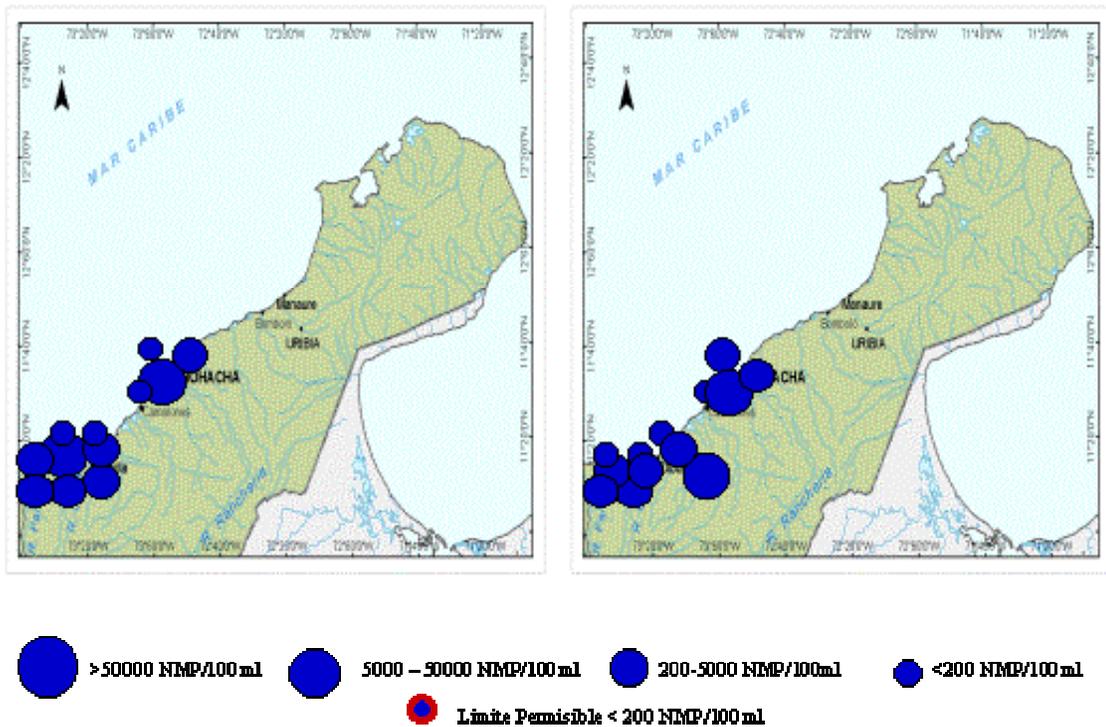


Figura 3. Distribución de coliformes fecales (NMP / 100 ml) en la zona costera del departamento de la Guajira. Datos puntuales por época año 2001.

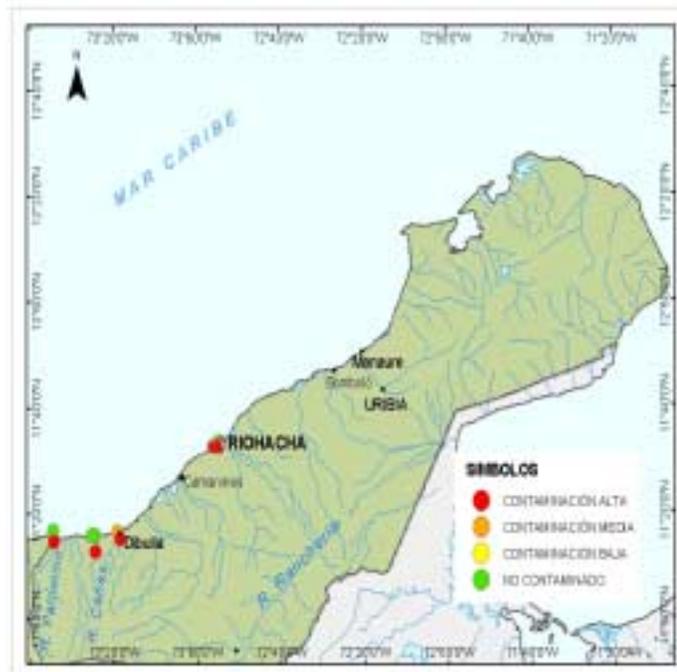


Figura 4. Niveles de riesgo de contaminación microbiológica basándose en los coliformes fecales en la zona costera del departamento de La Guajira.

1.2 HIDROCARBUROS Y PLAGUICIDAS

Los resultados de contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados (OC) para el departamento de la Guajira en la época seca se presenta en la Figura 5. Se detectó presencia de plaguicidas en los cuatro afluentes muestreados, siendo los ríos Jerez y Cañas los que presentan las concentraciones mas altas entre 10 y 30 ng/l de OC, que representan un riesgo medio de contaminación; los otros afluentes se encuentran dentro de niveles normales ($>3\text{ng/l}$).

Si se compara el comportamiento de la época seca con la época húmeda (Figura 6) se observa un aumento en los niveles de esta última, siendo mayor en los ríos Palomino y Ranchería, debido a su mayor caudal y por tanto permite una mayor descarga de los residuos de plaguicidas al mar. Los ríos Jerez y Cañas presentan valores muy similares en ambas épocas. En los cuatro afluentes en ambas épocas no se presentaron valores que superen el valor máximo permisible de 30ng/l . En general la Guajira se clasifica como de riesgo bajo y medio de contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados.

Respecto a la contaminación por Hidrocarburos Dispersos y Disueltos (HDD), los resultados se presentan en las Figura 7 y Figura 8 para las dos épocas estudiadas. Los niveles obtenidos para la época seca varían entre 1 y 10ug/l . Se encuentran los mayores valores en las estaciones frente a los afluentes, indicando que la contaminación por HDD puede tener origen marítimo. Caso contrario se presenta en la época húmeda en donde todos los niveles están por debajo de 1ug/l ; esto sugiere un efecto de dilución. Para la época húmeda, el mayor valor se presenta en Bahía Portete, considerando la probabilidad de un ingreso de HDD desde el golfo de Maracaibo en donde hay explotación intensiva de petróleo.

En general, el departamento se clasifica dentro de un nivel bajo de riesgo de contaminación por HDD. Todos los valores costeros fueron inferiores a los 1ug/l que reflejan una baja actividad del departamento, respecto a movilización y manejo de estos contaminantes.

En general, el departamento se clasifica dentro de un nivel bajo de riesgo de contaminación por HDD. Todos los valores costeros fueron inferiores a los 1ug/l que reflejan una baja actividad del departamento, respecto a movilización y manejo de estos contaminantes.

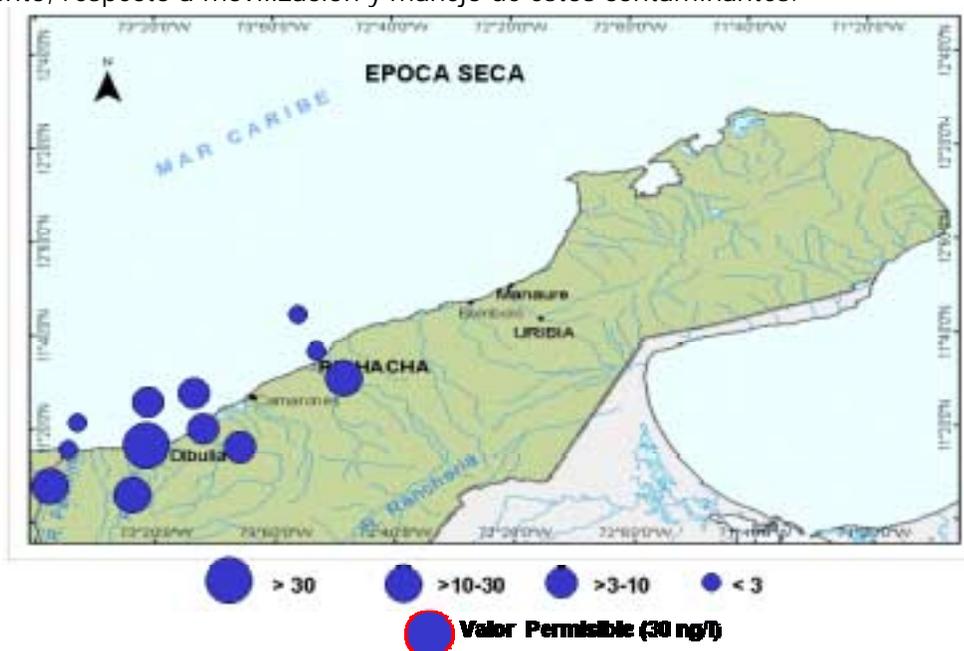


Figura5 . Niveles en ng/l de residuos de plaguicidas organoclorados en la zona costera del departamento de La Guajira durante 2001

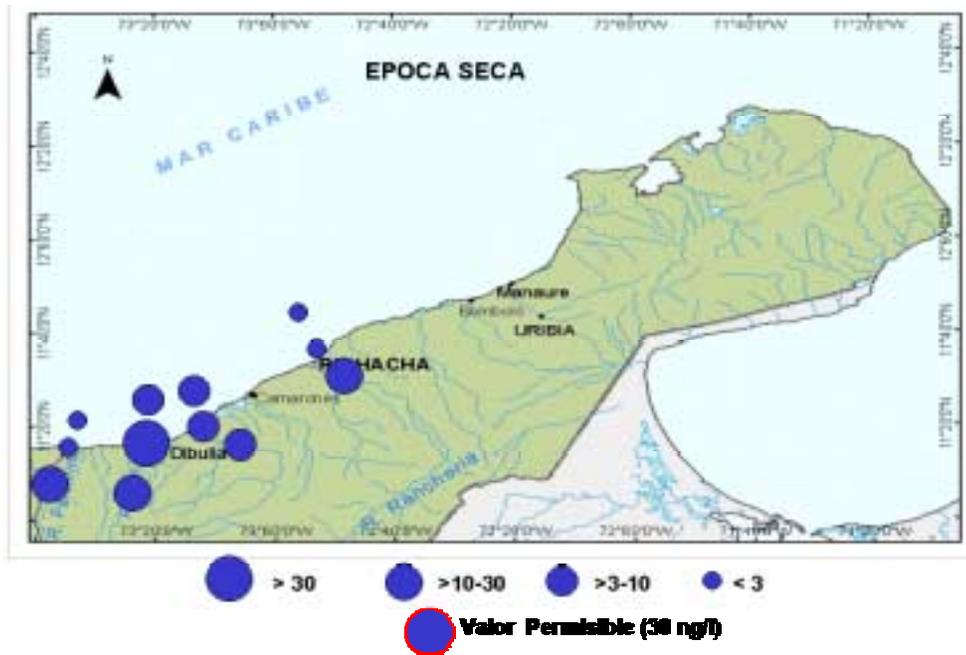


Figura 5. Niveles en ng/l de residuos de plaguicidas organoclorados en la zona costera del departamento de La Guajira durante 2001

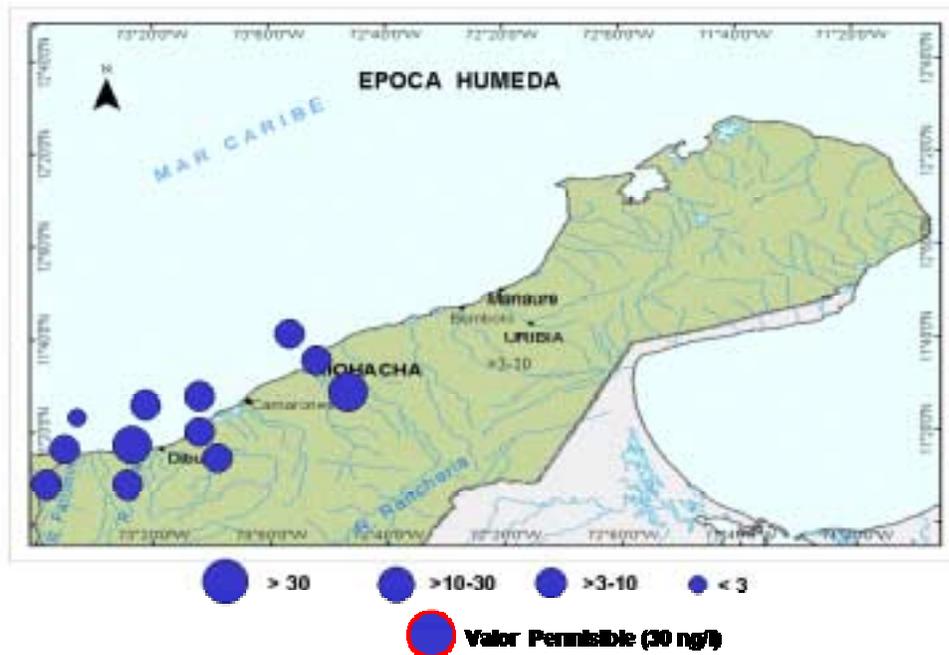


Figura 6. Niveles en ng/l de residuos de plaguicidas organoclorados en la zona costera del departamento de La Guajira durante 2001

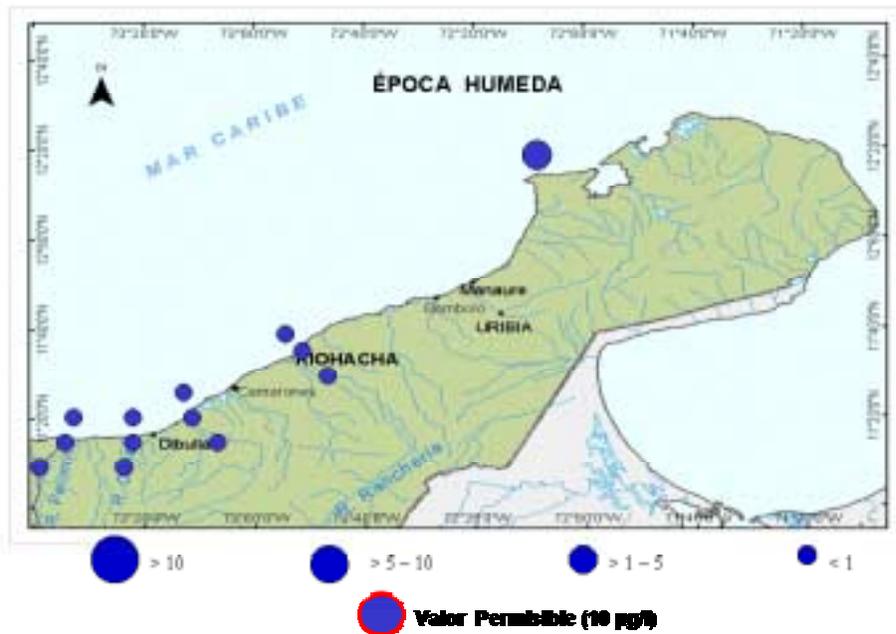


Figura 7. Niveles de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) en la zona costera del departamento de la Guajira durante 2001.

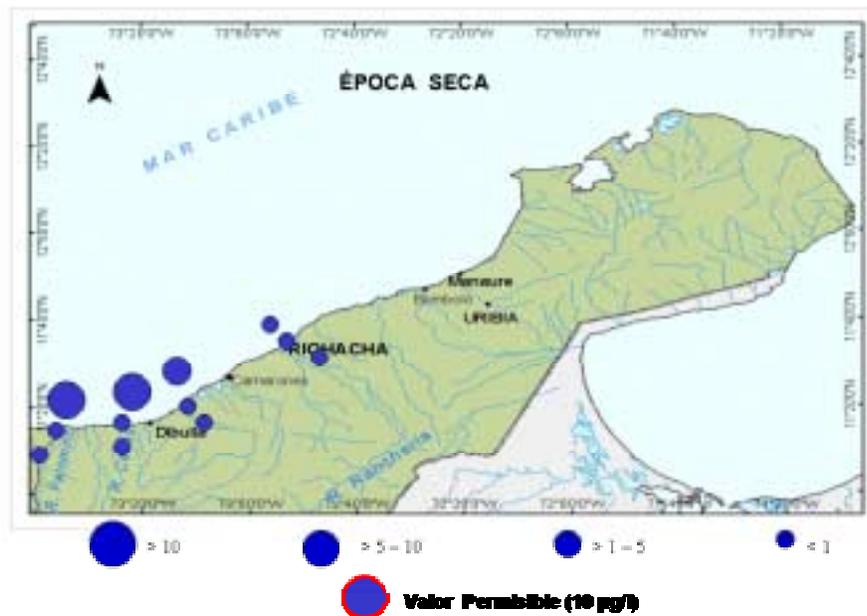


Figura 8. Niveles de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) en la zona costera del departamento de la Guajira durante 2001.

1.3 METALES PESADOS

Para el departamento de la Guajira se estableció una red de muestreo de 5 estaciones, en el área comprendida entre los 11°32' 35" y 11°14' 37" latitud norte hasta los 72°55' 28" y 73°34' 03" longitud oeste.

EL muestreo de agua se realizó en cada una de las estaciones durante dos épocas: Seca y lluviosa. Se analizaron metales de interés ambiental (Cd, Cr y Pb).

Los resultados de los análisis se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Concentraciones promedio de Cr, Cd y Pb ($\mu\text{g}/\text{ml}$), rango, desviación estándar (SD) y Coeficiente de variación (CV%) en aguas de la franja costera del departamento de la Guajira, abril y octubre del 2001.

	Cr ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Cd ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{l}$)
Promedio	129.5	1.9	1.8
Rango	91-200	1.4-2.9	1.3-2.7
SD	0.05	0.0006	0.008
CV(%)	38	34	45
Nº de Datos	8	6	6

Para la franja costera del departamento de la Guajira se hallaron promedios de concentración de $129.5 \mu\text{g}/\text{ml}$, $1.9 \mu\text{g}/\text{l}$ y $1.8 \mu\text{g}/\text{l}$ para los metales Cr, Cd y Pb.

El Cr presentó valores que variaron entre 91 y $200 \mu\text{g}/\text{l}$ entre las dos épocas de muestreo. Las mayor concentración de este metal se midió durante la época seca en la estación del Río Jerez. De manera general, las concentraciones de Cr no presentan una tendencia clara entre épocas sin embargo, se presentó aumento de concentración hacia la época seca en la totalidad de las estaciones.

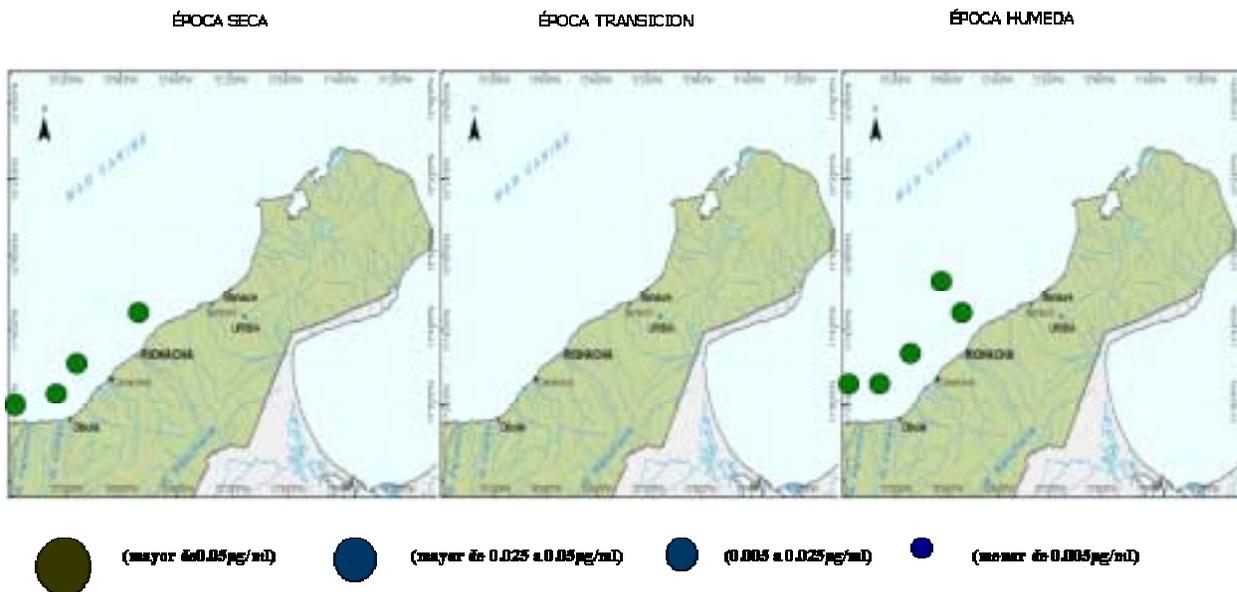


Figura 9. Distribución de Cr ($\mu\text{g}/\text{ml}$) en la zona costera del departamento de la Guajira.

Para el Cd las concentraciones variaron entre 1.4 y $2.9 \mu\text{g}/\text{l}$ durante las dos épocas en que se realizó el muestreo. En la Figura 10 se observa que para este metal, las mayores concentraciones se dieron en la época de lluvias en las estaciones de Río Ranchería y Río Jerez. Al igual que el Cr, las concentraciones de Cd no mostraron una tendencia hacia el aumento o disminución entre las dos épocas, ya que para algunas estaciones se presentaron comportamientos inversos, como en el

caso de las estaciones de Río Palomino y Río Cañas donde las concentraciones aumentan en la época seca, pero disminuyen durante la época de lluvias. Contrariamente las estaciones de Río Ranchería y Río Jerez presentan aumento desde la época seca hacia la época de lluvias.

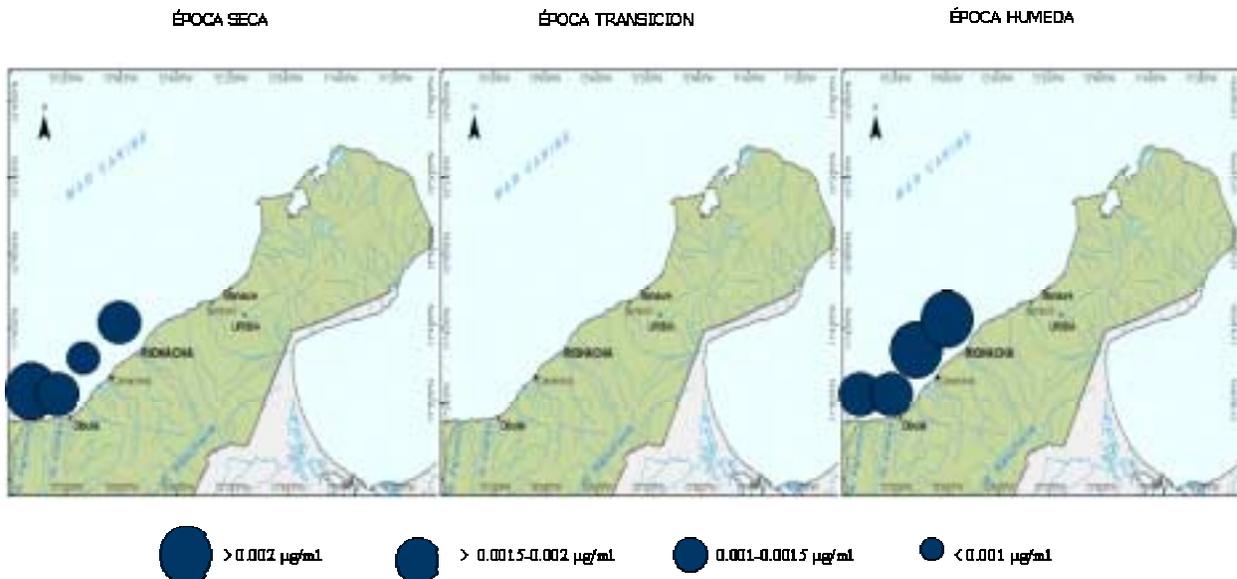


Figura 10. Distribución de Cd ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del departamento de la Guajira.

Para el Pb se reportaron valores que oscilaron entre 1.3 y 2.7 $\mu\text{g/l}$ entre los dos muestreos realizados. En la Figura 11 se observa que durante la época seca las concentraciones de Pb se mantienen en el mismo rango, en todas las estaciones es decir, no se presentan variaciones significativas entre estaciones de muestreo. Para la época de lluvias se presentó un comportamiento similar ya que las concentraciones se mantienen constantes entre estaciones, sin embargo es valido resaltar que las concentraciones durante este periodo de lluvias, fueron relativamente mayores en comparación con la época seca. Estos cambios estacionales observados, son debidos a la dinámica de las aguas de los tributarios de esta región costera: Ríos Palomin, Ranchería, Cañas y Jerez los cuales en épocas de grandes escorrentías, favorecen el arrastre de grandes cantidades de material orgánico particulado, donde posiblemente se encuentran adheridos muchos contaminantes acuáticos entre ellos los metales pesados, afectándose igualmente la carga de los mimos.

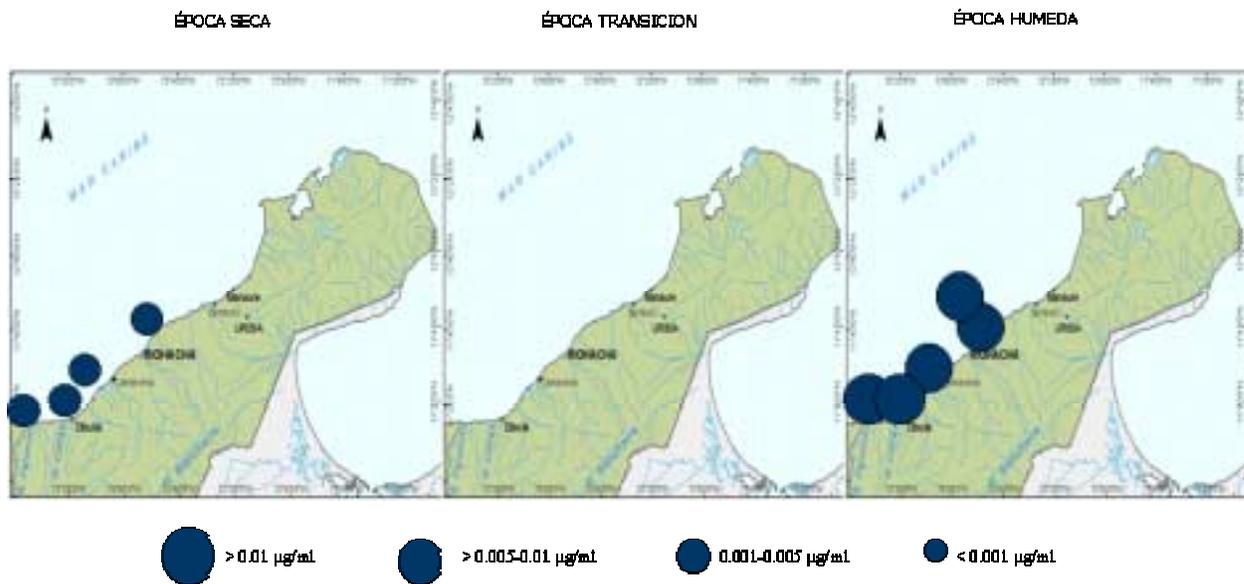


Figura 11. Distribución de Pb ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera de La Guajira.

Debido a que no existe información histórica respecto a la contaminación por metales pesados en el área, no se pudo realizar un estudio exhaustivo del comportamiento o de los cambios progresivos que han podido tener estos contaminantes en las zonas de interés y que igualmente han sido estudiadas por tanto, a los propósitos de realizar un diagnóstico del estado actual de contaminación por metales pesados en la franja costera del departamento, las concentraciones registradas para cada uno de los metales analizados han sido comparados con los diferentes rangos establecidos en la escala conceptual propuesta por Marín.

Dichos resultados, muestran que para el Cd (Figura 13) y el Cr (Figura 12) se presentaron concentraciones que se enmarcan dentro de los límites establecidos como No Contaminado, por lo cual no existe nivel de riesgo para estos dos elementos en el área. Para el Pb se encontraron rangos de concentración dentro de los valores establecidos como Contaminación Baja, siendo su nivel de riesgo para el sistema, igualmente bajo (Figura 14).

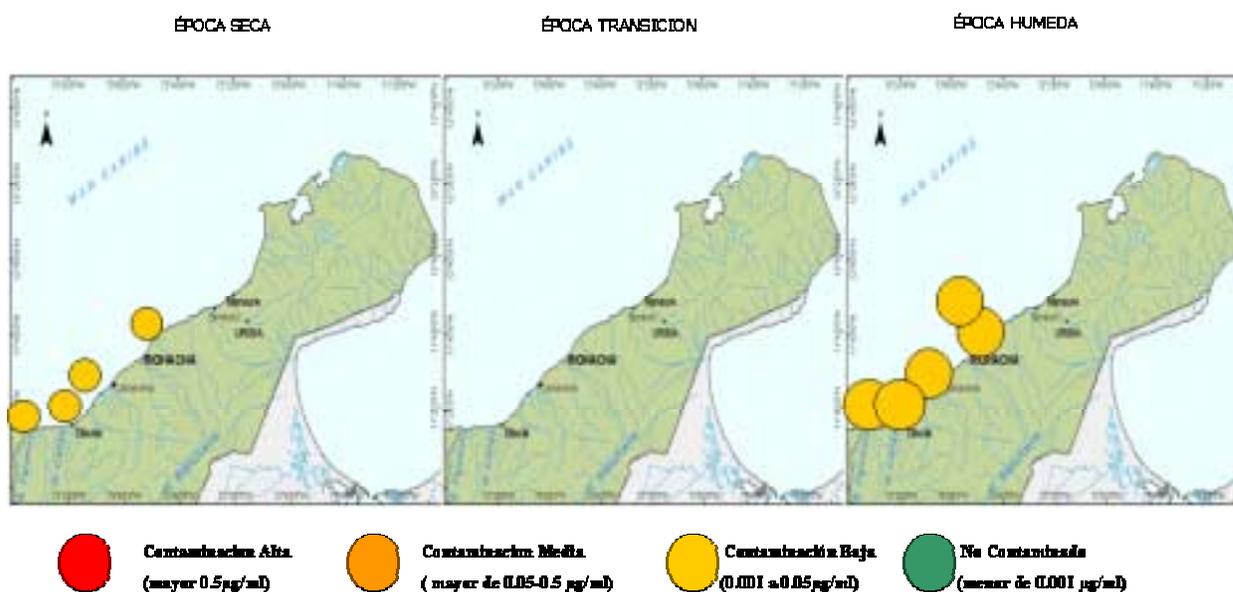


Figura 14. Valoración de la contaminación con Pb ($\mu\text{g}/\text{ml}$) en la zona costera de la Guajira.

1.4 ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

En la Guajira se encuentran representados los principales tipos de ecosistemas marinos y costeros: manglares, litoral rocoso y playas en la zona costera, así como praderas de fanerógamas y corales en la porción marina cercana a la costa (Figura 15). Estos ecosistemas presentan como rasgo común características singulares por cuanto se desarrollan bajo condiciones físicas extremas, como aguas turbias y frías y déficit hídrico en la porción terrestre. Por tal razón, en general su extensión es reducida (con excepción de las praderas de fanerógamas y las playas); por estas mismas razones son ecosistemas de gran importancia para la calidad de las zonas costeras en que se ubican.



Figura 15: ecosistemas marinos y costeros de la Guajira. Áreas deterioradas por al contaminación.

En la península se encuentran playas tanto longitudinales como de ensenada o bahía (INVEMAR, 2000), en general bordeando toda la costa. La variedad de formas, tanto de acumulación como de erosión, incluye barras marinas, playones y coberturas eólicas (Sánchez *et al*, 1997), en algunos casos cubiertas con vegetación herbácea, agrupaciones de cocoteros, o pequeños bosques compuestos por *Hyppomanea sp.*, *Coecoloba uvifera* y *Prosopis juliflora* (IGAC, 1986).

El litoral rocoso está representado por pequeños acantilados que afloran en Bahía Portete (Sánchez *et al*, 1997), Cabo de la Vela, Media Luna y Punta Espada (Steer *et al*, 1997).

En este departamento los cursos de agua son de carácter intermitente¹, es decir que pueden llegar a secarse en las épocas secas. Los principales son los ríos Ranchería, Camarones, Tapias, Dibulla, Ancho, Jerez y Palomino.

1.4.1 Manglares, estuarios y lagunas costeras

En 1997 se determinó que en la Guajira existían 3.131 ha de manglar que fueron zonificadas en 3 sectores: Alta, Media y Baja Guajira. Además, en el departamento existen 32 lagunas costeras, 17 de las cuales pertenecen a ecosistemas de estuarios (Sánchez *et al*, 1997).

¹ CORPOGUAJIRA, 1992 (Sánchez *et al*, 1997)

Los manglares de la Alta Guajira (bahías Cocinetas, Tukakas, Hondita y Portete) se desarrollan en costas protegidas sobre terrenos de arena muy fina, arcillosos e impermeables con predominio de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*. Se caracterizan por ser achaparrados, altamente ramificados y tendientes a formar franjas angostas (<50m) en los bordes de las lagunas. En estas zonas las lagunas son de tendencia hipersalina (Sánchez *et al*, 1997) por causa de la desecación; este es un fenómeno que tiene gran influencia en el desarrollo de los manglares guajiros y se torna notorio en las lagunas costeras de la Alta y Media Guajira (INVEMAR, 2000).

Aparte de la tensión originada por el déficit hídrico, el único factor de deterioro observado en los manglares de la Alta Guajira es el desmoronamiento de la madera en *A. germinans*, notorio principalmente en las bahías de Portete, Tukakas y Cocinetas. Al parecer se trata de descomposición originada por un hongo, sin que necesariamente este sea el agente causal primario (Sánchez *et al*, 1997).

Los manglares de la Guajira Media, de las zonas de Musichi, Mayapo, Camarones y Caricari, crecen en las lagunas que se encuentran en los terrenos costeros, establecidos detrás de barras de arena inundables por las aguas de los aportes fluviales intermitentes y/o estacionales. Estos manglares son de tipo ribereño y de borde. La especie dominante es *A. germinans* que crece en su mayoría en forma arbustiva, formando bosquecillos de 2 a 3 m de altura, con una extensión entre 1 y 14 ha. Igualmente se encuentran *R. mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta* con porte bajo a mediano (Sánchez *et al*, 1997).

En la laguna de Neima (Musichi) se encuentra una franja de *A. germinans* con altura promedio de 4 m. La carretera que se construyó en la área de las salinas dividió las lagunas del sector, interrumpiendo los flujos hídricos normales, con el consecuente deterioro de algunas áreas de manglar. Por otro lado, la apertura de charcas para la explotación de sal arrasó con una buena parte de esta vegetación (Sánchez *et al*, 1997).

Mayapo es una laguna costera con una estrecha boca que comunica al mar. Presenta una faja discontinua dominada por *R. Mangle* que evidencia situaciones poco favorables para su desarrollo debido a los altos valores de salinidad (80‰) registrada. Así mismo, en sus raíces se registró un alto número de individuos muertos de la ostra *Crassostrea rhizophorae* (Sánchez *et al*, 1997)

En la boca del río Calancala, una de las antiguas bocas del río Ranchería se observan individuos de *A. germinans* y parches de *R. mangle* y *L. racemosa* altamente intervenidos, con ausencia total o poca presencia de pneumatóforos y suelos compactados por el tránsito de los pobladores, lo cual limita las posibilidades de regeneración y desarrollo normal del bosque (Sánchez *et al*, 1997).

El mayor desarrollo estructural de la Guajira Media se encuentra en los brazos de la desembocadura del río Ranchería (Sánchez *et al*, 1997), donde se forma un estuario estacional durante ocho meses en la época húmeda; los cuatro meses restantes permanece cerrado (INVEMAR, 2000). Las especies dominantes en los manglares del delta son *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* con valores bajos de densidad (1.518 ind/ha) y alcance diametral (6,47 cm) (Casas, 2001).

En esta zona la germinación de propágulos de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* se vio afectada principalmente por el alto consumo por parte de ganado ovino y caprino presente en la zona. Además, se encontró un consumo del 30% de frutos de *A. germinans* en el árbol por larvas de polillas de la familia Pyralidae (INVEMAR, 2001).

Las zonas de manglar que enfrentan la mayor problemática del departamento con respecto a la contaminación son las que están ubicadas en el área de Riohacha. Se tiene referencia especial de las lagunas Salada y La Raya que reciben vertimientos de aguas negras y gran cantidad de desechos sólidos, por lo cual presentan fenómenos de eutroficación, colmatación, escasa regeneración, mal aspecto y reducción del área de manglar (Sánchez *et al*, 1997).

Las lagunas Grande y Navío Quebrado, que forman parte del Santuario de Fauna y Flora Los Flamencos (Camarones), rellenas por material fluvial, tuvieron un acelerado proceso de colmatación debido a la construcción de carreteras de la red vial nacional (IDEAM, 1998). Sus rodales de manglar se caracterizan por sus bajas alturas, desarrollo y densidades (INVEMAR, 2000).

En el sector de la Baja Guajira se encuentran los bosques con mayor desarrollo estructural del departamento, con manglares tendientes al tipo ribereño, forman franjas anchas (200 a 500 m) de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*, en caños y ríos de aguas claras provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta. En la playa hay una franja de *Conocarpus erecta*. Este tipo de bosque se localiza en la boca del Río Tapiá, en la Enea, boca del río Jerez, caño Lagarto y boca del río Cañas, en el municipio de Dibulla.

Los manglares de la baja guajira enfrentan problemas derivados de la extracción de madera para leña y construcción en La Enea y Dibulla, destrucción por la utilización de terrenos para la construcción en Dibulla y los efectos contaminantes de la operación de Termoguajira en los sectores de Dibulla, Caño Lagarto y el río Cañas, ya que en la vegetación se detectan residuos del polvillo del carbón que tapa las hojas, limitando el proceso normal de la fotosíntesis (Sánchez *et al*, 1997)

1.4.2 Vegetación marina

Dentro de la laguna Tukakas se halla una extensa pradera compuesta principalmente por *Thalassia testudinum* con algunas intrusiones de *Syringodium filiforme* (INVEMAR, 2000). En esta zona, las praderas de pastos marinos alcanzan una extensión de 10,6 km². En las zonas más protegidas y sobre terrenos someros de las bahías Cocinetas y Hondita se forman bancos de arena de baja profundidad donde crecen pastos marinos en abundancia. En bahía Portete se desarrollan 13,9 km² de praderas de pastos marinos de las especies *T. testudinum* y *S. filiforme*, al igual que en Cabo de la Vela (INVEMAR, 2000).

Las comunidades submarinas de bahía Portete no parecen estar sometidas a factores de tensión fuertes, como cambios pronunciados en factores ambientales (salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes entre otros) que sí se presentan comúnmente en otras bahías y ciénagas afectadas por las descargas variables de los ríos².

A lo largo de la costa occidental de la península Guajira existen amplias extensiones de fondos someros vegetadas por praderas de macroalgas y de fanerógamas *Thalassia* y *Syringodium*³, que aparentemente son las de mayor desarrollo en cuanto a frondosidad y biomasa en el Caribe colombiano (Díaz *et al*, 2000). Un análisis reciente permite estimar la extensión que cubren las praderas en las costas de la Guajira en unos 369 km² (Díaz, 2001).

1.4.3 Arrecifes de coral

En la porción cercana a la costa de la península de la Guajira, las condiciones físicas como la cantidad de sedimentos suspendidos y aguas de temperaturas bajas restringen el desarrollo de amplios arrecifes coralinos.

En las cercanías de Puerto López se presenta una formación de montículos aislados con colonias de *Siderastrea siderea* parcialmente cubiertas por macroalgas. En visitas realizadas en 1.999 no se observaron notorias condiciones de deterioro y las colonias parecen ser resistentes a la gran cantidad de sedimentos suspendidos de esta agua, aunque la cobertura coralina es baja (<30% de

² Garzón-Ferreira, 1989 (Sánchez *et al*, 1997)

³ INVEMAR, 1988, 1992; Borrero *et al.*, 1996; Díaz-Pulido, 1997 (Díaz *et al*, 2000)

sustrato duro) y la densidad e invasión por algas es alta. No se observaron enfermedades coralinas y el blanqueamiento no fue notorio⁴. Estas formaciones presentaron en 1999 el valor más bajo de cobertura coralina viva relativa al sustrato duro en el departamento: 16,7% (Díaz *et al*, 2000).

En bahía Portete se desarrollan arrecifes franjeantes y de parche⁵ (INVEMAR, 2000). A pesar de que el área presenta varios tensores, considerados limitantes para el desarrollo coralino, las formaciones de esta área se encuentran en buen estado de salud y la frecuencia de signos de deterioro es relativamente baja. Tampoco se han observado aquí enfermedades ni un blanqueamiento notorio. A nivel departamental, estos son los arrecifes que presentan mayor cobertura coralina viva respecto al sustrato duro (48,6%) (Díaz *et al*, 2000).

También se encuentran pequeños parches coralinos en Cabo de la Vela y Manaure, con los elementos faunísticos típicos de otras áreas del Caribe (Steer *et al*, 1997).

1.5 CONCLUSIONES

- ▶ Las aguas costeras del departamento se encuentran afectadas por los vertimientos de las aguas residuales municipales, que no presentan ningún tratamiento antes de ser lanzadas al mar. Debido a la influencia de las brisas y las aguas oceánicas, las aguas del departamento presentan condiciones normales para sus parámetros fisicoquímicos. Algunos autores ya han reportado problemas de eutroficación en ciertos puntos, que además inducen deterioro de ecosistemas (Sánchez *et al*, 1997).
- ▶ En el departamento de la Guajira se observa una contaminación de origen fecal constante durante las dos épocas del año, presentando los niveles más altos en la época húmeda en el sitio ubicado frente a faro Nuevo siendo este el sitio donde las poblaciones como las delicias vierten sus basuras y aguas residuales al mar. En los tributarios se observa que la mayor concentración de coliformes fecales se encuentra en los ríos Jerez y Cañas siendo arrastrada durante todo su recorrido hasta su desembocadura, presentándose por el mal manejo de las aguas servidas urbanas, las excretas de animales de sangre caliente y por la deficiencia del sistema de alcantarillado de las poblaciones ribereñas como Dibulla originando un problema de tipo sanitario.
- ▶ El departamento de la Guajira, no presenta un impacto ambiental significativo debido a niveles de plaguicidas e HDD sobre la calidad de las aguas marinas y costeras, clasificándose en un riesgo bajo de contaminación para ambos contaminantes. Por lo anterior, no se identifica impacto ambiental significativo en las aguas costeras debido a residuos de plaguicidas organoclorados y de hidrocarburos del petróleo.
- ▶ Las concentraciones para los metales Cr, Cd y Pb en la franja costera del departamento de la Guajira se encontraron en rangos que no representan riesgos significativos para el sistema, según los criterios descritos en la escala conceptual propuesta por Marín.
- ▶ Además de las condiciones extremas físicas y climáticas que deben enfrentar los ecosistemas costeros en la Guajira, existen graves deficiencias en la infraestructura sanitaria de los centros poblados, lo cual trae consigo problemas de contaminación que a su vez inducen fenómenos de eutroficación y pérdida de manglar (Sánchez *et al*, 1997) y probablemente el deterioro de las playas y praderas de fanerógamas cercanas a dichas poblaciones, en especial Riohacha, Dibulla y Manaure. Las zonas en donde se ha reportado deterioro de los ecosistemas marinos y costeros,

⁴ Díaz *et al*. 2000 (INVEMAR, 2000)

⁵ Solano 1994 (Díaz - Pulido, 1997)

siendo uno de los agentes causales la contaminación, son Riohacha y Dibulla. Este deterioro se ha visto reflejado principalmente en fenómenos de eutroficación de lagunas costeras y deterioro de los bosques de manglar. Sin embargo, en general podemos decir que en la mayor parte del departamento los ecosistemas marinos y costeros están en buen estado, eso sí teniendo en cuenta el escaso desarrollo natural de los manglares y arrecifes coralinos. Dadas las condiciones desérticas de las regiones alta y media del departamento, que brindan un rango muy estrecho de alternativas para el desarrollo de las poblaciones humanas, estos ecosistemas son muy importantes porque sustentan una parte importante de la economía de los pobladores.

- ▶ El departamento tiene áreas costeras protegidas en tres zonas de protección: Parque Nacional Natural Macuira, Santuario de Fauna y Flora Los Flamencos y el Parque Nacional Natural Sierra Nevada de Santa Marta. Esta protección permite cierta medida de protección sobre la llegada de contaminantes desde fuentes cercanas a la costa hasta los ecosistemas protegidos. Sin embargo, es necesario ejercer control sobre la contaminación que proviene de fuentes terrestres de zonas más altas o internas en el departamento, como las áreas de cultivos en la Baja Guajira y las zonas mineras, que pueden estar aportando contaminantes. Por otro lado, teniendo en cuenta los reportes en donde se refiere el buen estado que presentan los ecosistemas de la alta Guajira, especialmente en las bahías Tukakas, Hondita y Cabo de la Vela, considerando además que son pequeñas áreas en donde se encuentran representados los principales tipos de ecosistemas en un mismo sitio, así como su importancia en el mantenimiento de la economía costera, es conveniente su protección.

2. MAGDALENA

2.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Este departamento posee 4 municipios costeros: Santa Marta, Ciénaga, Pueblo Viejo y Sitio Nuevo. Con excepción de Sitio Nuevo, todas sus cabeceras se ubican sobre la costa. A continuación se muestran sus poblaciones y cobertura del alcantarillado.

Tabla 3: Población y cobertura de alcantarillado de las principales poblaciones costeras del departamento de Magdalena.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN (hab.) 2001**	% ALCANTARILLADO*
Santa Marta	Cabecera	336.442	70***
Ciénaga	Cabecera	76.624	57
Pueblo Viejo	Cabecera	11.452	0
Sitio Nuevo	Cabecera	11.049	0

* Datos extraídos del Sistema de Información de Aguas y Saneamiento Básico (www.sias.gov.co)

** Datos proyectados en base al censo de 1993-DANE

*** Datos suministrados por Ismael Acosta, funcionario CORPAMAG

No se tiene registro de ningún sistema de tratamiento de aguas residuales.

Las principales actividades económicas de Santa Marta se desarrollan alrededor del puerto y de los sitios turísticos.

Por su movimiento, el puerto de Santa Marta ocupa el cuarto lugar de los terminales del país; el carbón, el banano y el café constituyen los principales productos de exportación de la región (Garzón - Ferreira *et al*, 2000).

El desarrollo de la industria es incipiente a pesar de ser una de las regiones con mayor actividad económica del departamento (Garzón - Ferreira *et al*, 2000).

La ciudad de Santa Marta es el segundo destino turístico preferido por los visitantes en el Caribe colombiano⁶.

Las aguas costeras de la región están influenciadas por las descargas de alta turbidez procedentes de la Ciénaga Grande de Santa Marta, ubicada a 30 Km. al suroeste de la ciudad de Santa Marta, formando parte del delta del río Magdalena y recibiendo además las descargas de varios ríos que descienden de la Sierra Nevada (Garzón - Ferreira *et al*, 2000). Estas descargas llegan incluso hasta el Parque Nacional Natural Tayrona cuando disminuyen los vientos Alisios y aumenta el viento sur-oeste. Por otro lado, cuando predominan dichos vientos, se restringen estas aguas de alta turbidez y se induce la surgencia generando un flujo de agua clara paralelo a la costa⁷.

⁶ GTZ-PROSIERRA, 1997 (Garzón - Ferreira *et al*, 2000)

⁷ Blanco, 1988 (Garzón - Ferreira *et al*, 2000)

El río Manzanares en el transcurso de su recorrido recoge vertimientos de desechos producidos en la zona cafetera y las aguas residuales de las poblaciones incluida la del área urbana de Santa Marta⁸. En Santa Marta se ha evidenciado contaminación por desagües, térmicas y desechos (Díaz - Pulido, 1997). Especial relevancia tiene la emisión constante de partículas de carbón debido a las actividades de los tres puertos carboníferos (INVEMAR, 2000). Igualmente se presentan problemas de contaminación por petróleo en la bahía (Steer *et al*, 1997).

Durante los monitoreos realizados en la zona de Santa Marta, desde 1997 al 2000, se observó que la estación que presenta la mayor concentración de Coliformes totales y fecales es El Boquerón, zona de descargas de aguas residuales domésticas del distrito de Santa Marta. También se encuentran otros puntos de alto riesgo como la desembocadura de los ríos Gaira y Manzanares clasificándose como una zona de Contaminación Alta, basándose en la escala conceptual indicativa de grado de contaminación diseñada por Marín (2001) (Garay, 2001).

La CGSM está influenciada por las descargas de sedimentos del río Magdalena. Por su condición de sistema estuarino puede ser considerada como una "trampa natural" de contaminantes acuáticos (Steer *et al*, 1997). Además de la mortandad masiva de manglares, en la ecoregión CGSM se han detectado alteraciones del sistema que incluyen cambios geomorfológicos, desertificación, acumulación de organoclorados y metales pesados, contaminación fecal, mortandades recurrentes de peces y una reducción de la abundancia y diversidad de los recursos biológicos y pesqueros, como consecuencia del mismo desequilibrio hidrológico y, además, por la deforestación, los aportes de los ríos, las descargas de aguas negras y la sobrepesca⁹.

Los cultivos de banano, uno de los productos agrícolas que mas requiere el uso de agroquímicos, se encuentran principalmente en Ciénaga, Sevilla y Pivijay

2.2 FISICOQUÍMICOS

Fueron muestreadas las principales fuentes de agua continental empezando por la parte norte los ríos: Don Diego, Buritaca, Guachaca, Piedras, Manzanares, Gaira, Toribio, Córdoba, Sevilla Aracataca y Fundación. Todas estas fuentes fueron caracterizadas de igual forma: río arriba, la desembocadura y frente a ésta última. En la zona de la isla de Salamanca, se adicionaron en la parte marina las siguientes estaciones: Costa Verde, Boca de la Barra, Tasajera y la ciénaga Cuatro Bocas (Figuras 51 a 55), como complemento al plan de monitoreo que se ha venido realizando en el complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Para la zona norte, son considerados los valores de los muestreos del presente año, mientras que para la zona sur se dispone de un grupo de datos recopilados durante varios años (1993 a 2001) .

La zona marina se encuentra en condiciones fisicoquímicas normales, con valores dentro de los rangos esperados y con poca influencia continental, debido a la disminución en los caudales de los ríos. La excepción a estos resultados fue la estación frente a la Ciénaga de Cuatro Bocas, en la Isla de Salamanca en donde valores altos de sólidos suspendidos (242 mg/l) y los de oxígeno (14 mg/l), indican fuertes procesos de resuspensión y de influencia de los vientos, más la influencia del río Magdalena.

Los ríos de la zona norte del departamento en las estaciones continentales, dieron valores típicos para estas corrientes de agua. Para estos sitios se cuenta con poca información y generalmente estos cuerpos de agua se encuentran asociados a asentamientos humanos o actividades relacionadas con la agricultura y ganadería. Los ríos Piedras, Guachaca, Buritaca y Don Diego poseen caudal durante todo el año, con influencia de las temporadas climáticas según la

⁸ Escobar, 1981 (Garzón - Ferreira *et al*, 2000)

⁹ Botero & Mancera-Pineda, 1996 [18]

temporada, que pueden influir fuertemente a la costa del departamento con sedimentos, materia orgánica y otras sustancias. Históricamente estos ríos presentan poca influencia sobre el mar, ya que las aguas marinas son oligotróficas (Garzón, 1998).

La salinidad de estos ríos fue de cero durante todos los muestreos y sólo en las bocas se nota algún aumento salino para la temporada de secas (entre 9 y 21). El oxígeno disuelto fluctuó entre 2 y 8.4 mg/l, siendo la desembocadura del río Fundación la estación que registró el valor más bajo durante la temporada de lluvias. Los sólidos suspendidos presentaron las concentraciones más altas en los ríos y sus desembocaduras, siendo Don Diego el que registró valor más alto (339.8 mg/l de sólidos) y la desembocadura del río Guachaca el menor valor. Ambos registros se dieron durante la temporada de secas.

La descarga de las aguas negras de la ciudad de Santa Marta a través del emisario submarino parece tener un efecto mínimo sobre la calidad fisicoquímica de las aguas superficiales de la zona (según datos preliminares). Durante la temporada de lluvias es cuando se ha detectado el menor valor de oxígeno disuelto (3.54 mg/l de O₂), mientras que en los muestreos anteriores la concentración en mención se encontró, en niveles aceptables (mayores a 5 mg/l O₂). La salinidad también es influida durante la temporada de lluvias como consecuencia del ingreso de agua continental (valores de 34 de salinidad)

En la zona sur los ríos Sevilla, Aracataca y Fundación en su parte continental presentaron buenas condiciones fisicoquímicas en sus aguas, las zonas muestreadas correspondieron a sitios con fácil acceso terrestre y generalmente bajo los puentes que existen sobre cada río. Para esta zona se cuenta con suficiente información del área de la Ciénaga Grande de Santa Marta. El estuario presentó iguales condiciones de calidad fisicoquímicas, con excepción de las bocas de los ríos Aracataca y Fundación en la parte sur del departamento (en la Ciénaga Grande de Santa Marta – CGSM), que presentaron valores de nutrientes en el rango intermedio para este tipo de zonas (17 µg/l de N y 68 µg/l de P). Estos valores como consecuencia del agua dulce de los ríos, que trae asociada materia orgánica y nutrientes inorgánicos, que drenan de los campos de cultivos de la Zona Bananera y desde la Sierra Nevada de Santa Marta, donde se cultiva café y otros productos (IGAC, 1997). Además, la dinámica de las aguas en la parte baja de estos ríos hace que se acumule materia orgánica y que los valores de oxígeno sufran tendencia a disminuir.

Gran parte de las sustancias que llegan a la zona estuarina de la CGSM, cumplen un ciclo complejo en el que generalmente se tardan varios días y hasta años, dependiendo de la sustancia de estudio. Generalmente los nutrientes y la materia orgánica son utilizados por microorganismos acuáticos y vegetación, filtrando el ingreso de las aguas continentales hacia el mar Caribe. Este tipo de función en los sistemas de humedales costeros, es de importancia crucial por presentar una alternativa al problema de la entrada de nutrientes y otras sustancias a las aguas costeras del país.

La zona costera norte del departamento presenta gran actividad pesquera, por parte de pobladores de la región; mientras que al sur la actividad es menor debido a que las condiciones naturales de la Ciénaga Grande permite extraer peces con menor esfuerzo, al realizado en la parte marina.

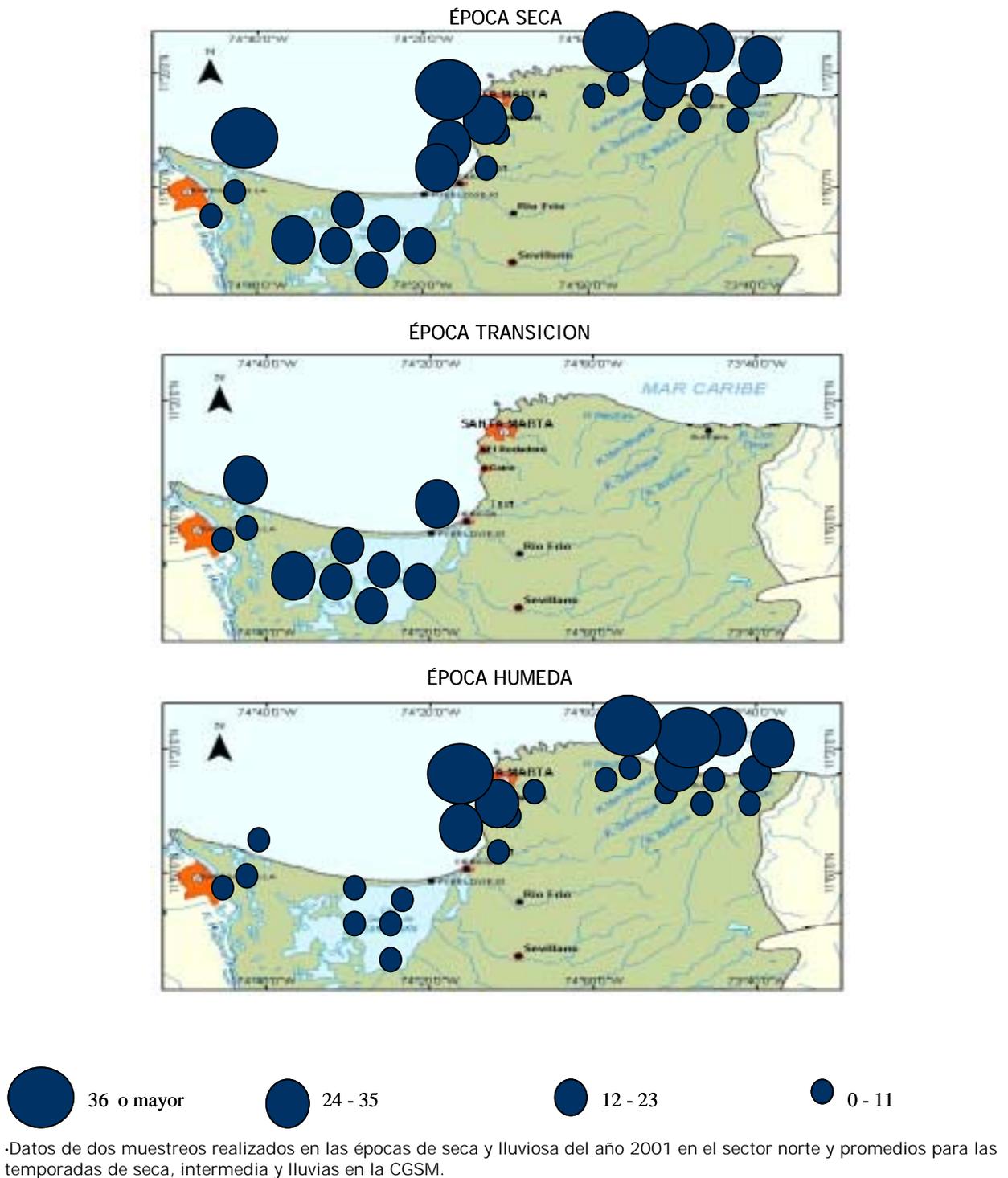
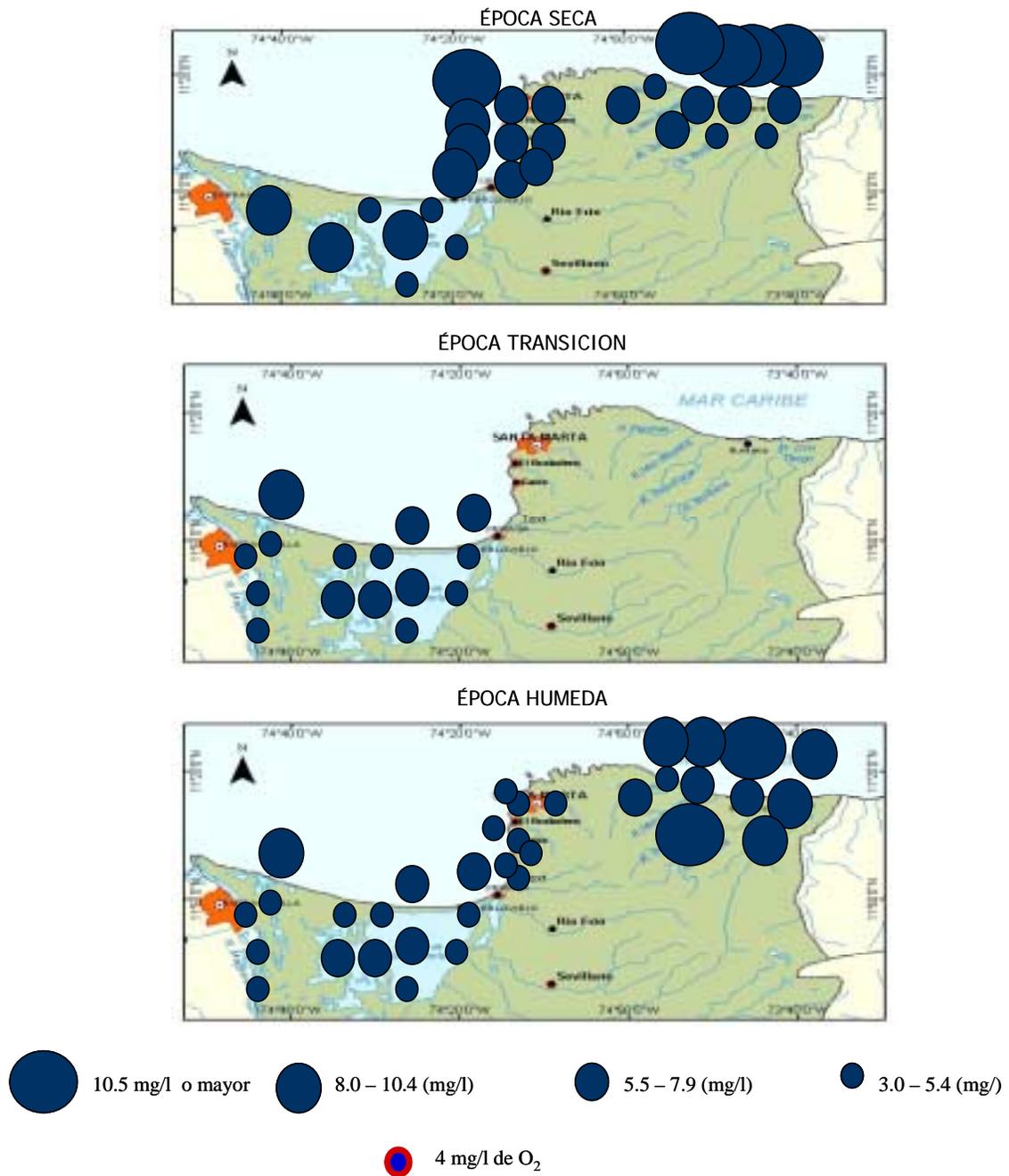
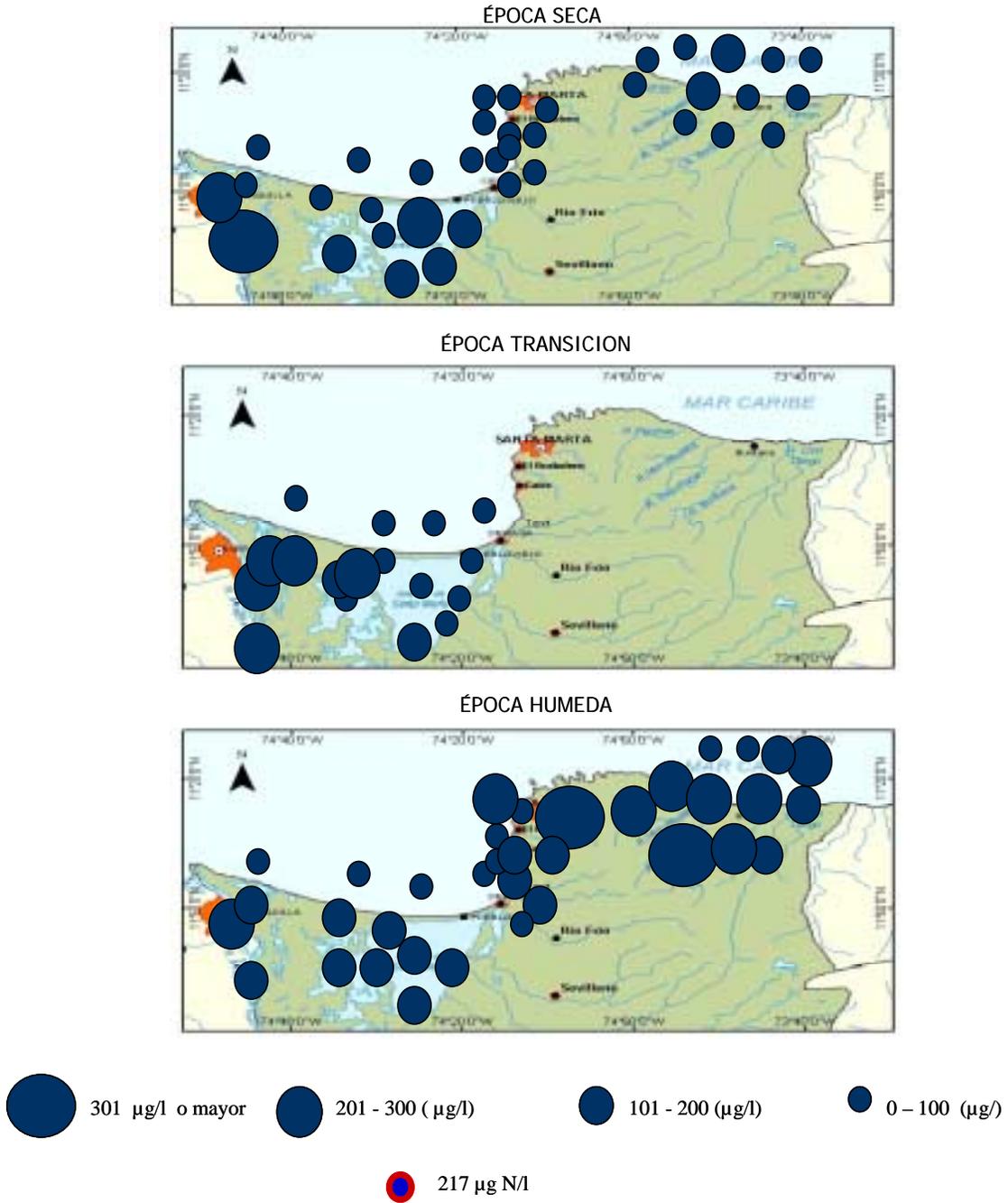


Figura 16. Distribución de la salinidad (‰) en la costa del departamento del Magdalena.



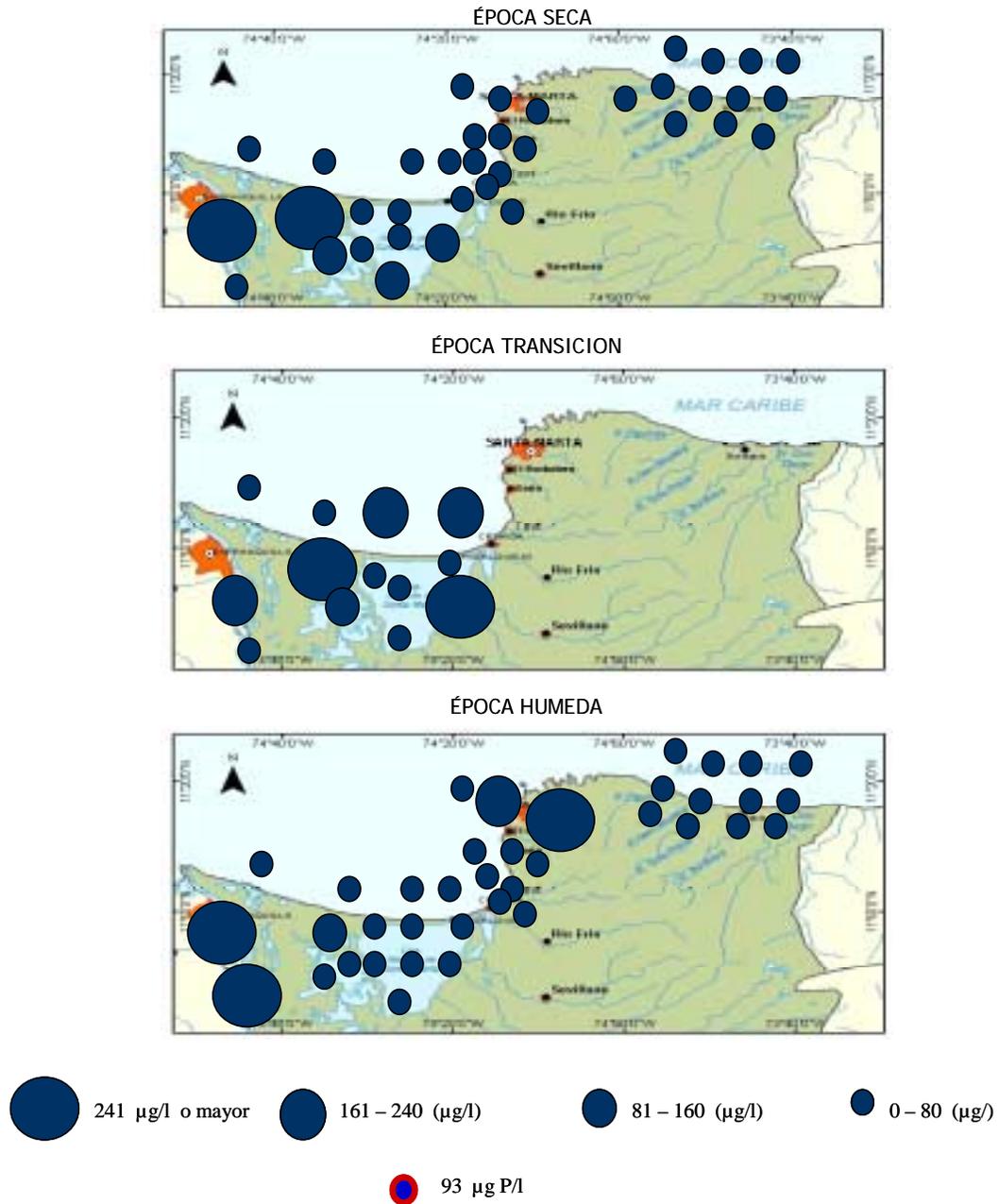
Datos de dos muestreos realizados en las épocas de seca y lluviosa del año 2001 en el sector norte y promedios para las temporadas de seca, intermedia y lluvias en la CGSM.

Figura 17. Distribución del oxígeno disuelto (mg/l) en la zona costera del departamento del Magdalena.



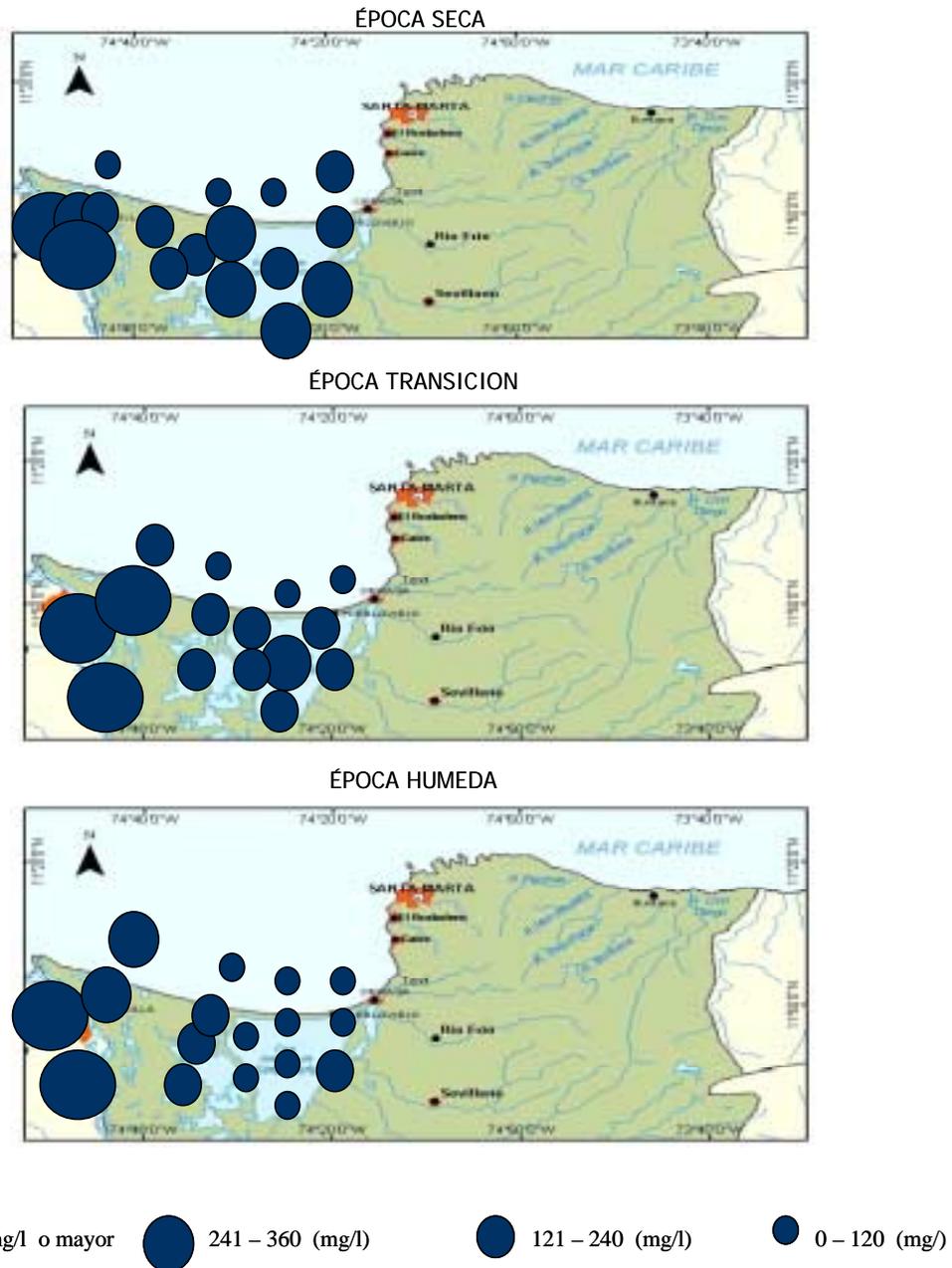
Datos de dos muestreos realizados en las épocas de seca y lluviosa del año 2001 en el sector norte y promedios para las temporadas de seca, intermedia y lluvias en la CGSM.

Figura 18: Distribución del nitrógeno inorgánico disuelto ($\mu\text{g/l}$) en la costa del departamento del Magdalena.



Datos de dos muestreos realizados en las épocas de seca y lluviosa del año 2001 en el sector norte y promedios para las temporadas de seca, intermedia y lluvias en la CGSM.

Figura 19: Distribución del fósforo inorgánico disuelto ($\mu\text{g/l}$) en la zona costera del departamento del Magdalena.



Datos de dos muestreos realizados en las épocas de seca y lluviosa del año 2001 en el sector norte y promedios para las temporadas de seca, intermedia y lluvias en la CGSM.

Figura 20: Distribución de los sólidos suspendidos (mg/l) en la costa del departamento del Magdalena.

2.3 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

2.3.1 Zona costera del Magdalena

En la descripción de la dinámica que ha tenido la contaminación microbiológica en la zona costera del departamento del Magdalena se tuvieron en cuenta los estudios realizados desde el año 1997 hasta el 2001 por INVEMAR.

El análisis de los datos obtenidos permitió establecer que hasta Diciembre de 2000 sus aguas no fueron óptimas para el uso de contacto primario encontrándose los niveles de coliformes fecales entre 20 y 4900000 NMP/100 ml (Figura 21). Los niveles más altos se hallaron en la zona 3, en el Boquerón, y los más bajos en Bahía Chengue (INVEMAR, 2000).

De acuerdo a la figura 6 durante la época seca los valores fluctuaron entre 14225 y 30292 NMP/100 ml, presentándose la concentración más alta en 1999. En los meses de Mayo y Agosto, época de transición el rango estuvo entre 2109 y 608014 NMP/100 ml, época húmeda las concentraciones oscilaron entre 14543 y 879231 NMP/100 ml, encontrándose los niveles más altos en los años 1997, 1998 y 1999. En los años 2000 y 2001 se presentó una disminución en la concentración de coliformes fecales en las diferentes épocas. Observándose que a partir de la instalación del Emisario Submarino en el Boquerón, las concentraciones han disminuido significativamente. Sin embargo, los niveles se mantienen por encima de los límites permisibles por la legislación Colombiana indicando que la constante contaminación de aguas residuales clasifican como una zona de CONTAMINACION ALTA, y en consecuencia un Nivel de riesgo alto (Tabla 5).

Tabla 4. Información microbiológica en la zona costera del departamento de Magdalena.

Zona	Código	Estación	Periodo	datos	Rango NMP/100ml	Promedio
1	C47ZN000PCO	Pozos Colorados	1995-2000	16	menor 3-24000	2095.0
2	C47ZN000ALC	Alcatraces	1997-2000	15	20-1400	170.0
	C47ZN000PRG	Río Gaira	1997-2001	16	140-24000	10218.0
	C47ZN000BGA	Boca río Gaira	2001	2	22000-24000	23000.0
	C47ZN000FRG	Fte río Gaira	2001	1	menor de 20	menor de 20
3	C47ZN000BQN	Boqueron	1997-1999	10	4900-9200000	2985166
		Emisario submarino	2000	3	1700-24000	3960000
	C47ZN000EAR	Calle 10	1997-2000	15	220-540000	69886
	C47ZN000PYM	Playa Municipal	1997-2001	15	50-28000	6501
	C47ZN000PTE	Pte la 22	1997-2000	15	20-16000	2244
	C47ZN000PRM	Río Manzanares	1997-2001	17	20-24000	6760
	C47ZN000PYB	Playa Batallon	1997-2000	15	20-1100	157
	C47ZN000CE	Canal Escollera	1997-2000	15	20-17000	2326.0
	C47ZN000PYR	Playa Rodadero	1997-2000	15	20-27000	3556
	C47ZN000PYS	Playa Salguero	1997-2000	15	20-5400	597.0
	C47ZN000SD	sitio descargas	1995	1	mayor 2400	mayor 2400
	C47ZN000MMO	Terminal marítimo	1995	1	menor 3	menor 3
	C47ZN000BSM	Bahia Santa marta	1995	1	mayor 2400	mayor 2400
		Puerto Luz	1995	1	15	15
4	C47ZN004BTA	Bahia Taganga	1995	1	menor 3	menor 3
	C47ZN000BCH	Bahia Chengue	1997-2000	15	20-80	30
5	C47ZN000PRC	Río Cordoba	2001	2	1800-24000	12900
	C47ZN000BRC	Desem río Cordoba	2001	1	160000	160000
	C47ZN000FRC	Fte río Cordoba	2001	1	1100	1100
	C47ZN000PRT	Río Torlbio	2001	2	5400-160000	82700
	C47ZN000BRT	Desemmb río Torlbio	2001	1	16000	16000
	C47ZN000FRT	Frente río Torlbio	2001	1	20	20
	C47ZN000RPI	Río Piedras	2001	2	2200-9200	5700
	C47ZN000FPI	Frente río Piedras	2001	1	330	
	C47ZN000RGU	Río Guachaca	2001	2	1300-16000	8650
	C47ZN000BRG	Boca río Guachaca	2001	1	9200	9200
	C47ZN000FGU	Frente río Guachaca	2001	1	50	50
	C47ZN000RBU	Río Buritaca	2001	2	3300-24000	13650
	C47ZN000BRB	Boca río Buritaca	2001	1	24000	24000
	C47ZN000FBU	Frente río Buritaca	2001	2	1800-16000	8900
	C47ZN000RDI	Río Don Diego	2001	2	11000-24000	17500
C47ZN000BRD	Boca Don Diego	2001	2	3300-24000	13650	
C47ZN000FDI	Frente río Don Diego	2001	2	220-1800	1010	

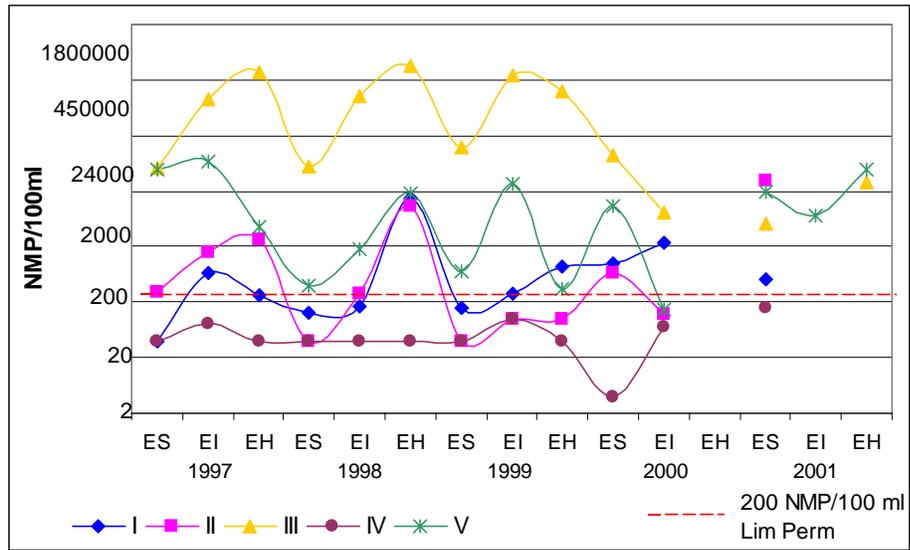


Figura 21. Tendencia de Coliformes fecales para los años 1998-2001 en la zona costera del departamento del Magdalena.

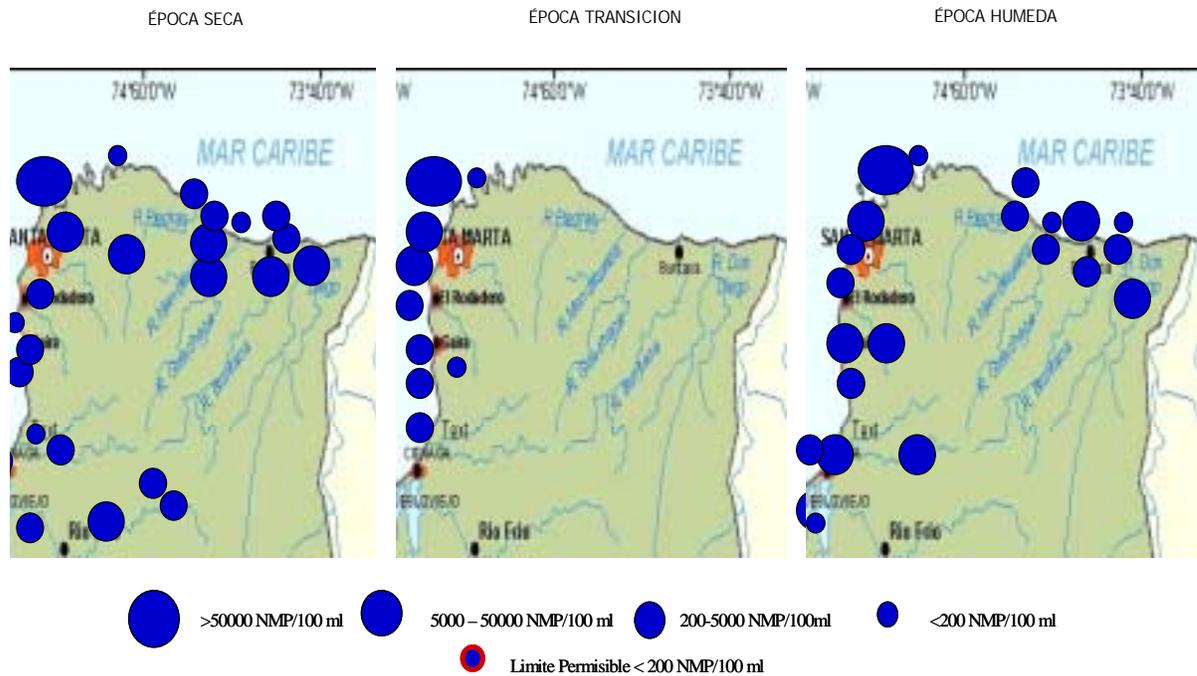


Figura 22. Distribución de coliformes fecales (NMP/100 ml) en la zona costera de Magdalena. Datos promedio 1998-2001.

Aplicando la escala indicativa, Marín-2000, se puede determinar que en promedio, durante el año 1998, la zona se clasificó dentro de niveles de contaminación ALTA, presentando niveles de

riesgo para las épocas seca, intermedia y húmeda del 7%, 36% y 1% respectivamente. Para el año 1999, durante la época seca los niveles se encontraron dentro de una contaminación MEDIA con el 42% de las muestras dentro de los límites y para la época intermedia, la contaminación pasó a ser ALTA, presentando un 38%. La época húmeda no fue muestreado. En el 2000, los rangos de la época seca oscilaron dentro de una contaminación ALTA, con un 23% y en la húmeda, los rangos disminuyeron a una contaminación BAJA, de donde el 61% de las muestras se mantuvieron dentro de los límites permisibles. Para el año 2001, tanto en la época seca como en la húmeda la contaminación que predominó fue ALTA, con niveles de 1 y 5 %, respectivamente (Figura 23).

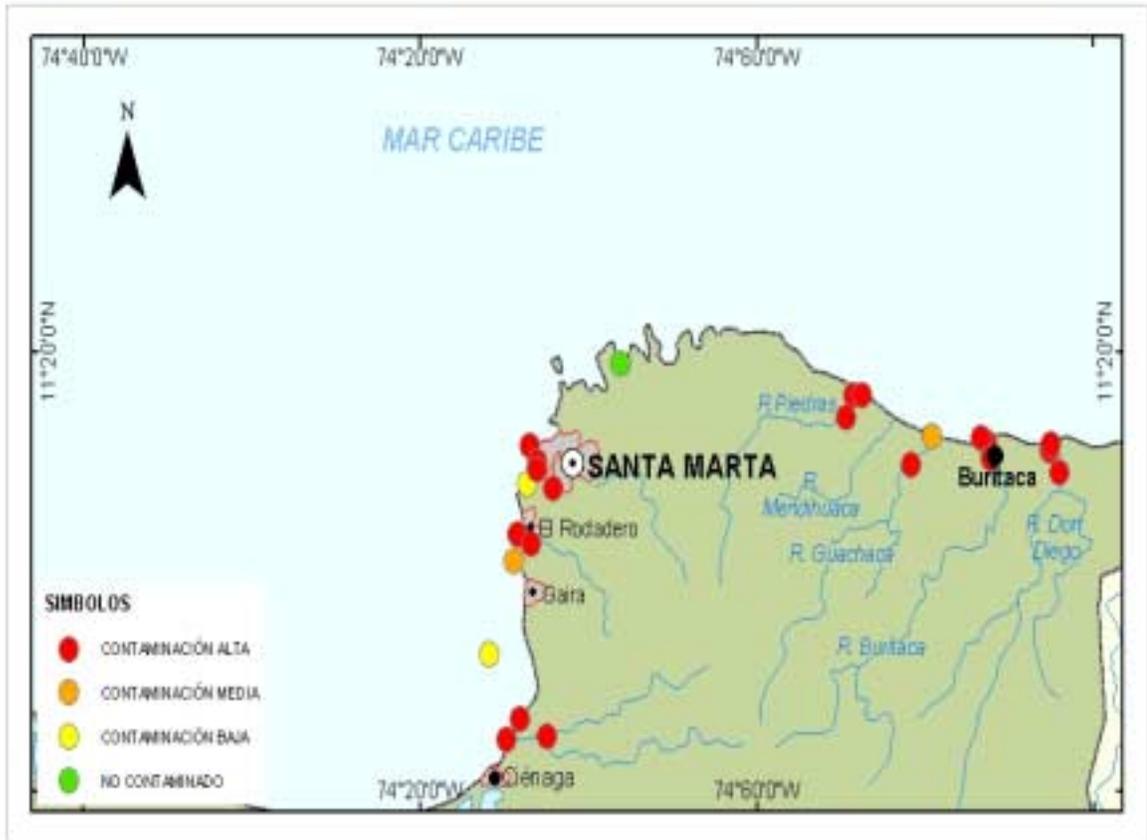


Figura 23. Niveles de Riesgo de Contaminación Microbiológica durante los años 1999-2001 en la zona costera del Magdalena.

Durante el 2001, durante la época seca, las concentraciones más altas de coliformes fecales se encontraron en estaciones como Boca Puerto y Boca río Córdoba. Para la época húmeda del mismo año la Boca del Río Córdoba mantuvo los mayores niveles, junto con el río Toribio, sobrepasando en los dos períodos climáticos los límites permisibles (Figura 24).

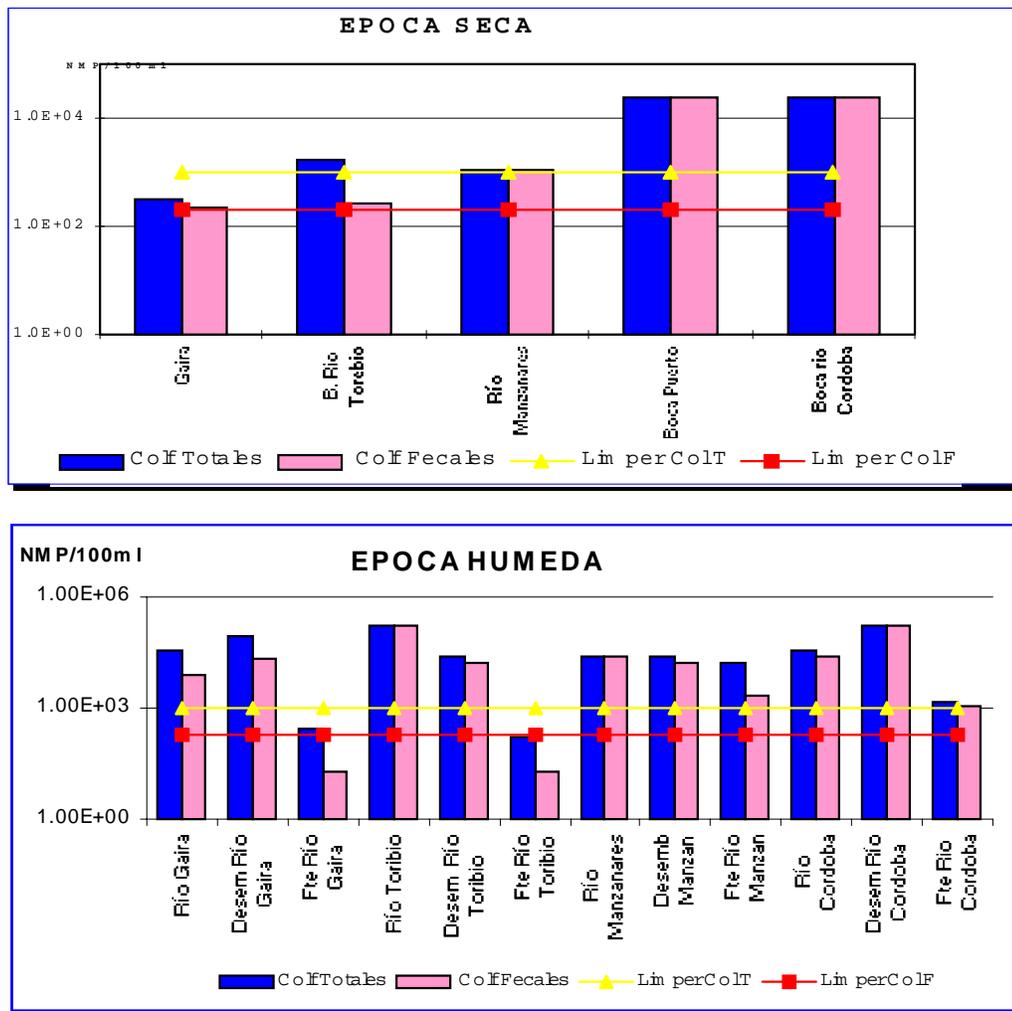


Figura 24. Niveles de Coliformes totales, fecales en la zona costera del departamento del Magdalena durante 2001 y límites permisibles establecidos por la Legislación Colombiana.

La Figura 25 muestra la influencia que ejercen los diferentes tributarios procedentes de la Sierra Nevada de Santa Marta (Piedras, Guachaca, Buritaca y Don Diego) en la zona costera, al encontrar que todas las muestras sobrepasan los límites permisibles. Durante la época seca se registró un promedio de 13154 NMP/100 ml en la concentración de coliformes fecales mientras que en la época húmeda el promedio fue de 4855 NMP/100 ml.

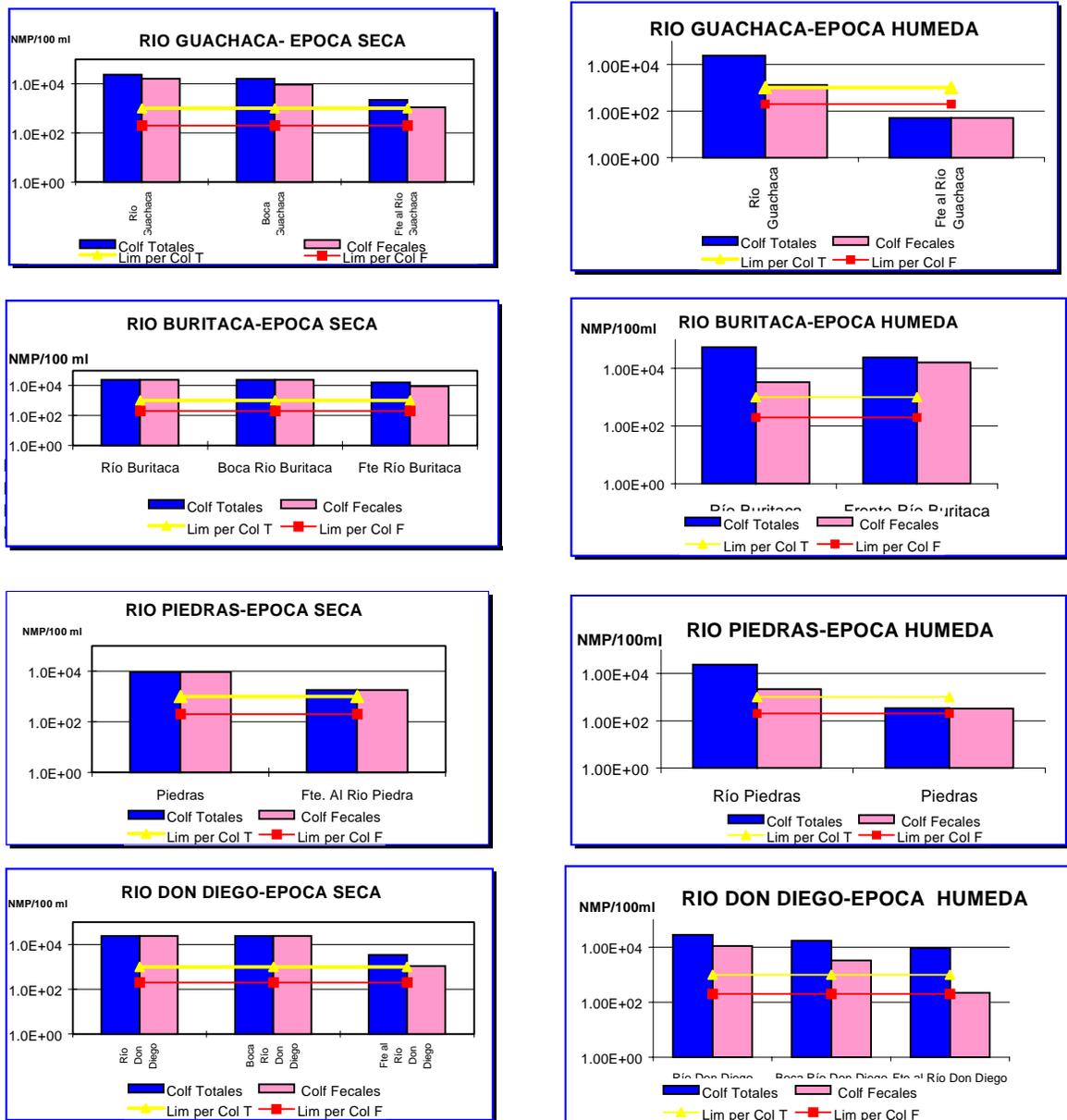


Figura 25. Niveles de Coliformes Totales, Fecales y en los tributarios procedentes de la Sierra Nevada de Santa Marta durante la época seca y húmeda de 2001. Límites permisibles establecidos por la Legislación Colombiana

2.3.2 Ciénaga Grande de Santa Marta

Para la descripción de la tendencia que ha tenido la contaminación microbiológica en la Ciénaga Grande de Santa Marta se tuvieron en cuenta los estudios realizados desde 1996 al 2001 por el INVEMAR. Los datos demuestran que los niveles de Coliformes fecales más bajos se encuentran en la zona 0, área de influencia marina, Golfo de Salamanca; que fluctuaron entre 45 NMP/100ml en la época seca de 1998, y 1110 NMP/100ml de la época húmeda de 2000. Mientras que los niveles más altos se presentan en la zona 3, Complejo de Pajarales, los cuales varían entre 20 NMP/100ml en la época seca de 1998 y 32557 NMP/100ml en la época húmeda del mismo año, ya que es una zona influenciada por las aguas del caño clarín que a su vez recibe las descargas del río Magdalena, además el complejo de Pajarales presenta continuamente la descarga de aguas residuales de los pueblos palafíticos, con elevadas concentraciones de Coliformes fecales. Notándose que algunos de los factores que pueden limitar el crecimiento de Coliformes son la salinidad y radiación solar, por lo que la tendencia general de las concentraciones de estos microorganismos durante época húmeda es mayor a las que se presentan durante época seca.

La Zona de los ríos en la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta –SNSM, presentó durante la época seca de 1998 niveles de Coliformes fecales (CF) entre 45 y 360 NMP/100ml con un promedio de 188 NMP/100ml encontrándose dentro de los límites permisibles por la Legislación Colombiana. Para la época intermedia los niveles oscilaron entre 4267 y 7787 con un promedio de 6047 NMP/100ml, mientras que para la época húmeda la concentración de CF estuvo entre 4300 y 7933 con un promedio de 503 NMP/100ml, mostrando para los dos casos que se encuentran sobrepasando los límites permisibles por la Legislación Colombiana. De aquí se deduce que la contaminación microbiológica tiende a aumentar (Tabla 5, Figura 26).

Para la época seca del año 1999 los CF se encontraron entre 1003 y 3137 con un promedio de 1818 NMP/100ml, manteniéndose por encima de los límites permisibles, en la época intermedia los CF oscilaron entre 790 y 2400 con un promedio de 1497 NMP/100ml mientras que para la época húmeda los niveles de CF se encontraron entre 790 y 3500 con un promedio de 1997 NMP/100ml, manteniéndose por encima de los límites permisibles (Figura 26).

Tabla 5. Descripción de la información microbiológica en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

ZONA	ESTACION	COGIGO	PERIODO	No DATOS	RANGOS NMP/100ml	PROMEDIO NMP/100ml
1	RIO SEVILLA	RSE	1998-2001	25	20-24000	3603
	RIO ARACATACA	RAR		24	80-24000	4079
	RIO FUNDACON	RFU		24	20-24000	3105
	RIOS	-	1998-2001	73	20-24000	3596
2	RINCONADA	RIN	1998-2001	29	20-24000	2351
	BOCA CAÑO GRANDE	BCG		26	20-13000	1655
	CENTRO	CEN		21	20-5400	406
	CGSM	-	1998-2001	76	20-24000	1576
3	CIENAGA REDONDA	CRE	1998-2001	24	20-16000	1271
	CAÑO AGUAS NEGRAS	CAN		23	20-92000	6045
	BUENAVISTA	BNV		22	20-13000	1704
	NUEVA VENECIA	NVE		7	60-5400	1958
	CIENAGA LA LUNA	CLU		5	130-4900	1446
	BRISTOL	BRI		1	220	220
	PAJARALES	-	1998-2001	82	20-92000	2783
5	BOCAS DE CENIZA	BDC	2000-2001	3	260-2800	1587
	BOCA CAÑO CLARIN	BCC		7	260-1600	3156
	Km 38	K38		3	330-3500	2010
	Km 50	K50		3	1800-3500	2933
	AGUAS NEGRAS	ANE		3	330-1700	940
	Km 71	K71		3	260-9200	4953
	RENEGADO	REN		2	1100-1700	1400
	Km 80-GUAIMARO	K80		2	170-24000	12085
	RIO MAGDALENA	-	2000-2001	26	170-24000	3320
0	LA BARRA	LBA	1998-2001	27	20-2200	215
	FRENTE JAGUEY	FJA		3	20-260	117
	FRENTE CUATRO BOCAS	FCB		1	260	260
	FRENTE COSTA VERDE	FCV		3	20-90	67
	MAR	-	1998-2001	34	20-2200	194
CLARIN	RINCONADA	RIN	1998-2001	29	20-24000	2351
	LA Y	LAY		4	270-1400	940
	CIENAGA REDONDA	CRE		24	20-16000	1271
	Km 22	C22		3	240-24000	8243
	Km 15	C15		4	1100-2800	1725
	Km 9	C9		4	1100-16000	5025
	Km 2	C2		21	50-13000	2956
	BOCA CAÑO CLARIN	BCC		7	260-16000	3156
	CLARIN	-	1998-2001	96	20-24000	2483

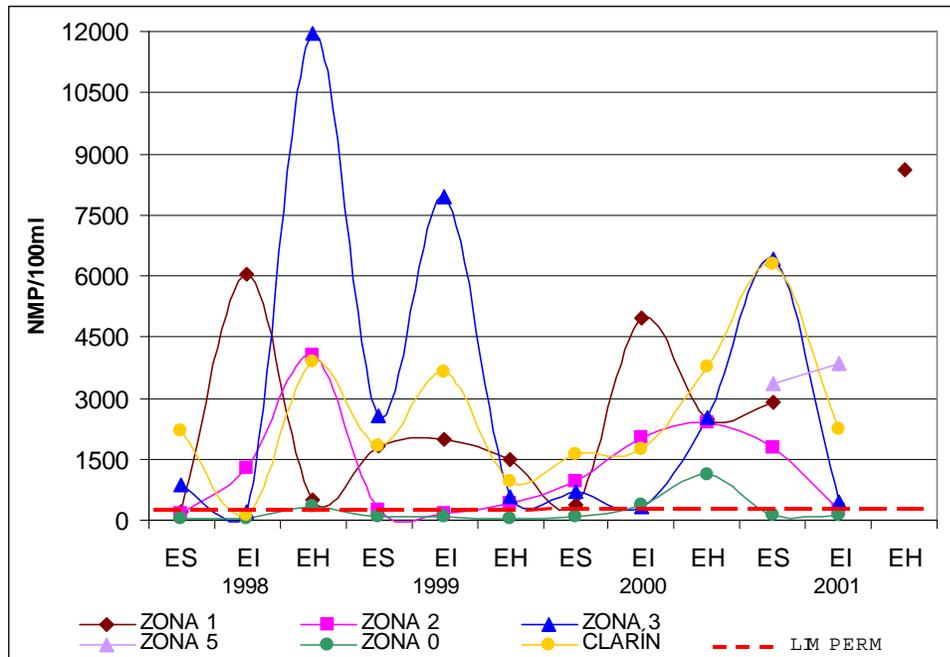


Figura 26. Tendencia de Coliformes fecales en la CGSM para los años 1998-2001. Época seca, transición y húmeda (datos promedio).

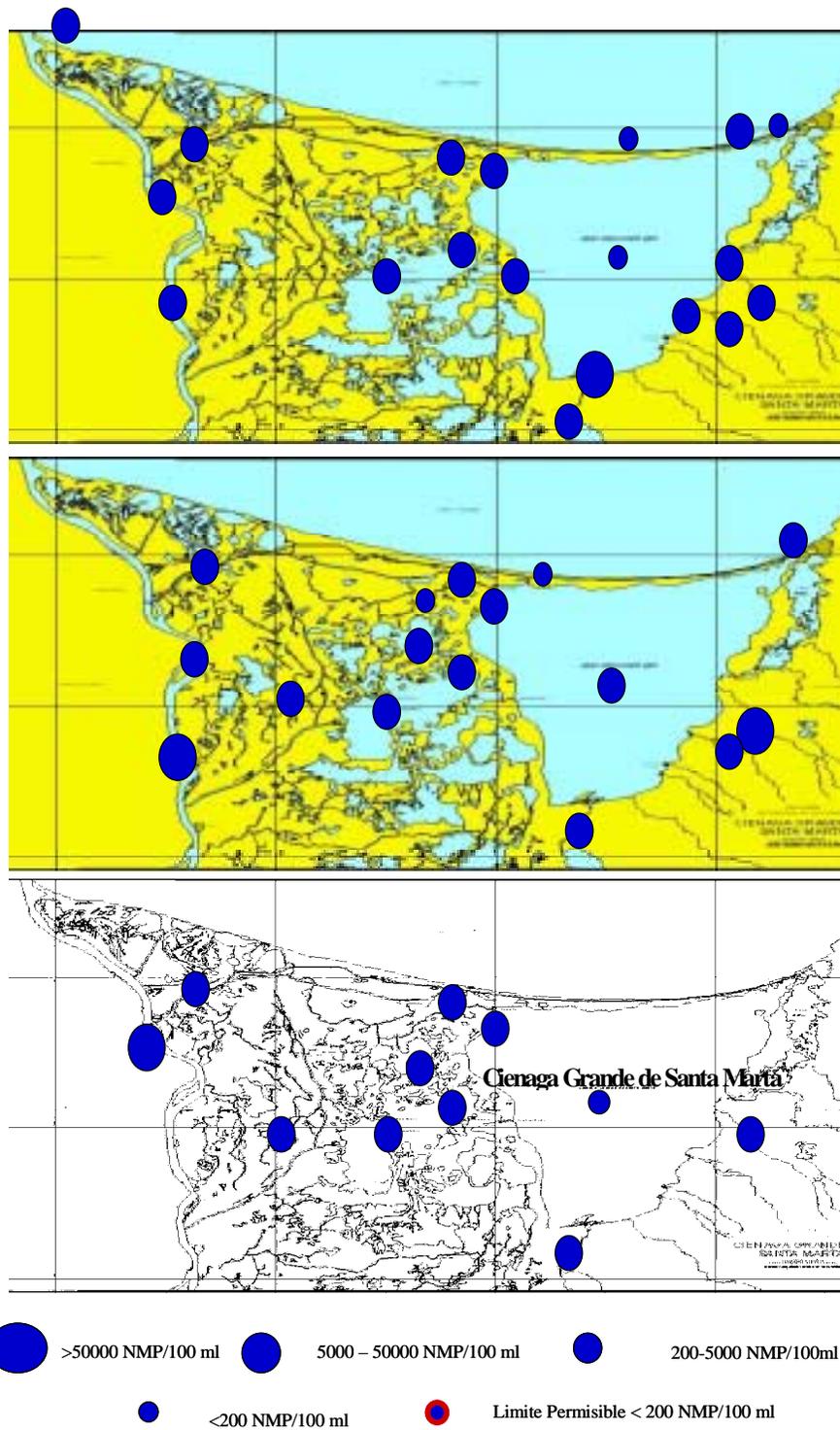


Figura 27. Tendencia de Coliformes fecales en la CGSM para los años 1998-2001. Época Seca, Transición y Húmeda (datos promedio).

Durante el monitoreo del año 2000, en la época seca los CF se encontraron entre 267 y 537, con un promedio de 391 NMP/100ml, en época intermedia los niveles de CF oscilaron entre 2200 y 9200 con un promedio de 4967 NMP/100ml; y para la época húmeda los CF estuvo entre 190 y 4060 con un promedio de 2.467 NMP/100ml sobrepasando los límites permisibles en todos los casos Figuras 61 y 62).

En el año 2001 las concentraciones de CF durante la época seca se encontraron entre 1235 y 5250, con un promedio de 2879 NMP/100ml, mientras que para la época húmeda los niveles se encontraron entre 4765 y 12850, con un promedio de 8595 NMP/100ml.

Se puede observar entonces, que en época intermedia las concentraciones de Coliformes fecales tienden a ser mayores a los que se presentan en las otras dos épocas, debido al cambio de condiciones ambientales, es decir, con la elevada precipitación entre una época y otra respectivamente, notándose que en invierno las concentraciones de los microorganismos tienden a aumentar ya que la salinidad y la radiación solar disminuyen.

De acuerdo a los niveles de riesgo de contaminación microbiológica, en 1998 se mostró, que la vertiente de la Sierra Nevada de Santa Marta ejerció un papel contaminante al clasificarse las estaciones localizadas en las desembocaduras de los ríos Sevilla, Aracataca y Fundación con una contaminación alta (37%); mientras que durante los años 1999, 2000 y 2001 el porcentaje que explica el nivel de riesgo disminuyó a 20%, 25% y 0% respectivamente, pero manteniendo la zona con una contaminación alta. Posiblemente este cambio se debe a la alta precipitación que predominó en 1999 que aumentó el caudal normal de los ríos y contribuyó a un aumento en el crecimiento y la concentración de Coliformes fecales. Este deterioro se debe posiblemente a que las aguas de estos ríos cruzan diferentes zonas ganaderas y agrícolas, pero principalmente a los desechos domésticos que llegan de las poblaciones ribereñas, contribuyendo así al proceso de contaminación.

La Zona del espejo de la Ciénaga Grande de Santa Marta -CGSM- presentó durante la época seca de 1998 unos niveles de Coliformes fecales (CF) de 20 NMP/100ml con un promedio de 20 NMP/100ml encontrándose dentro de los límites permisibles por la Legislación Colombiana. Para la época intermedia los niveles oscilaron entre 87 y 2357 con un promedio de 1272 NMP/100ml sobrepasando los límites permisibles; para la época húmeda la concentración de CF estuvo entre 400 y 8080 con un promedio de 4039 NMP/100ml manteniéndose por fuera de los límites permisibles por la legislación Colombiana, de donde se observa que la contaminación microbiológica tiende a aumentar durante el periodo de observaciones (Tabla 5).

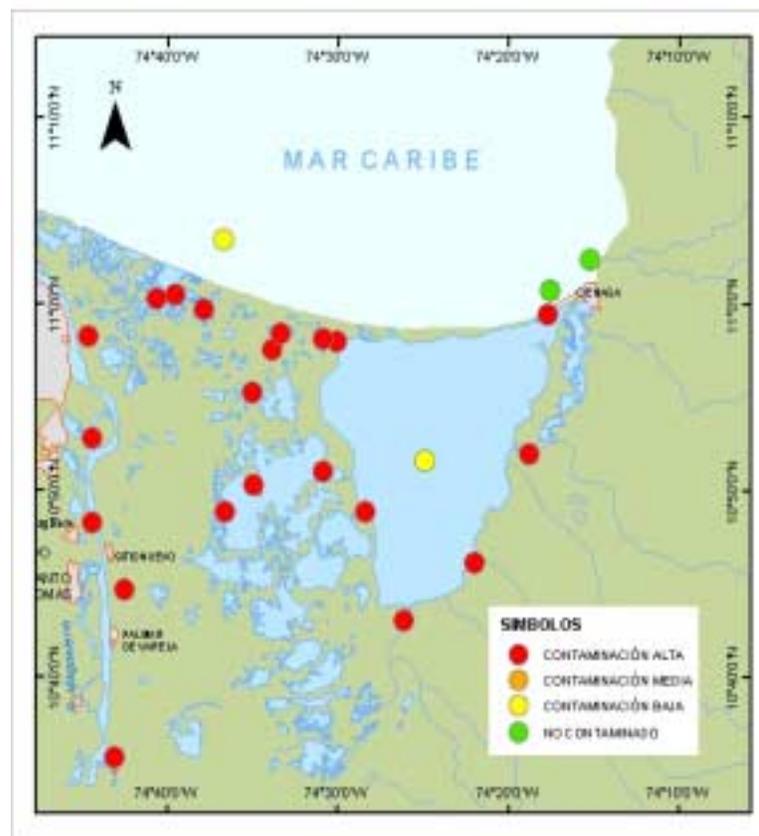
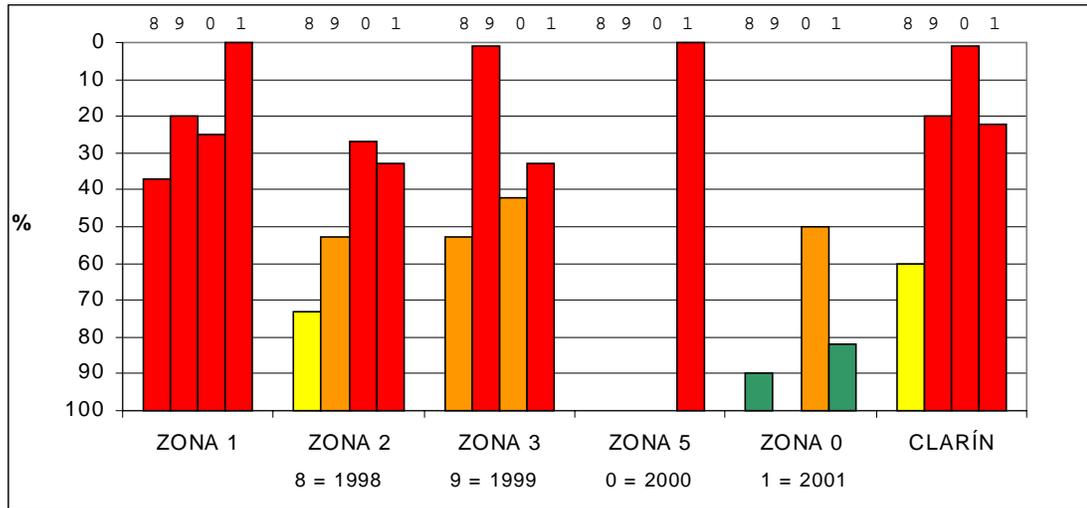


Figura 28. Niveles de Riesgo de Contaminación Microbiológica para la Ciénaga Grande de Santa Marta 1998-2001.

Para la época seca del año 1999 los CF se encontró entre 83 y 365 con un promedio de 288 NMP/100ml. En la época intermedia los CF oscilaron entre 50 y 330 con un promedio de 170 NMP/100ml ubicándose dentro de los límites y para la época húmeda los niveles de CF se encontraron entre 80 y 410 con un promedio de 273 NMP/100ml, sobrepasando los límites permisibles.

Durante el monitoreo del año 2000, en la época seca los CF se encontraron entre 177 y 2352, con un promedio de 940 NMP/100ml, mientras que en época intermedia los niveles de CF oscilaron entre 270 y 5500 con un promedio de 2027 NMP/100ml y para época húmeda los CF estuvieron entre 175 y 4279 con un promedio de 2381 NMP/100ml sobrepasando los límites permisibles en todos los casos.

En el año 2001 las concentraciones de CF durante la época seca se encontraron en 1800, con un promedio de 1800 NMP/100ml, mientras que para la época intermedia los niveles de CF oscilaron entre 135 y 380 con un promedio de 257 NMP/100ml.

En promedio este sector, en época húmeda las concentraciones de Coliformes fecales tienden a aumentar, posiblemente porque es una zona que recibe la descarga de la contaminación fecal proveniente de los pueblos Palafíticos.

Adicionalmente, en 1998 se notó, de acuerdo a los niveles de riesgo, que la zona de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Zona 2) se clasificó dentro de los rangos de baja contaminación al presentar un promedio de 73%; en 1999 pasó a ser una zona de contaminación media (53%), en el año 2000 pasó al rango de contaminación alta (27%) y en el primer semestre de 2001 la contaminación continuó elevada (33%) (Figura 28); posiblemente este cambio se deba al incremento de la descarga de aguas negras con elevadas concentraciones de Coliformes fecales, por parte de los pueblos Palafíticos y aportes de los ríos de la SNSM.

La Zona del Complejo de Pajarales mostró durante la época seca de 1998 concentraciones de CF entre 20 y 1400 NMP/100ml con un promedio de 860 NMP/100ml. Para la época intermedia los niveles oscilaron entre 62 y 517 con un promedio de 225 NMP/100ml y para la época húmeda la concentración de CF estuvo entre 963 y 32557 con un promedio de 11972 NMP/100ml sobrepasando en todos los casos los límites permisibles (Tabla 5).

Para la época seca del año 1999 los CF se encontraron entre 380 y 4877 con un promedio de 2568 NMP/100ml, en la época intermedia los CF oscilaron entre 2400 y 16000 con un promedio de 7933 NMP/100ml y para la época húmeda los niveles de CF se encontraron entre 220 y 790 con un promedio de 570 NMP/100ml, manteniéndose en los tres casos por encima de los límites permisibles.

En el monitoreo del año 2000, para la época seca los CF se encontraron entre 185 y 1245, con un promedio de 697 NMP/100ml, en época intermedia los niveles de CF oscilaron entre 130 y 790 con un promedio de 349 NMP/100ml; y para época húmeda los CF estuvieron entre 640 y 4635 con un promedio de 2521 NMP/100ml sobrepasando en todos los casos los límites permisibles.

En el año 2001 las concentraciones de CF durante la época seca se encontraron entre 700 y 16000, con un promedio de 6400 NMP/100ml, para la época intermedia los niveles de CF oscilaron entre 175 y 1145 con un promedio de 520 NMP/100ml sobrepasando los límites permisibles.

Por otra parte, según los niveles de riesgo de contaminación microbiológica se notó que en 1998 la zona del Complejo de Pajarales se clasificó dentro de los rangos de contaminación media al presentar una contaminación promedio de (53%), en 1999 pasó a ser una zona de contaminación alta (1%), en el año 2000 la contaminación disminuyó a rango de contaminación media (42%) y en el primer semestre de 2001 la contaminación se elevó (33%) (Figura 6); notándose que la contaminación en esta zona es constante, debido posiblemente a las descargas directas de aguas

residuales con elevadas concentraciones de Coliformes fecales, por parte de los Pueblos Palafíticos, junto con los aportes que hace el Caño Clarín, los cuales persisten durante todo el periodo de estudio (Figura 28).

A partir del año 2001 se está implementando el monitoreo del trayecto del río Magdalena, para evaluar la carga de CF que presenta. Durante la época seca las concentraciones estuvieron entre 1100 y 9200 NMP/100ml con un promedio de 3350 NMP/100ml, para la época intermedia los niveles oscilaron entre 560 y 12085 con un promedio de 3844 NMP/100ml, manteniéndose en todos los casos por encima de los límites permisibles.

Se observa, que en época intermedia las concentraciones de CF tienden a ser mayores, que en la época seca, al parecer por el incremento de las precipitaciones que se evidencian en ésta época, favoreciéndose así la afluencia de las descargas de contaminantes fecales al río durante su trayecto, además con la alteración de las condiciones ambientales como disminución de la salinidad y de radiación solar, las concentraciones de éstos microorganismos se incrementan. Por otra parte, según los niveles de riesgo de contaminación microbiológica se notó que para la época seca del año 2001 la zona del Trayecto del Río Magdalena se clasifica dentro de los rangos de contaminación Alta al presentar una contaminación promedio de 0%, para la época intermedia los valores permanecen dentro de los niveles Altos (0%); Sobrepasando en los dos casos los límites permisibles.

La zona de influencia marina presentó durante la época seca de 1998 unos niveles de CF de 45 NMP/100ml con un promedio de 45 NMP/100ml, para la época intermedia los niveles fueron de 47 NMP/100ml con un promedio de 47 NMP/100ml, sin sobrepasar los límites permisibles, y para la época húmeda la concentración estuvo en 317 con un promedio de 317 NMP/100ml sobrepasando los límites permisibles (Tabla 5).

Para la época seca del año 1999 los CF se encontraron en 80 NMP/100ml con un promedio de 80 NMP/100ml, en la época intermedia los CF fueron de 80 con un promedio de 80 NMP/100ml y para la época húmeda los niveles de CF se encontraron en 50 con un promedio de 50 NMP/100ml, manteniéndose para todos los casos dentro de los límites permisibles.

Durante el monitoreo del año 2000, en la época seca los CF se encontraron en 102, con un promedio de 102 NMP/100ml sin sobrepasar los límites permisibles, en época intermedia los niveles de CF fueron de 370 con un promedio de 370 NMP/100ml y para época húmeda los CF estuvieron en 1110 con un promedio de 1110 NMP/100ml sobrepasando los límites en los últimos dos casos.

En el año 2001 las concentraciones de CF durante la época seca se encontraron entre 90 y 170, con un promedio de 130 NMP/100ml y para la época intermedia los niveles estuvieron entre 55 y 260, con un promedio de 133 NMP/100ml, manteniéndose las dos épocas dentro de los límites permisibles.

En esta zona existe una comunicación permanente con el mar lo que hace que la salinidad se encuentre en rangos superiores de 25‰ en donde la salinidad puede ejercer una acción bacteriostática para las bacterias indicadoras de contaminación fecal al igual que la radiación solar, evidenciando una inestabilidad en la concentración de CF que independientemente de la época del año tienden a mantenerse dentro de los límites permisibles.

Por otra parte, en 1998 se mostró que de acuerdo con los niveles de riesgo de contaminación microbiológica la zona de influencia marina se ubicó dentro de niveles como una zona no contaminada, junto con los niveles del año 1999, cuyos valores fueron de 90% y 100% respectivamente, en el año 2000 pasó a niveles de contaminación media (50%) y para el año 2001 los niveles pasaron al 82% (Figura 28).

La Zona del trayecto Rinconada-Caño Clarín-Río Magdalena o trayecto Caño Clarín mostró durante la época seca de 1998 unas concentraciones de CF entre 20 y 6525 NMP/100ml con un promedio de 2188 NMP/100ml, para la época intermedia los niveles oscilaron entre 62 y 170 con un promedio de 106 NMP/100ml pasando a niveles permisibles, mientras que para la época húmeda la concentración de CF estuvo entre 963 y 8080 con un promedio de 3887 NMP/100ml sobrepasando los límites.

Para la época seca del año 1999 los CF se encontraron entre 243 y 4783 con un promedio de 1802 NMP/100ml, en la época intermedia los CF oscilaron entre 130 y 5400 con un promedio de 3643 NMP/100ml y para la Época húmeda los niveles de CF se encontraron entre 790 y 1300 con un promedio de 960 NMP/100ml, manteniéndose por encima de los límites permisibles en todos los casos.

En el monitoreo del año 2000, para la época seca los CF se encontraron entre 185 y 4933, con un promedio de 1626 NMP/100ml, en época intermedia los niveles de CF oscilaron entre 292 y 5500 con un promedio de 1753 NMP/100ml; Mientras que para época húmeda los CF estuvieron entre 715 y 12245 con un promedio de 3782 NMP/100ml sobrepasando, en los tres casos, los límites permisibles.

Para el año 2001, en la época seca los CF se encontraron entre 1100 y 16000, con un promedio de 6300 NMP/100ml, en época intermedia los niveles de CF oscilaron entre 200 y 8130 con un promedio de 2245 NMP/100ml sobrepasando los límites en las dos épocas.

Por otra parte, según los niveles de riesgo de contaminación microbiológica, se notó que en 1998 la zona del trayecto del Caño Clarín se clasificó dentro de los rangos de contaminación baja al presentar una contaminación promedio de 60%, en los años 1999 2000 y 2001 pasó a ser una zona de contaminación alta, con niveles de 20%, 1% y 22% respectivamente. Se nota entonces que la contaminación fecal en esta zona es elevada por las características del agua que entra al canal proveniente del río Magdalena, es decir aguas que carecen de salinidad y favorecen el desarrollo de Coliformes. De esta forma la vertiente del río Magdalena ejerce una fuerte influencia en la descarga de contaminantes fecales en el espejo lagunar durante el periodo de estudio (Figura 28).

2.4 HIDROCARBUROS Y PLAGUICIDAS

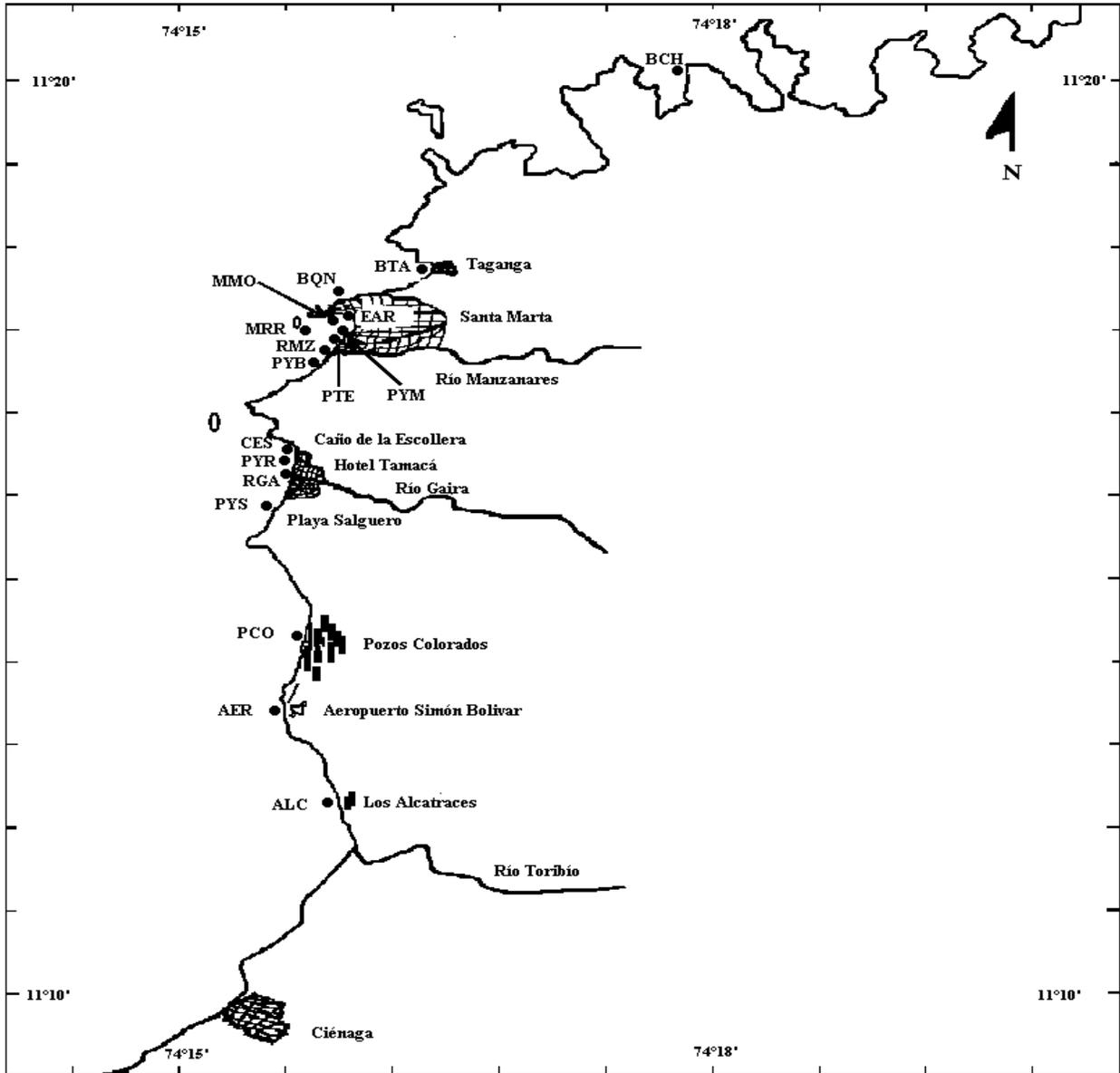


Figura 29. Descripción de la zona costera de Santa Marta (ZCSM)

Las zonas costeras más afectadas por fuentes terrestres de contaminantes al Mar Caribe adyacente son la Zona Costera de Santa Marta y la Ciénaga Grande de Santa Marta.

Residuos de Plaguicidas Organoclorados

Con base en los antecedentes documentados en la ZCSM, se concluye que históricamente los mayores niveles de residuos de plaguicidas de tipo organoclorado corresponden principalmente a heptacloro y DDT total, que se han detectado de manera sistemática en la región. Se debe mencionar que Bahía Chenge (BCH), 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. La presencia en este sector del Parque Tayrona demuestra el transporte de estos tóxicos desde otras zonas costeras.

La frecuencia de detección para 1995-2001, expresada en porcentaje de aparición (%) de estos residuos contaminantes en aguas de la ZCSM corresponde a los siguientes valores:

HCH total	HEPTACLORO	ALDRIN	DDT total
15	15	18	30

La mayor frecuencia de aparición de DDT y sus metabolitos en las aguas de la ZCSM ratifican claramente su reconocida persistencia en los ecosistemas acuáticos.

Por su parte, los niveles de riesgo históricos por la presencia de organoclorados en la ZCSM, con base en la información disponible para el período 1995- 2001 se distribuyen de la siguiente forma:

no riesgo: 10 % riesgo bajo: 46 % riesgo medio: 13 % riesgo alto: 31 %

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se ilustra de manera gráfica la distribución horizontal y tendencia estacional de los niveles de concentración de plaguicidas organoclorados en aguas de la ZCSM, correspondientes al promedio histórico de los registros acumulados entre 1995 y 2001.

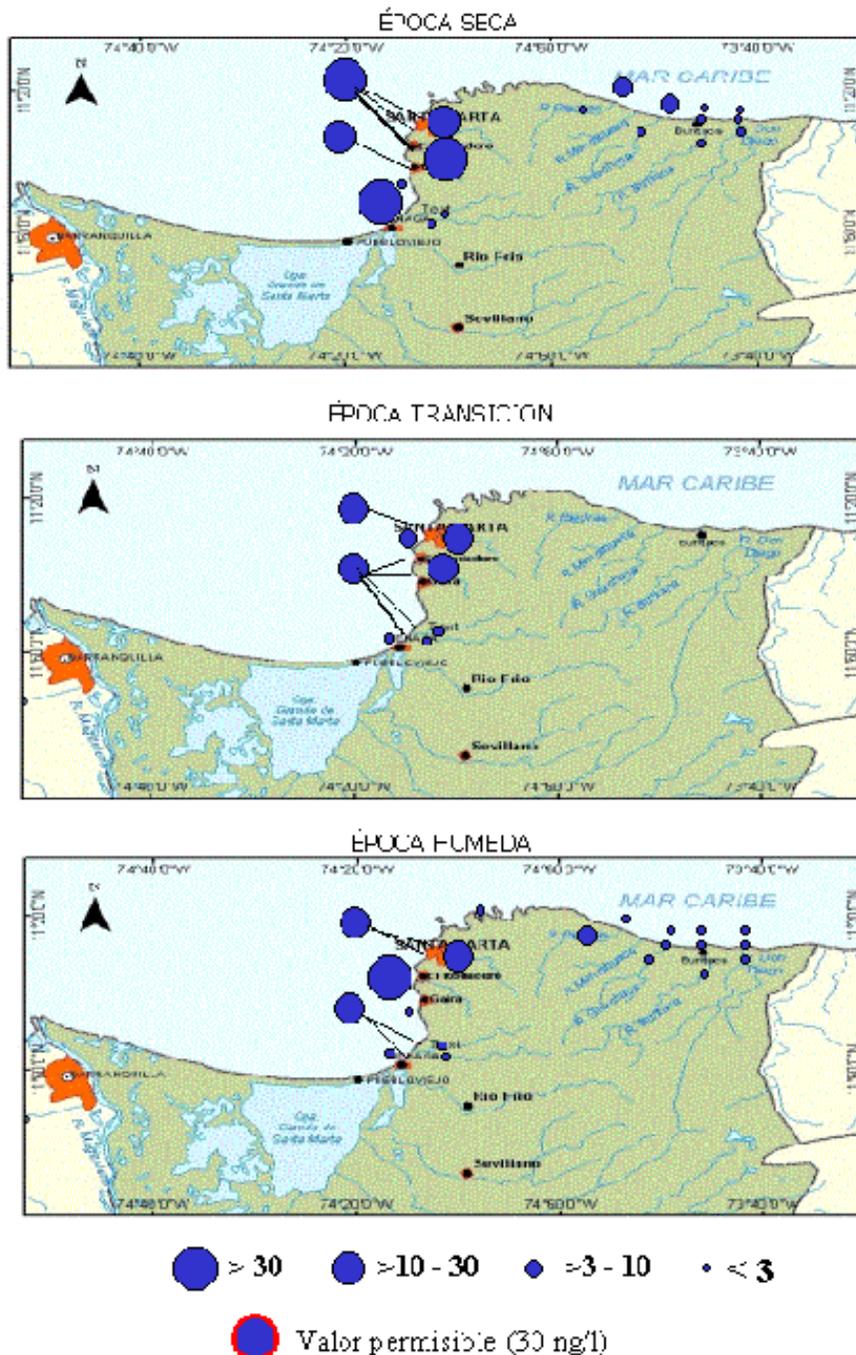


Figura 1. Niveles en ng/l de residuos de plaguicidas organoclorados en la zona costera del Magdalena (valores promedio del periodo 1995 - 2001)

El diagnóstico general para la ZCSM indica que los niveles de contaminación del agua por residuos agrícolas de tipo organoclorados 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).

Hidrocarburos Disueltos y Dispersos (HDD)

La Figura 2 ilustra los niveles promedio histórico (1998-2001) de HDD en las diferentes épocas climáticas en la ZCSM.

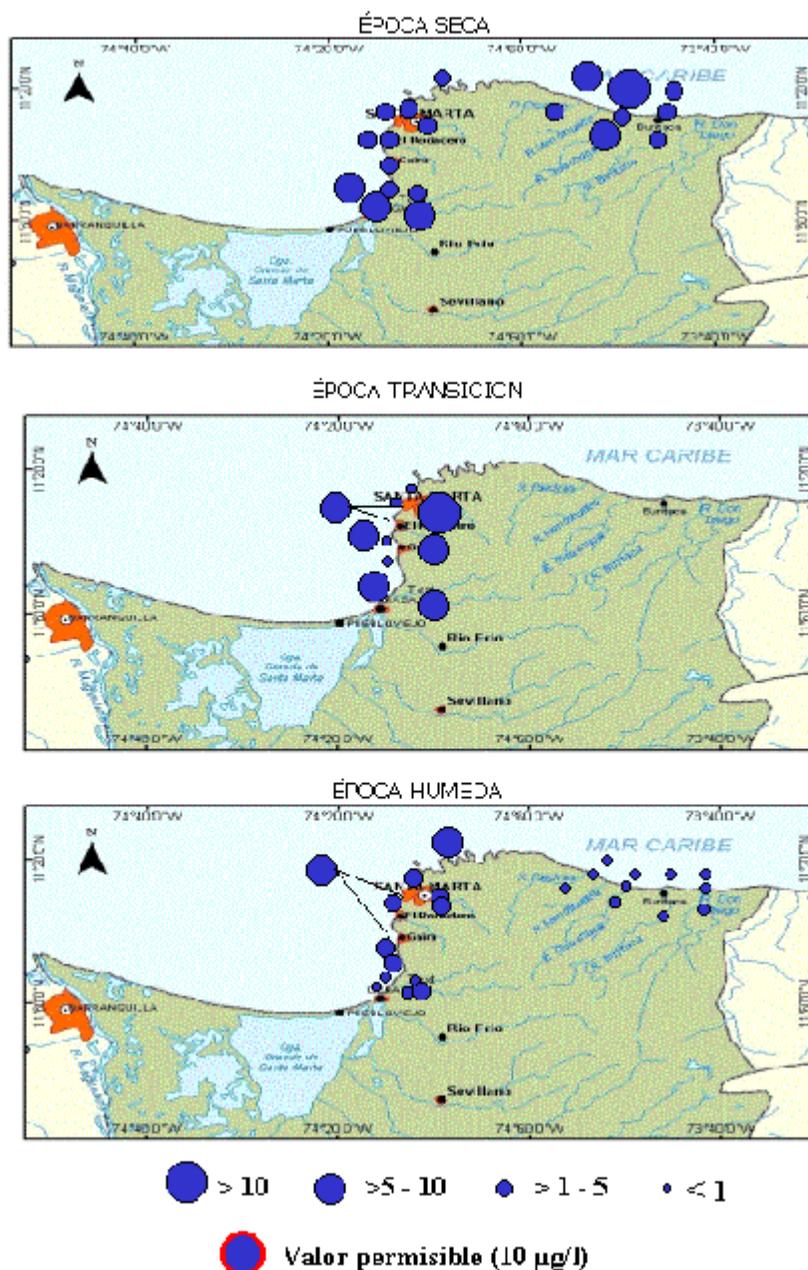


Figura 2. niveles en µg/l de hidrocarburos disueltos y dispersos en la zona costera del Magdalena (valores promedio del periodo 1998 - 2001)

Los niveles de concentración oscilan de moderadamente altos a indetectables a lo largo del ciclo anual. En la distribución gráfica se aprecian registros mayores, de forma puntual, aguas arriba del río Manzanares y frente a la desembocadura del río Guachaca, lo cual sugiere la influencia de actividades antrópicas. En general, los niveles de HDD a lo largo de la franja costera estudiada tienden a ser a 5 µg/l, que es una cifra inferior al valor normal que menciona CARIPOL para aguas abiertas no contaminadas por petróleo en el Gran Caribe (10 µg/L).

En la Tabla 1 se aprecia que los niveles de hidrocarburos del petróleo en forma disuelta y dispersa encontrados en las aguas superficiales de la ZCSM son de igual o menor magnitud a los registros que se mencionan para áreas costeras donde se considera que la contaminación por petróleo es poco significativa.

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

LOCALIDAD	ng/L	Referencia
Bahía Tumaco	1 – 3	Marrugo (1990)
Bahía Buenaventura	4 – 10	Marrugo (1990)
Isla Gorgona	2 – 4	Marrugo (1990)
Cartagena (muelle)	0.2 – 11	Garay & Castro (1990)
Puerto Colombia	0.2 – 9	Garay & Castro (1990)
Bahía Cispatá	0.1 – 27	Garay & Castro (1990)
Cabo de la Vela	0.7 – 4	Garay & Castro (1990)
Isla San Andrés	10 – 16	Garay & Castro (1990)
Ciénaga Grande S.M.	0.2 – 14	Garay & Castro (1990)
Atlántico (Argentina)	9-16	Lara et al (1995)
Caribe suroriental	0.1-0.7	Persad y Rajkumar (1995)
Mar Báltico	9 – 43	Lamparczyk (1988)
Golfo de Arabia	~ 500	El-Samra et al (1986)
Antarctica	0.1- 9	Bicego et al (1996)
Mar Mediterraneo	0.1-4.5	Cuberes et al (1975)
ZCSM	0.42-1.76	Este estudio

El diagnóstico general de la ZCSM indica un estado de calidad favorable respecto a la contaminación por hidrocarburos disueltos y dispersos.

Ciénaga grande de Santa Marta

Los monitoreos de agua en la CGSM para el análisis de residuos de plaguicidas organoclorados se han desarrollado por parte del INVEMAR desde 1995, en 11 estaciones hidrográficas, representativas de 4 zonas del complejo lagunar, establecidas convencionalmente por sus características comunes geográficas y salinas.

En CGSM, la contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados se encuentra distribuida de manera heterogénea en las diferentes zonas del sistema lagunar. Se pone en evidencia la entrada de DDT con los afluentes provenientes del piedemonte de la SNSM y del Río Magdalena por vía del Caño Aguas Negras. Según los rangos de concentración encontrados, los máximos

niveles de estos residuos en el tramo final del Río Magdalena tienden a ser más altos que los obtenidos en CGSM, lo cual es un indicador del potencial contaminante que ejerce el RM sobre este plano deltáico.

La presencia de niveles importantes de residuos de plaguicidas en el sector estuarino de la Barra se debe relacionar con el transporte hacia el norte de masas de agua descargadas por los ríos provenientes de la SNSM, obedeciendo al régimen de corrientes que predomina en la CGSM (COSEL, 1986).

Con respecto a registros de estos contaminantes en el Caribe colombiano se tiene como antecedente el estudio en la Ciénaga La Virgen, que recibe el impacto de aguas residuales domésticas y de la zona agrícola adyacente a Cartagena (Castro, 1997). En esta laguna costera se registraron las mayores concentraciones entre para DDTs (1.3-24.5 ng/L), que son en general menores que los observados en gran parte de los sectores estudiados en CGSM.

Eventos de Mortalidad de Peces en la CGSM

Para los objetivos de este diagnóstico ambiental es pertinente hacer alusión a los eventos de mortandad masiva de peces en la CGSM. En estos sucesos se ha descartado la incidencia directa de plaguicidas de tipo organoclorado en la toxicidad de las especies afectadas. En la segunda semana de junio de 1995, antes de la reapertura de los caños de comunicación con el río Magdalena, con ocasión de la mayor mortandad de peces de los últimos años, INVEMAR realizó un análisis de emergencia en muestras de agua de los 4 sectores más visiblemente afectados del complejo lacustre, para evaluar una posible contaminación química por residuos de plaguicidas organoclorados y fosforados.

Como se observa en la Tabla 2 con la excepción de aldrin y DDT total, que sobrepasaron en La Barra y ciénaga la Redonda los valores máximos permisibles recomendados por CONAMA y EPA, los residuos de plaguicidas organoclorados encontrados en el agua registraron concentraciones del mismo orden que las obtenidas cuando no hay ocurrencia de estos sucesos ecológicos.

Tabla 2. Concentración de plaguicidas organoclorados (en ng/l) detectados en muestras de agua de la CGSM, recolectadas al día siguiente de la mortalidad de peces.

Compuesto	La Barra	Cga La Luna	Cga El Torno	Cga La Redonda
HCHs	3 (0.8)	n.d.	2 (0.5)	2 (0.5)
Heptacloro	n.d	n.d	n.d	n.d
Aldrin	3 (1)	9 (3.0)	2 (0.7)	2 (0.7)
DDTs	16 (16)	nd	3 (3)	7 (7)

Entre paréntesis se indica en cada caso el Índice de Contaminación (IC) correspondiente. nd: no detectable.

Con base en estos resultados ha sido posible descartar desde los primeros eventos de mortalidad de organismos la posible incidencia de agroquímicos organoclorados.

Por su parte, el análisis de plaguicidas organofosforados por cromatografía de gases en aguas y peces de la CGSM indicó en tal ocasión niveles indetectables de METILPARATION, DICHLORVOS, ETHOPROPHOS, DISULFOTON, CHLORPYRIFOS, PROTHIOFOS y GUTHION, en los sectores del

complejo lagunar donde se manifestó mayormente la mortalidad de peces y en muestras de agua recolectadas en la entrada del Caño Clarín, sobre la margen derecha del Río Magdalena. Respecto a la ocurrencia de los eventos de mortalidad de peces en la CGSM se debe advertir que al parecer estos fenómenos se encuentran asociados a episodios recurrentes de anoxia severa en la columna de agua, más que a un impacto puntual y fulminante de contaminación química. A partir de medidas "in situ" se ha comprobado que en algunos sectores del complejo lagunar se presenta en las primeras horas de la madrugada un descenso marcado de la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua, que persiste hasta primeras horas del día. Este es aparentemente el efecto conjugado resultante de procesos de eutroficación y de hipersalinización que venía experimentando esta laguna costera con anterioridad a la reapertura de los caños de comunicación con el Río Magdalena, cuyos efectos más drásticos serían los elevados gastos de oxígeno disuelto para satisfacer las demandas respiratorias de la biota residente y el proceso simultáneo de remineralización bacteriana de la materia orgánica. Los gastos elevados de oxígeno disuelto son posiblemente poco compensados, debido a la baja solubilidad del oxígeno atmosférico por las condiciones hipersalinas del agua. Durante estos eventos no se descarta tampoco la ocurrencia del llamado "stress amoniacal". Es posible suponer que estos eventos de mortalidad en la CGSM serían menos factibles al futuro, si los procesos de oxigenación del medio acuático se normalizan bajo condiciones hidrodinámicas y salinas más adecuadas.

La mayor frecuencia de detección de residuos de plaguicidas en aguas corresponde a DDT y con frecuencias menores se presentaron los otros tres grupos de organoclorados, que ratifica claramente la mayor persistencia y capacidad de acumulación del DDT en los ambientes acuáticos (Tabla 3).

Tabla 3. Frecuencia con que fueron detectados los residuos de organoclorados en el sistema hídrico de la CGSM.

	HCHs	HEPTACLOROs	ALDRIN	DDTs
RSE	22	22	22	35
RAR	29	22	19	30
RFU	17	28	17	38
LBA	22	25	14	39
CEN	18	26	11	45
BCG	28	20	8	44
RIN	14	19	19	48
CRE	31	21	10	38
CLU	16	31	10	43
CCP	32	18	18	32
CAN	30	20	20	30

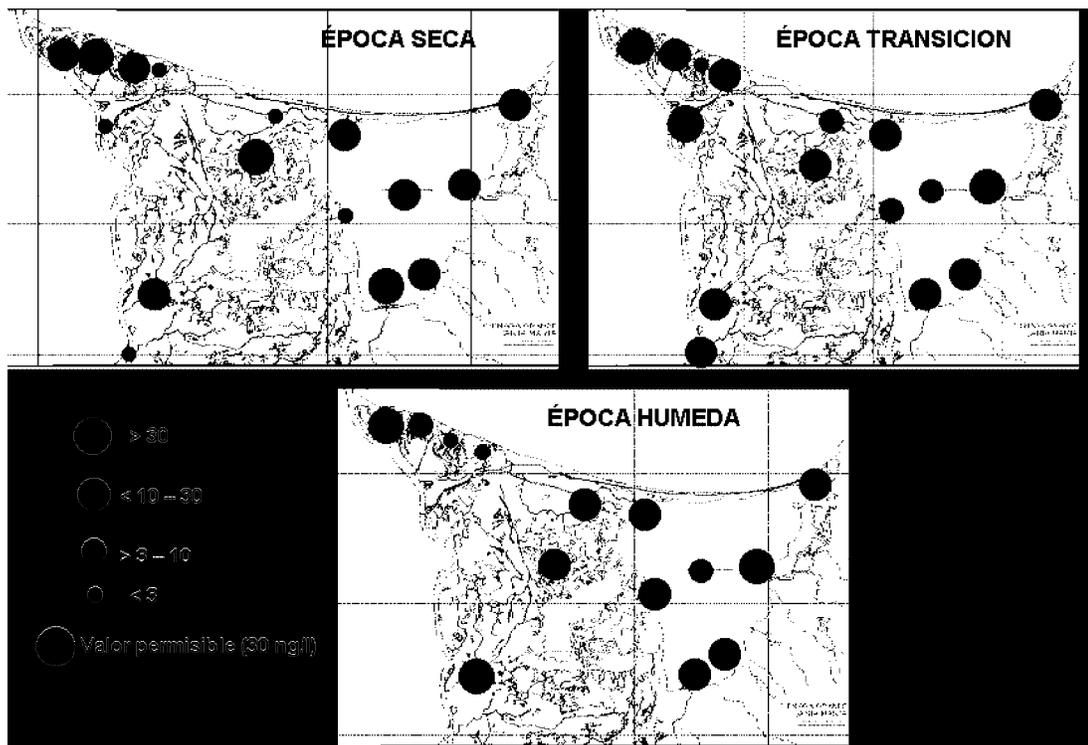


Figura 1. Niveles en ng/l de residuos de plaguicidas organoclorados en el complejo lagunar CGSM durante 1995 - 2001.

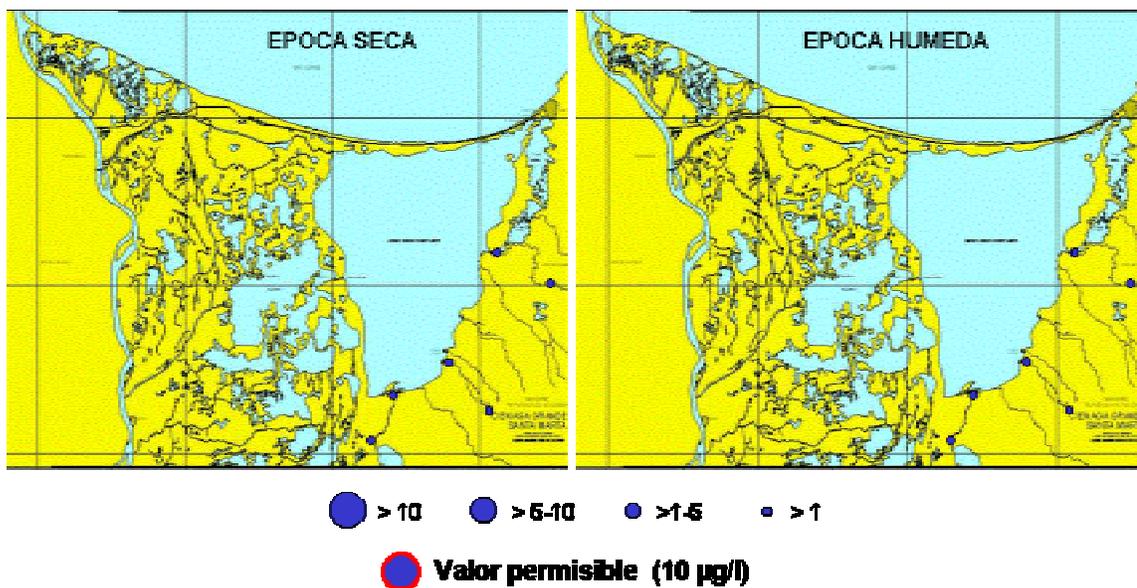


Figura 2. Niveles de hidrocarburos disueltos y dispersos en los tributarios de la Sierra Nevada de Santa Marta y margen oriental del río Magdalena durante 2001.

La Figura 1 presentan la distribución espacial de los residuos de plaguicidas organoclorados en el sistema hídrico de la CGSM, elaborada con base en la información histórica disponible para el periodo 1995-2001. Los niveles de concentración de estos residuos están muy relacionados con las descargas continentales de la vertiente occidental de la SNSM y río Magdalena. Por su parte, la Figura 2 indica los niveles de hidrocarburos disueltos y dispersos registrados durante 2001 en los tributarios de la vertiente occidental de la SNSM.

1.1 METALES PESADOS

La contaminación por metales pesados ha sido realmente poco estudiada en los ambientes acuáticos tropicales; al respecto, para esta zona, se dispone información en organismos vivos de la región de Santa Marta, obtenida a partir de la década de los 80 cuando se registraron niveles de concentración de metales superiores a los obtenidos en zonas costeras de otras latitudes (Campos, 1988a, 1988b, 1990). Con estos hallazgos se planteó la necesidad de proseguir su evaluación y vigilancia en la franja litoral regional, que presentan los ambientes acuáticos de comportamiento estuarino en los sectores influenciados por los afluentes locales y las descargas estacionales de la Ciénaga Grande y en sistemas arrecifales en el Parque Nacional Natural Tayrona.

En 1996 se inició un programa de monitoreo de metales pesados de interés ambiental (Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, entre otros) para lo cual se seleccionaron 15 estaciones (Tabla 4) que fueron agrupadas en 4 zonas: una comprendía la Bahía de Santa Marta, ubicada en la ciudad del mismo nombre, la Bahía Gaira, caracterizada por un gran desarrollo de la actividad turística, donde se localiza el corregimiento de Gaira ambas con una fuerte influencia humana, la zona conocida como Bello Horizonte y Pozos Colorados y como última Bahía, la de Chengue, en el Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) (INVEMAR, 2000).

Tabla 4. Concentraciones máximas y mínimas registradas en sedimentos de 4 zonas en la Franja Costera de Santa Marta, durante 1997.

Zonas	Estaciones	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn
I	Pozos Colorados Aeropuerto Alcatraces	<0.120-0.892	1.78-4.85	1.59-6.73	1.64-9.33	5.64-36.7
II	Playa Salguero Río Gaira Playa Central Rodadero Canal de Escollera	<0.120-0.634	<0.004-2.90	0.957-7.62	<0.002-2.73	3.90-31.4
III	Batallón Calle 22 Calle 10 Boquerón Taganga	<0.120-0.887	<0.004-6.44	<0.004-22.3	<0.002-9.35	5.51-190
IV	Bahía Chengue	0.132-0.457	0.684-1.47	1.55-2.94	0.627-1.55	0.630-2.62

Según este estudio, se encontraron concentraciones considerables en las estaciones localizadas en los desagües de aguas negras de la ciudad, tal es el caso del Emisario alterno y el sector del Boquerón. Se observaron variaciones estacionales asociadas a los cambios climáticos y oceanográficos en la región (Espinosa, 1999). Así mismo, se estableció que las concentraciones de metales pesados en la ZCSM muestran diferentes comportamientos y tendencias destacando la

existencia de gradientes de concentración los cuales no rebasan los niveles máximos permisibles referenciados en la escala conceptual, con independencia de la época climática.

En general, esta información ha permitido el establecimiento de una línea base para aportar información y recomendaciones necesarias a las entidades encargadas de la gestión, vigilancia y control de la zona costera de Santa Marta, y de esa manera evaluar el estado de la contaminación química y sanitaria en las aguas de esa zona costera, prestando atención a la determinación de las variaciones espacio-temporales de los contaminantes químicos y sanitarios.

Los estudios de contaminación por metales pesados en la CGSM datan desde 1984, cuando se evaluó por primera vez la capacidad de concentración de metales pesados (Cd, Cu, y Pb) en la ostra (*Crassostrea rhizophorae*) y en dos especies de bivalvos del género *Isognomon* (*I. alatus* e *I. bicolor*). Este estudio mostró que la ostra presentaba gran capacidad de concentración para el Cd y el Cu. Al calcular la concentración de consumo de Cd y Pb en el área de trabajo, los contenidos sobrepasaron los límites permisibles dados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) haciendo suponer la posible contaminación del área con estos elementos. De manera contraria, las concentraciones reportadas para otros elementos tóxicos como el Hg, fueron menores en comparación con las reportadas en otros lugares del mundo, lo cual condujo a considerar que el sistema CGSM no presentaba problemas de contaminación por este metal (Tabla).

Tabla 5. Contenido de metales en la ostra comercial *Crassostrea rhizophorae*, durante las diferentes fases de muestreo. (Tomado de Campos, 1990).

Fecha	Ag (µg/g)	Cd (µg/g)	Cu (µg/g)	Hg (µg/g)	Pb (µg/g)	Zn (µg/g)
Nov/80	nm	2.04	91.7	nm	1.69	nm
May/82-Ene/83	nm	2.48-10.2	5.86-42.8	nm	0.86-15.6	nm
Ene - Mar/87	0.50-2.58	2.06-4.90	55.5-66.6	0.04-0.18	0.61-2.83	200-486
Jul/87-Jun/88	nm	2.56-11.3	50.2-179	nm	nm	439-949

nm=no medido

Paralelo a los estudios en biota, se realizaron mediciones en material suspendido (Campos, 1990). Los resultados obtenidos mostraron que la principal fuente de contaminación por metales pesados sobre el sistema, lo constituía el Río Magdalena a través del Canal Clarín. Se evidenció además, que la CGSM es una área fuertemente impactada por estos contaminantes (Cd, Cu y Zn) ya que las concentraciones encontradas para estos elementos superaron los valores reportados en otros ecosistemas costeros que han sido considerados contaminados.

Tabla 6. Concentración de metales pesados en el material suspendido de la CGSM comparado con otras áreas costeras tropicales y subtropicales (Tomado de Wallner-Kersanach, 1994). Las concentraciones corresponden a extracción parcial de los metales.

Localidad	Estación	Cd	Cu	Zn
CGSM	Palmira	0.03-0.12	20.4-47.3	24.6-114
	R. Del jaguey	0.01-0.15	5.5-27.0	6.6-111
	Caño Clarin	0.03-0.32	37-63.7	45.4-2.58
	Caño Grande	0.02-0.09	2.5-34.1	32.2-143
	Centro	0.04-0.08	11.6-80.9	43.0-133
	La Bodega	0.01-0.06	11.9-22.8	68.2-144

Localidad	Estación	Cd	Cu	Zn
Bahía de Sepetiba, Brasil	Bahía Ríos	2.1-5.1 0.9-7.6	27.6-106 26-166	37.0-1651 219-798
Laguna de los Patos Brasil	Estuario	0.2-14.9	2.0-247	20.0-2876
Laguna de los Patos, Brasil	Estuario	1.4-3.0	33.3-124	98-440
Localidad no contaminada	Estuario	---	100	350

Los resultados de los análisis se presentan en las Tabla 7 y Tabla 8.

Tabla 7. Concentraciones promedio de Cr, Cd y Pb ($\mu\text{g/ml}$), rango, desviación estándar (SD) y Coeficiente de Variación (CV%) en aguas de la franja costera del departamento Magdalena, marzo del 2001.

	Cr ($\mu\text{g/ml}$)	Cd ($\mu\text{g/ml}$)	Pb ($\mu\text{g/ml}$)
Promedio	< LD	2.1	7.4
Rango	-----	1.4-2.5	1.2-18.3
SD	-----	0.0004	0.0059
CV(%)	-----	20	80
Nº de Datos	-----	5	10

Tabla 8. Concentraciones promedio de Cr, Cd y Pb ($\mu\text{g/ml}$), rango, desviación estándar (SD) y Coeficiente de variación (CV%) en aguas de la franja costera del departamento Magdalena, septiembre del 2001.

	Cr ($\mu\text{g/ml}$)	Cd ($\mu\text{g/ml}$)	Pb ($\mu\text{g/ml}$)
Promedio	< LD	2.2	46.6
Rango	-----	2.0-2.3	41.2-51.5
SD	-----	0.0001	0.003
CV(%)	-----	5.4	6.7
Nº de Datos	-----	9	9

Para esta área costera se encontraron concentraciones promedios de 2.1, y 7.4 $\mu\text{g/l}$ para Cd y Pb respectivamente. Para el Cr se registraron en todos los casos valores que se enmarcaron por debajo del límite de detección experimental (< 2.3 $\mu\text{g/ml}$).

Como se ha mencionado con anterioridad, gran parte de los estudios llevados a cabo en esta región costera se han enfocado a determinar niveles de concentración de metales pesados en el sedimento, por lo que los resultados obtenidos en aguas, son escasos.

Para el Cd se registraron valores que estuvieron comprendidos entre 1.4 y 2.5 $\mu\text{g/l}$ durante las dos épocas del muestreo. De acuerdo a la gráfica de distribución realizada, se observa que durante la época seca las concentraciones varían entre una estación y otra; registrándose los máximos valores en los Ríos Gaira y Manzanares y los mínimos en los Ríos Piedras, Córdoba y Toribio. Durante la época de lluvias, las concentraciones de este metal se mantienen en el mismo rango para la totalidad de las estaciones, excepto por los Ríos Guachaca y Buritaca que presentaron valores un poco bajos. En general, este elemento no presenta una tendencia clara, ya que las concentraciones entre una estación y otra varían para una misma época, y entre épocas el comportamiento no es igual en cada una de las estaciones.

Las concentraciones de Pb registradas durante las dos épocas, fluctuaron entre 1.2 y 51.5 µg/l (tablas). Al igual que el Cd las máximas concentraciones de Pb se midieron en las estaciones de los Ríos Manzanares y Gaira y las mínimas en las estaciones de los Ríos Buritaca, Guachaca, Piedras y Palomino. Estos resultados se presentaron durante las épocas de lluvia y seca respectivamente. En general, para este metal se presentó un incremento en la concentración desde la época seca hacia la época de lluvias; en todas las estaciones que fueron establecidas para el muestreo.

A los propósitos de realizar una valoración del estado de contaminación metálica en esta área, se analizaron los resultados obtenidos durante el monitoreo del 2001 y se compararon con los rangos límites establecidos dentro de la escala conceptual propuesta por Marín (2001), como indicativa del grado de contaminación (figuras). Según lo propuesto en dicha escala, los datos generados para Pb durante este estudio, se encuentran dentro de los límites establecidos como contaminación baja y con un nivel de riesgo bajo sobre este ecosistema. No obstante, el Cr y el Cd se encuentran dentro de los valores establecidos como No Contaminación y sin nivel de riesgo. Este comportamiento ha sido observado durante las dos (2) épocas en que se realizaron los muestreos y para cada una de las estaciones establecidas. Vale resaltar, que durante la época de lluvias, las estaciones ubicadas frente a la desembocadura de los ríos Manzanares y Gaira presentaron niveles de Pb en el rango establecido por la escala como contaminación media (figura). Lo anterior, genera preocupación debido a las características tóxicas de este metal pero si bien es cierto y es válido resaltar, que gran parte de las descargas que se suceden sobre esta área en la Franja Costera del Magdalena, son causadas por los vertimientos de estos tributarios, arrastrando cantidades de sólidos en suspensión durante las épocas de lluvias favoreciéndose los fenómenos de resuspensión de muchas partículas donde se encuentran adheridos estos metales, desde la fase sedimentaria hacia la columna de agua.

De otra parte, también cabe la posibilidad de encontrar concentraciones de Pb en cantidades apreciables en esta zona, si se ha tenido como antecedente que el Río Magdalena se ha constituido en una fuente importante de contaminación metálica en los sistemas que le están asociados, como consecuencia del frecuente vertimiento de desechos de origen antrópico (desechos industriales, empresa metalúrgica, fundición, galvanización, Industria térmica) procedentes de las principales ciudades del país y los cuales finalmente son descargados al mar.

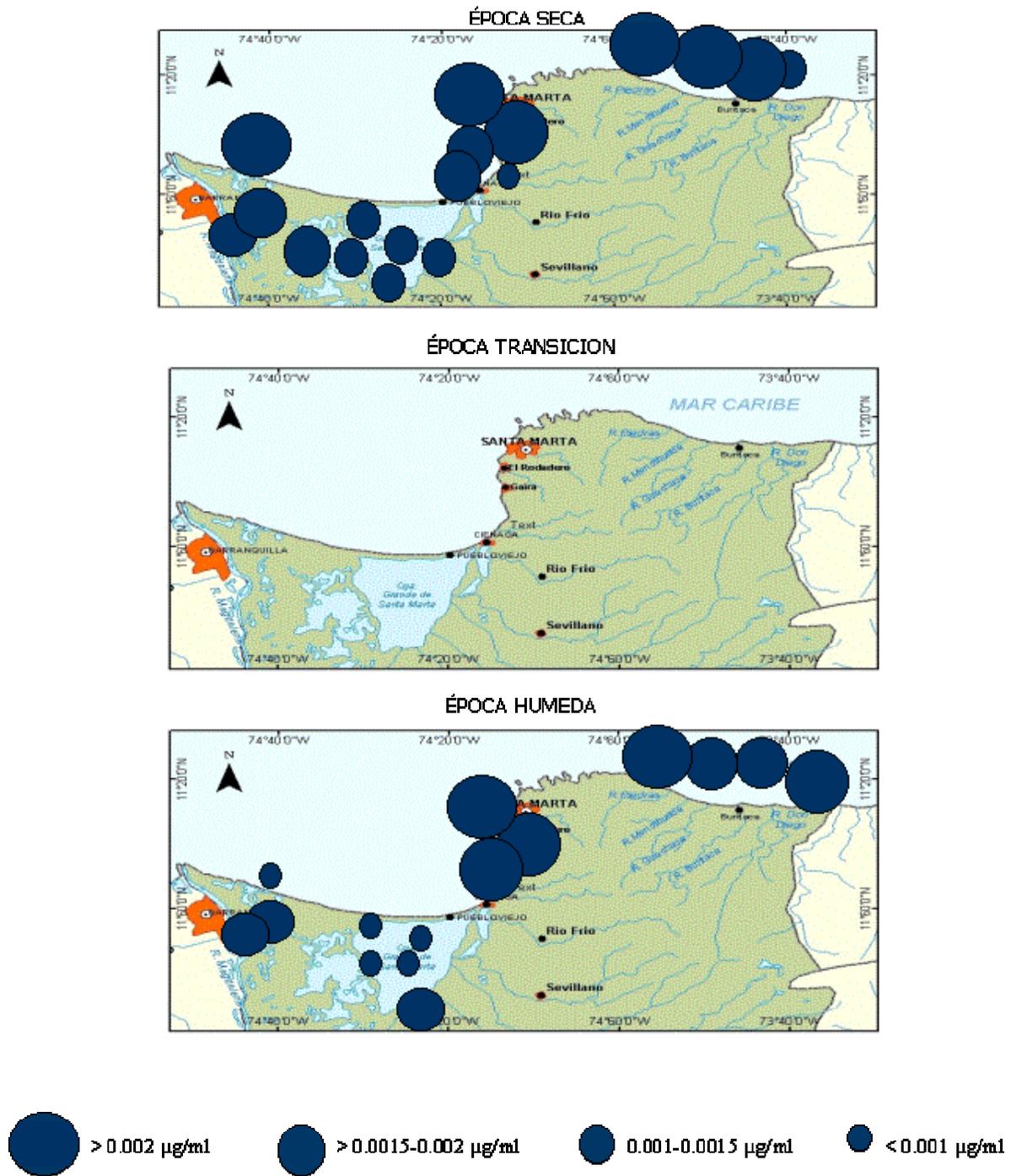


Figura 3. Distribución de Cd en la zona costera del departamento del Magdalena.

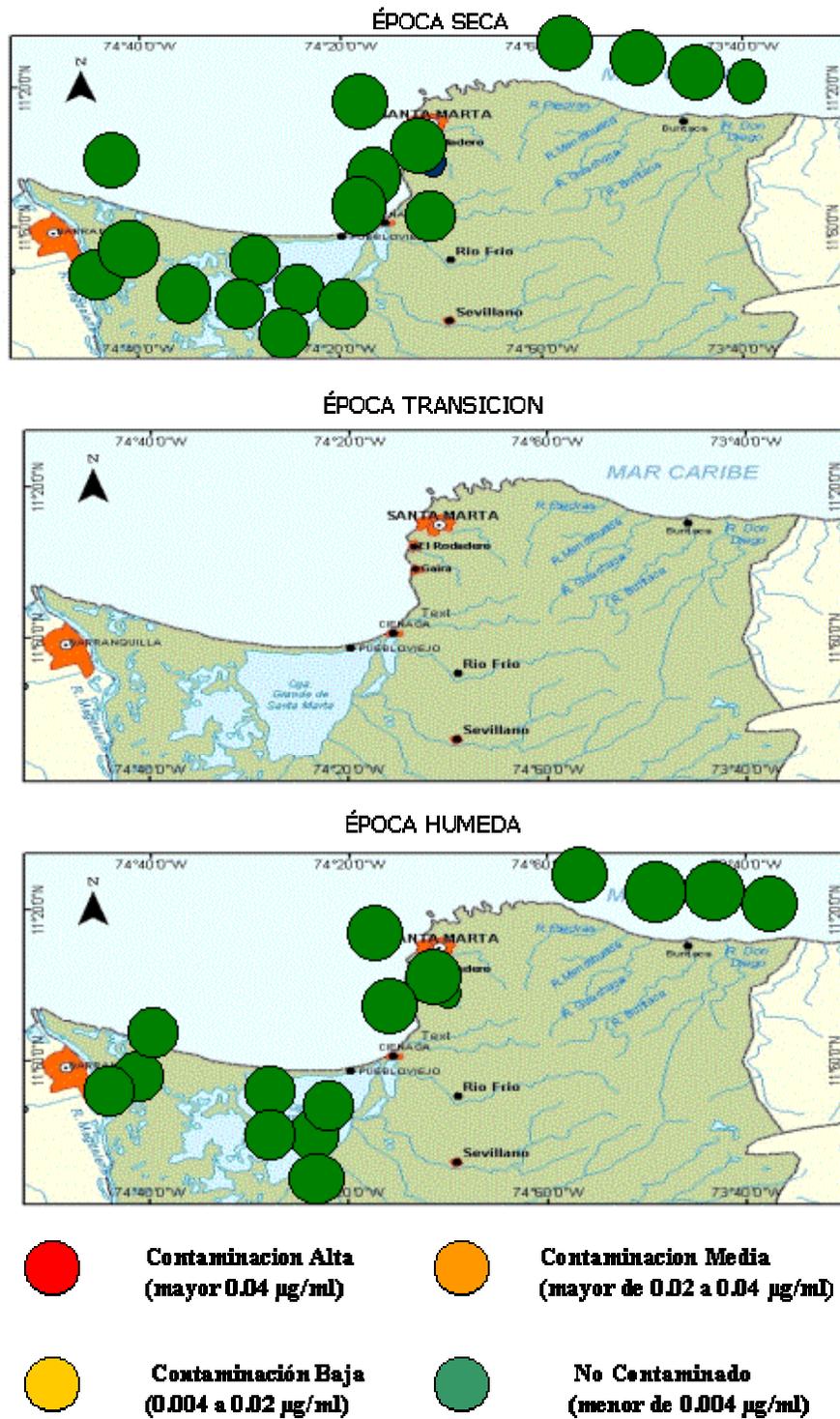


Figura 4. Valoración de la contaminación con Cd en la zona costera del departamento del Magdalena.

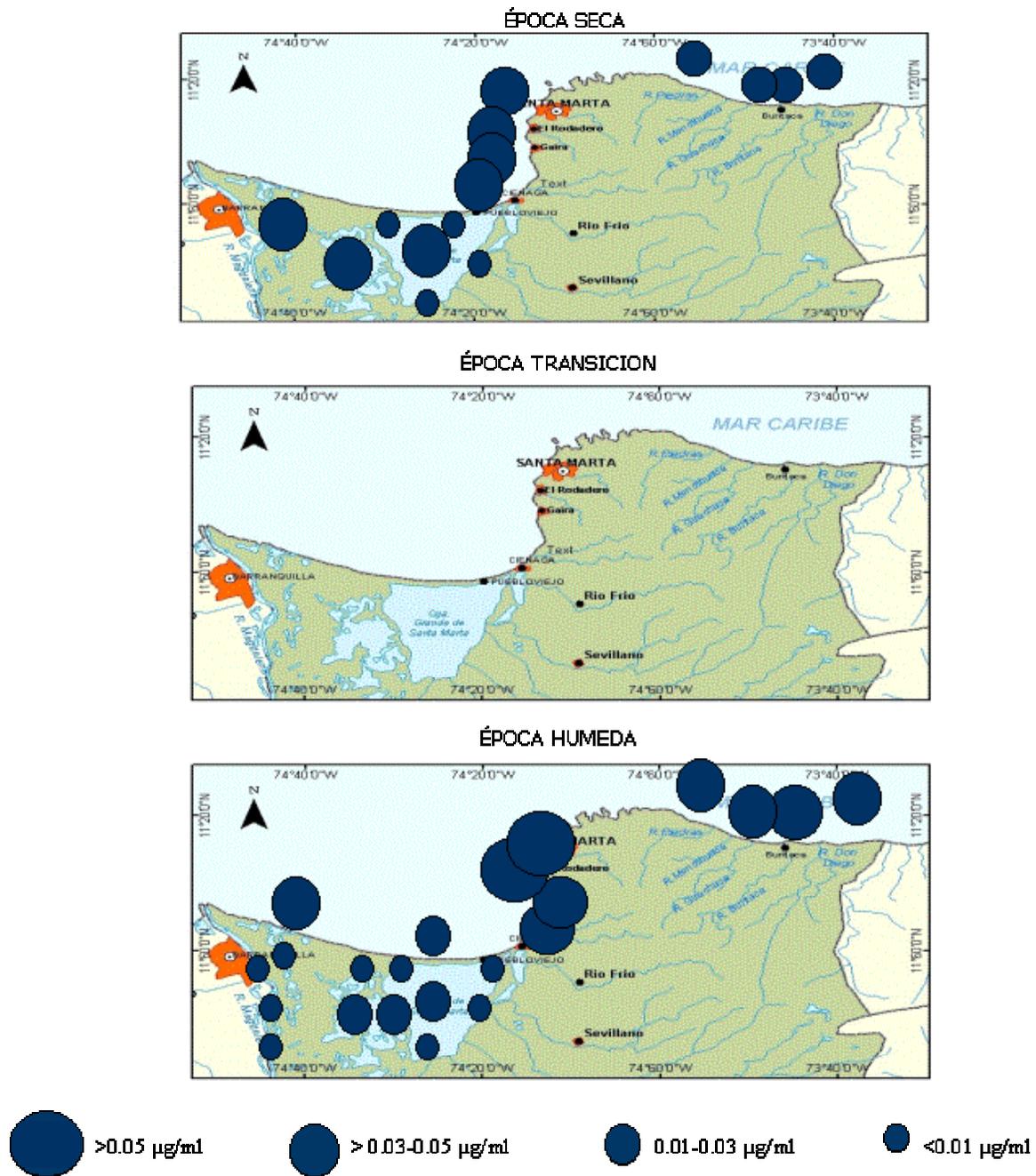
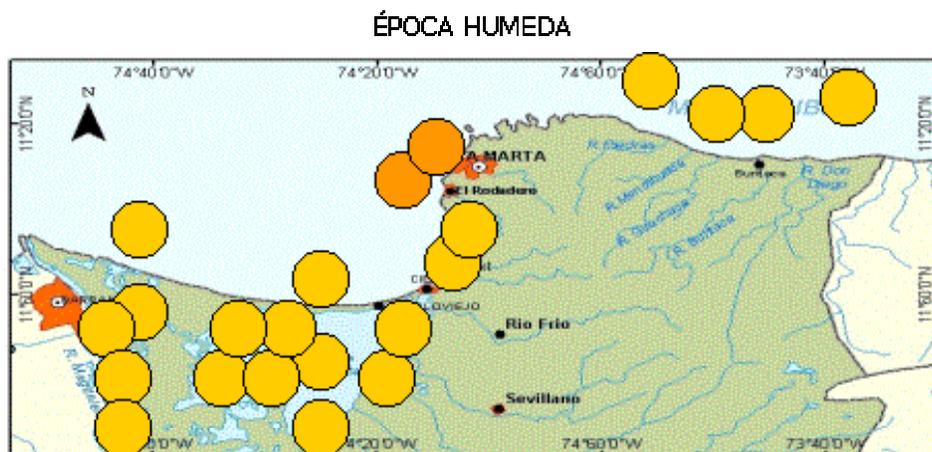
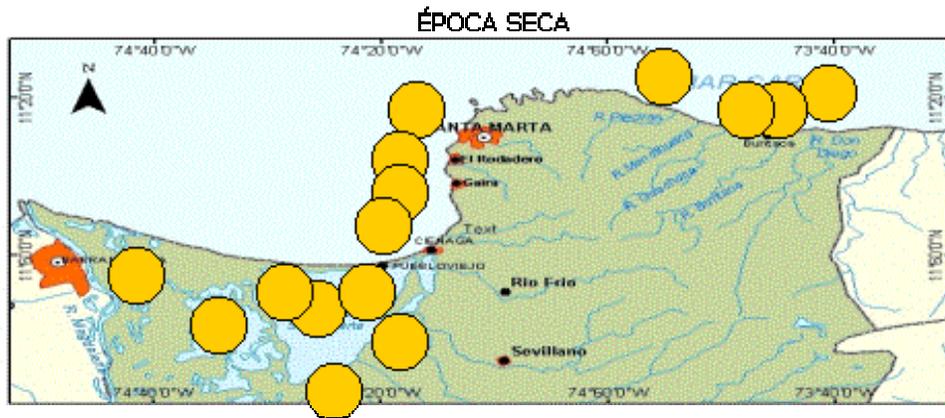


Figura 5. Distribución de Pb ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del departamento del Magdalena.



Contaminación Alta
(mayor 0.5 µg/ml)



Contaminación Media
(mayor de 0.05 a 0.5 µg/ml)



Contaminación Baja
(0.001 a 0.05 µg/ml)



No Contaminado
(menor de 0.001 µg/ml)

Figura 6. Valoración de la contaminación con Pb ($\mu\text{g}/\text{ml}$) en la zona costera del departamento del Magdalena.

1.2 ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

En el departamento del Magdalena confluyen variadas formaciones climáticas, hidrológicas y edáficas que propician la presencia de los principales tipos de ecosistemas marinos y costeros tropicales, con extensión y desarrollo considerable (Figura 7). Está dividido en dos subregiones, con características geomorfológicas, hidrológicas y bióticas que las diferencian: el piedemonte costero de la Sierra Nevada de Santa Marta y el delta oriental del río Magdalena.

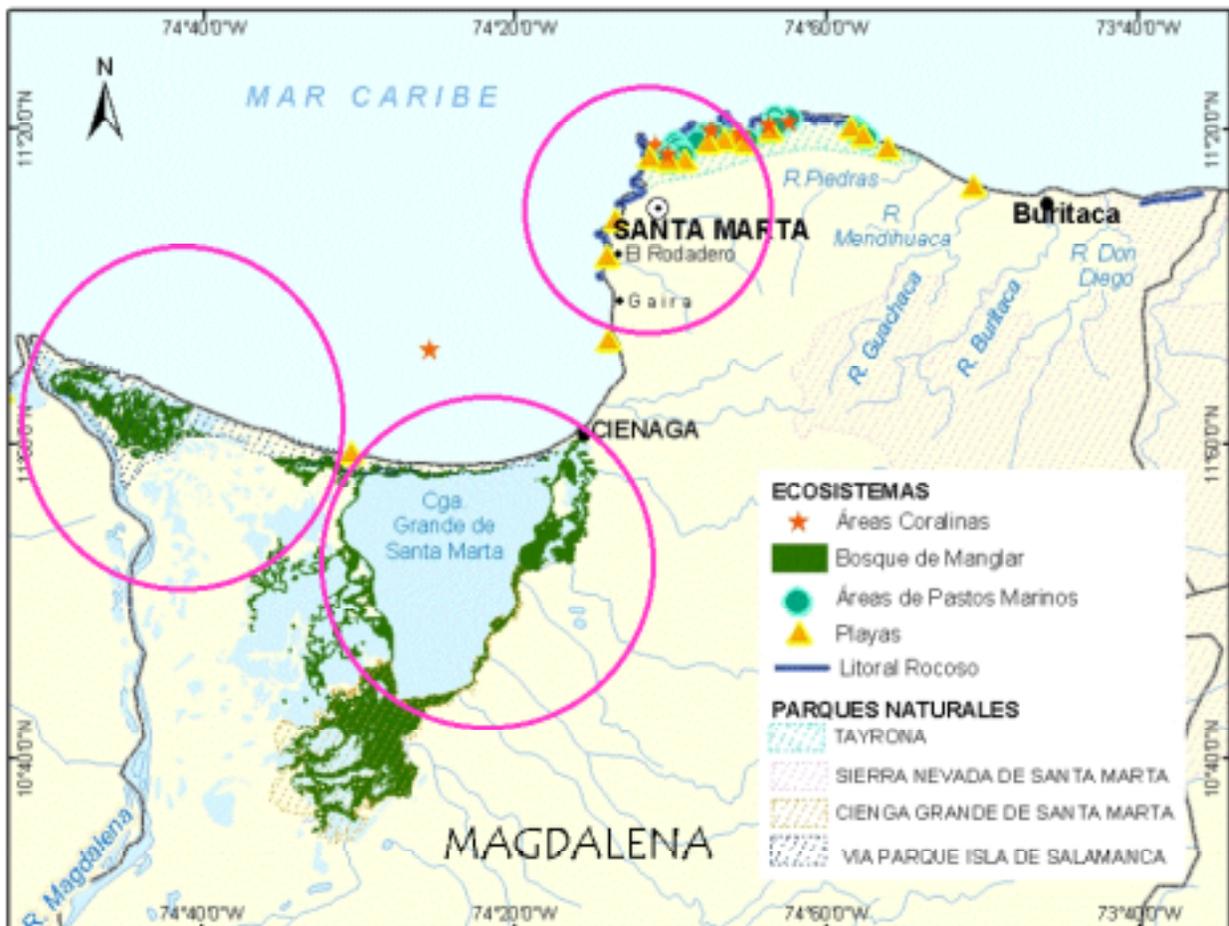


Figura 7: ecosistemas costeros del departamento del Magdalena. Áreas afectadas por la contaminación.

La plataforma costera es angosta (16,5 km en la porción más amplia), siendo prácticamente nula en la zona del Parque Tayrona (Sánchez *et al*, 1997).

La hidrología del departamento está dominada por el complejo lagunar-estuarino de la Ciénaga Grande de Santa Marta y los ríos que bajan de la Sierra Nevada de Santa Marta

1.2.1 Manglares, estuarios y lagunas costeras

Dentro del Parque Tayrona se presentan algunos pequeños estuarios, en las bahías de Chengue y Cinto. En ellas, como también en Neguanje, se encuentran manglares con desarrollos estructurales correlacionados con la influencia de aguas marinas o dulces. Otros enclaves muy pequeños se localizan en pequeños sectores de Bahía Concha, Cañaveral y Arrecifes. En líneas generales presentan una estructura similar a la registrada por los manglares de la Baja Guajira, por su gran desarrollo y bajas densidades. La regeneración natural llama la atención por la baja presencia de especies en estado sucesional (INVEMAR, 2000).

Los datos arrojados por el monitoreo realizado en la bahía de Chengue por el programa CARICOMP indican que el bosque de *Rizophora mangle* no ha sufrido cambios importantes en los últimos 6 años. El análisis indica que el bosque ha crecido pero a un ritmo muy lento, con un área basal de 43 m² a principios del monitoreo hasta más de 44 m² en el año 2000. La productividad se vio afectada por el paso del huracán Lenny en noviembre de 1999, cuando aumentó excepcionalmente la caída de hojarasca, pero sus niveles regresaron a la normalidad en el 2000 (INVEMAR, 2001).

La Ciénaga Grande de Santa Marta es la principal laguna costera del país, con una extensión de 450 km² aproximadamente. Allí se encuentran los manglares más extensos de la costa del Caribe, tomando el conjunto formado por la Ciénaga, Pajarales y la isla de Salamanca¹. En el complejo se presentan bosques homogéneos de mangle rojo, mangle salado y mangle amarillo. El mangle bobo es menos común y su distribución es muy localizada. El mangle salado es el más frecuente, forma bosques casi homogéneos en zonas altas y en ciénagas donde la salinidad es alta. El mangle rojo, por su menor tolerancia a la salinidad se encuentra en bordes de bosques a orillas de los ríos. El mangle amarillo se localiza en borde de bosques y en zonas de salinidad intermedia (INVEMAR, 2000).

En esta zona se presentó la segunda mortandad mas grande en el mundo, alrededor de 30.000 ha de manglares (Garzón-Ferreira, 1998) por efecto de la reducción del intercambio de aguas dulces y saladas como consecuencia de la construcción de la carretera del litoral en 1956, sumados a los producidos por la construcción de compuertas y diques que han cambiado el curso de ríos y caños (IDEAM, 1998).

En 1997, en los manglares del complejo de Pajarales se registraba una mortalidad en pie de 90%. En la ciénaga Redonda, al sur del caño Clarín, la mortalidad de manglar era evidente y masiva (+/- 70%) (INVEMAR, 2000).

En las áreas afectadas que han sido estudiadas se encontró que *Avicennia germinans* fue la especie dominante y *Laguncularia racemosa* aportó una menor proporción al área basal en todas las estaciones, aunque presentó numerosos individuos, quizá como consecuencia de sus estrategias reproductivas, de desarrollo y crecimiento que les permiten colonizar los espacios abiertos (Casas, 2001).

Durante los últimos años han ocurrido cambios en la dinámica de este ecosistema, cuya causa principal es la reapertura de las entradas de agua dulce a través de los caños Clarín (en 1996), Aguas Negras y Renegado (en 1998), por lo cual la salinidad ha variado con tendencia a disminuir, dando lugar a la proliferación de numerosas especies de macrófitas acuáticas flotantes y el arribo e implantación de propágulos a zonas antes desprovistas de vegetación Casas, 2001).

¹ Díaz-Pulido, 1997 (INVEMAR, 2000)

Según el análisis de imágenes satelitales, el área cubierta por manglar en 1.997 fue de 237,7 km² y aumentó a 257,5 km² para 1.999². Durante el 2000 se pudo determinar que el área recuperada de manglar, en la CGSM fue de 11.95 km² año⁻¹ para el periodo 1.995-1.997 y 19.83 km² año⁻¹ para 1.997-1.999. Se estima que si las tendencias en los cambios ambientales (salinidad e hidroperiodo) continúan, la extensión de los bosques de manglar en el año 2.005 y 2.010 será de 303.4 y 343.7 km², respectivamente (Casas, 2001).

A pesar de los esfuerzos que se realizan para recuperar las zonas deterioradas, actualmente se encuentran salitrales con manglar muerto y relictos de bosque en proceso de sedimentación y salinización, tanto en la zona nororiental como occidental (INVEMAR, 2000). Así mismo, en los últimos años se ha presentado una invasión de plantas (*Tifa dominguense*, *Eichornia crassipes*) que viven en condiciones de baja salinidad y posiblemente compiten por espacio con el manglar³.

Otra de las problemáticas principales de la ciénaga es la llegada de desechos agroindustriales provenientes del río Magdalena y de los ríos Frío, Sevilla, Aracataca y Fundación, que bajan de la Sierra Nevada de Santa Marta. A partir de 1.982 se ha venido estudiando la dinámica de los contaminantes en la Ciénaga (Campos, 1992) y se han detectado metales como cadmio, cobre y zinc en las hojas de árboles de mangle Campos & Gallo, 1997) y en algunas especies de peces y bivalvos se han encontrado residuos de compuestos organoclorados (Gómez, Campos & Ramírez, 1995; Plata, Campos & Ramírez, 1993). Estos hallazgos indican que dichos contaminantes están siendo asimilados por los organismos, aunque no se ha determinado aún el efecto que están causando o en cuanto tiempo se va a sobrepasar el límite de tolerancia.

Por otra parte, la carga orgánica que es llevada por el río Magdalena o producida en los pueblos palafíticos de Nueva Venecia, Buenavista y Bocas de Aracataca, ha causado la eutrofización del sistema acuático. Esta situación ha generado deficiencias enormes de oxígeno, principalmente en la noche, la proliferación de microalgas, mortalidades masivas de peces y disminuido la diversidad de especies; en la aparición de estos fenómenos puede estar implícita la acción de la entrada de contaminantes al sistema.

El deterioro del ecosistema se ve reflejado en variaciones en las características de sus poblaciones. En las poblaciones de especies comerciales de la Ciénaga, por el hecho de ser un recurso básico en la economía de los pobladores, son más fácil y rápidamente notadas las variaciones. En este sentido, el sector pesquero es el que ha dado la voz de alerta, manifestando la disminución en las tallas y diversidades de las especies de peces (Sánchez *et al*, 1997) y moluscos. Actualmente, una especie exótica, la mojarra lora (*Oreochromis sp.*), es la especie más capturada. Por otro lado, las ostras y caracoles que hasta 1996 eran el principal renglón de extracción pesquera, son recursos que prácticamente desaparecieron del sistema. (INVEMAR, 2001).

En el margen oriental de la ciénaga, la sedimentación derivada de la deforestación en las cuencas de los ríos Sevilla y Fundación a causado mortalidad del arbolado por ahogamiento y colonización de nuevas especies mejor adaptadas a la nueva situación morfológica y sedimentológica (Sánchez *et al*, 1997).

1.2.2 Litoral rocoso

Toda la zona costera al norte de Santa Marta es predominantemente rocosa, con una morfología dominada por la presencia de acantilados que delinear una serie de bahías y ensenadas (Steer *et*

² Villamil, *comm. pers.* (INVEMAR, 2000)

³ Casas, *comm. pers.* (INVEMAR, 2000)

al, 1997). Dentro del área del Parque Tayrona también se presentan litorales rocosos derivados de las estratificaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, con una estructura física predominante de roca metamórfica (INVEMAR, 2000).

Los estudios realizados sobre este ecosistema son muy pocos y se han dirigido especialmente a conocer la composición y distribución espacial de las comunidades que habitan estos litorales^{4,5}. No se encontró ningún estudio que registrara cambios a nivel espacial o temporal con respecto a modificaciones en el hábitat o las condiciones físicas y químicas en esta zona.

1.2.3 Vegetación marina

En el interior de las ensenadas del Parque Tayrona se desarrollan rodales de fanerógamas, principalmente de *Thalassia testudinum*, pero en las que están presentes todas las demás especies de pastos conocidas en Colombia [9], alcanzando una extensión de 1,96 km². También se presentan algunos pequeños parches en la bahía de Taganga (INVEMAR, 2000).

La única actividad de seguimiento y monitoreo de las condiciones y de la estructura de praderas de pastos en Colombia que se realiza en la actualidad es la que tiene que ver con el programa CARICOMP en la bahía de Chengue. Para esta pradera de *Thalassia testudinum* en el 2000 se observó que la biomasa total y productividad de hojas son relativamente bajas, si se comparan con los valores del año anterior que han sido los más altos de los últimos 7 años. El promedio de biomasa para el 2000 (7.408 g/m²) ha sido el menor registrado hasta ahora y está por debajo del promedio general (11.415 g/m²) de los años anteriores. Por su parte, la productividad estimada en el 2000 (2,43 g/m²/día) está dentro del intervalo de variación normal para el área, pero resultó también bastante (casi un 25%) más baja que el promedio general (3,20 g/m²/día). La tasa de renovación de hojas resultó en el 2000 apenas un poco más baja que el promedio general (3,6 vs. 3,8%/día) y está igualmente dentro del intervalo de variación normal. El bajo valor de biomasa podría ser consecuencia del paso del huracán Lenny por el área a fines de 1999 (Díaz, 2001).

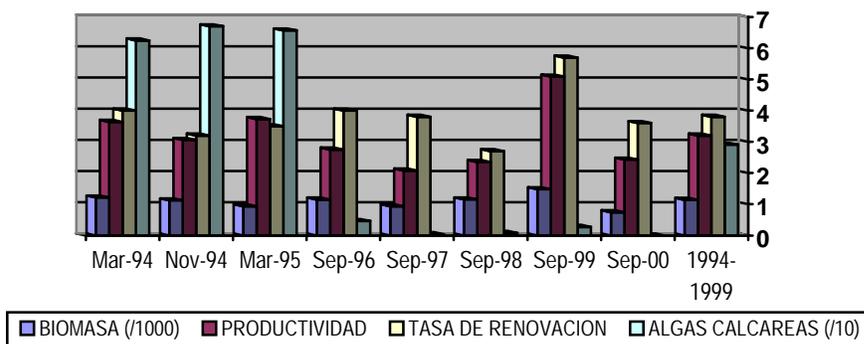


Figura 8. Valores promedio de las estimaciones de biomasa total, productividad de hojas y tasa de renovación de hojas de *Thalassia testudinum* y de biomasa de algas calcáreas en la estación de monitoreo de pastos marinos de la bahía de Chengue, entre los años 1994 y 2000 (Díaz, 2001).

⁴ Sánchez & Campos, 1978 (Steer *et al*, 1997)

⁵ Brattström, 1980 (Steer *et al*, 1997)

En cuanto a la biomasa de algas calcáreas asociadas a la pradera de *Thalassia*, su valor fue de cero en el 2000, lo cual muestra que estas plantas continúan sin mostrar indicios de recuperación desde su caída abrupta en 1996 (Díaz, 2001).

En la ensenada de El Rodadero se encuentra una pradera de *Halophila decipiens* que alcanza los 22 m de profundidad. En cercanías al aeropuerto de Santa Marta se desarrollan pequeños parches de *T. testudinum* cerca al litoral rocoso (INVEMAR, 2000).

1.2.4 Arrecifes de coral

En el área del parque Tayrona la cobertura de coral vivo se encuentra por encima del valor promedio hallado para otras áreas del Caribe colombiano (INVEMAR, 2000). En la estación de monitoreo del programa de monitoreo de arrecifes coralinos SIMAC (Garzón-Ferreira, 2000) de Chengue, en el 2000 la cobertura coralina registró un ligero descenso del 34 al 31,1% y las algas se incrementaron en más de un 10% (INVEMAR, 2001). Sin embargo, en ciertos sectores fuertemente impactados por las descargas de desechos urbanos, como El Rodadero, Santa Marta y Taganga, se observan coberturas muy bajas y sobre crecimiento del coral por algas y esponjas. En general, a pesar de estar en un área protegida, los arrecifes coralinos del Parque Tayrona continúan siendo afectadas por las actividades propias del desarrollo urbano y portuario, de las actividades náuticas y asociadas con el turismo, así como por la pesca con explosivos. En Santa Marta se han encontrado indicios de que una de las principales causas del deterioro coralino en el área es la descarga de aguas negras (Díaz *et al*, 2000).

En el parque solo se han detectado cuatro de las seis enfermedades (banda blanca banda negra, lunares oscuros y parches blancos) registradas en el Caribe colombiano. Sin embargo, estas han tenido efectos fuertes dentro del área. El área del parque ha sido afectada por fenómenos de blanqueamiento, de los cuales los más importantes fueron en 1983, 1988 y 1999 (INVEMAR, 2000).

El Banco de las Animas es una asociación calcárea con desarrollo coralino incipiente que se encuentra a unos 12 km de la costa de la isla de Salamanca, en la zona de influencia de la pluma del río Magdalena pero al parecer se desarrolla gracias a una cuña de aguas oceánicas relativamente claras y de salinidad adecuada para el asentamiento y desarrollo de organismos hermatípicos (Díaz *et al*, 2000).

1.2.5 Fondos sedimentarios

La costa recibe aportes arenosos en su mayor parte de origen continental (INVEMAR, 2000).

En el área de Santa Marta y el Parque Tayrona, entre los 10 y 60 m de profundidad, la epifauna está dominada por moluscos (215 especies), crustáceos (55 especies) y peces⁶, este último grupo es bastante homogéneo. La distribución espacial de esta comunidad depende básicamente del gradiente de profundidad y del tipo y heterogeneidad del sustrato⁷. La epifauna del área de Santa Marta presenta cierta tendencia de variación estacional principalmente en la época de surgencia de agua fría⁸. En esta área se encuentran dos comunidades de infauna diferenciadas, cada una dominada por un grupo determinado de especies (*Solen* y *Nucula*)⁹. Igualmente se encuentran

⁶ Acero *et al*, 1990; Arango, 1996 (Steer *et al*, 1997)

⁷ Acero *et al* 1990; Blanco, 1993; Arango 1996 (Steer *et al*, 1997)

⁸ Arango, 1996 (Steer *et al*, 1997)

⁹ García & Sandoval, 1983 (Steer *et al*, 1997)

diferenciadas según la profundidad, una en fondos someros (< 30m) y otra de fondos profundos (60 m)¹⁰.

En el área del Golfo de Salamanca, entre 15 y 100 m de profundidad, las comunidades de invertebrados están dominadas por moluscos bivalvos de los géneros *Solen* y *Nucula*, gusanos poliquetos (*Tharyx*) y sipuncúlidos (*Golfingia*) y por crustáceos (*Ampelisca*)¹¹. Estas comunidades parecen estar determinadas por el tipo de sedimento y la profundidad y pueden presentar fluctuaciones de abundancia y frecuencia relacionadas con la época climática¹².

1.3 CONCLUSIONES

- ▶ El departamento del Magdalena posee dos fuentes de parámetros fisicoquímicos importantes: El primero es el emisario submarino del Distrito y la segunda es la salida de la Ciénaga Grande de Santa Marta, donde muchos procesos dinámicos se llevan a cabo. El patrón de circulación de las aguas hace que las principales variables medidas tengan una condición estacional y variedad en la calidad de las aguas, que hacen que posea diversidad de ecosistemas marinos.
- ▶ Los estudios microbiológicos realizados en la zona costera del Magdalena durante los años 1997-2001 revelan una contaminación Alta por coliformes fecales. Los rangos varían entre 2 y 9.200000 NMP/100ml, dentro de los cuales, las mayores concentraciones se han presentado en el área de influencia de los vertimientos de aguas negras domésticas y residuales en Santa Marta, lugar conocido como Boquerón, sin embargo a partir del año 2000, se ha presentado una disminución en los niveles de contaminación con la instalación del emisario submarino. Los niveles más altos se presentaron en la época húmeda y de transición del año 2001 y fluctuaron entre 20-160000 NMP/100 ml caracterizados por ser meses de calma ya que generalmente no se encuentran influidos ni vientos alisios ni los de sur-sureste, dificultando el desplazamiento de masas de agua ocasionando una mayor concentración en los cuerpos de agua dulce donde hay mayor presencia de asentamientos humanos y donde este medio es favorable para el crecimiento microbiológico, como los ríos Manzanares, Toribio, Córdoba, Gaira, Buritaca y su desembocadura.
- ▶ Para el sistema Ciénaga Grande de Santa Marta, los resultados obtenidos en sedimentos han evidenciado la contaminación con Cd, Cu, Zn en algunos casos. En otros los metales As y Pb persisten, lo cual genera preocupación debido a la reconocida toxicidad de estos elementos bajo determinados rangos de concentración para las diferentes formas de vida acuática. Para el monitoreo realizado en aguas en el departamento del Magdalena, las concentraciones de Cr, Cd y Pb medidas en la gran mayoría de las estaciones, se encuentran dentro de los rangos establecidos como Contaminación Baja, por lo que el riesgo que representan para el ecosistema también es bajo.
- ▶ En la Franja Costera del departamento del Magdalena, las concentraciones de Pb encontradas durante las épocas de lluvias en las estaciones de Río Manzanares y Río Gaira, fueron altas en comparación con el resto de las estaciones monitoreadas, poniéndose de manifiesto la influencia que tienen las épocas de altas escorrentías sobre la concentración de estos contaminantes. Sin embargo, estos resultados generan interés puesto que en comparación con los diferentes rangos establecidos en la escala indicativa de contaminación, se enmarcan dentro de los límites para Contaminación Media.

¹⁰ Arango, 1996 (Steer *et al*, 1997)

¹¹ García & Sandoval, 1983; García & Salzwedel, 1991; Guzmán-Galvis & Díaz, 1993; Córdoba, 1997m (Steer *et al*, 1997)

¹² Córdoba, 1997 (Steer *et al*, 1997)

► Es una de las costas en donde más se ha reportado la incidencia de la contaminación sobre los ecosistemas marinos y costeros, quizás por que ha sido mejor estudiada pero por otro lado, por que recibe una de las mayores cargas de contaminantes. El ecosistema que presenta mayor área impactada es el manglar. Aunque son muchos los esfuerzos que se están realizando en pro de la recuperación de las áreas de manglar dañadas o deterioradas en el complejo Ciénaga Grande e Isla de Salamanca y que en su mayor parte estos manglares se encuentran incluidos dentro de áreas protegidas de diversa índole, aún se observan los efectos de los daños que recibieron o las perturbaciones que reciben y por tal razón es necesario continuar con las actividades para la rehabilitación del ecosistema. Por otro lado, las actividades industriales, agrícolas y la llegada de residuos provenientes de la zona andina, la Sierra Nevada de Santa Marta y áreas aledañas continúan generando contaminantes que llegan a la Ciénaga. El río Magdalena recoge los vertimientos de las ciudades más pobladas del país; el crecimiento cada vez mayor de la población y de la industrialización hace prever que el daño o deterioro del complejo lagunar no se revertirá considerablemente si no se toman medidas para detener la llegada de sedimentos y contaminantes al ecosistema. Lo mismo ocurre con los arrecifes coralinos, sobre los cuales también se ha reportado el perjuicio provocado por los contaminantes, especialmente los provenientes de la ciudad de Santa Marta y las áreas urbanas adyacentes.

2. ATLÁNTICO

2.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

El departamento posee 5 municipios costeros: Barranquilla, Puerto Colombia, Tubará, Juan de Acosta y Piojó y son dos las principales poblaciones ubicadas en la costa: Barranquilla y Puerto Colombia (Tabla 9).

Tabla 9. Población y cobertura de alcantarillado de las principales poblaciones costeras del departamento de Atlántico.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN (hab.) 2001**	% ALCANTARILLADO
Barranquilla	Cabecera	1'584.693	80***
Puerto Colombia	Cabecera	19.538	73***
Tubará	Cabecera	7.737	0*
Juan D'Acosta	Cabecera	7.129	0*
Piojó	Cabecera	2.895	0*

* Datos extraídos del Sistema de Información de Aguas y Saneamiento Básico (www.sias.gov.co)

** Datos proyectados en base al censo de 1993-DANE

*** Datos suministrados por Luz Elena Alean, funcionaria CRA

Barranquilla es la ciudad costera más grande e industrializada del Caribe colombiano, pero su problemática ambiental en relación con los ecosistemas marinos no ha sido evaluada, tal vez porque no se encuentra asociada directamente a una bahía o cuerpo de agua semicerrado, donde los impactos se hacen 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). Barranquilla aporta contaminantes por su actividad de puerto fluvial y marítimo, por la zona industrial de la vía 40, la zona Franca y las descargas domésticas de la ciudad en diferentes puntos y a través de caños, sumadas a las descargas provenientes del río Magdalena (Steer *et al*, 1997).

El río Magdalena junto a las ciénagas de Mallorquín, Balboa y del Totumo son los principales cuerpos de agua de la zona costera del departamento. El río Magdalena es la principal fuente de descarga de contaminantes al Caribe colombiano. Este río recorre prácticamente todo el país de sur a norte y se constituye en el sistema recolector de alrededor del 70% de los desechos de origen tanto industrial como doméstico del país. Las principales ciudades industriales y donde se concentra la mayor parte de la población colombiana descargan sus desechos y a través de diferentes sistemas fluviales son transportados al río Magdalena (Campos *et al*, 1996). Las áreas urbanas que generan mayor carga orgánica en el país son Santafé de Bogotá - Soacha con 3.424 Ton/día seguido por Medellín - Valle de Aburrá con 235,1 Ton DBO/día y luego Cali - Yumbo con 185 Ton DBO/día

El río Magdalena es, junto con el Mississippi, una de las fuentes más importantes de descarga de materiales de origen continental en el gran Caribe; transporta cerca de $234 \cdot 10^6$ t/año de material sedimentario, producto de la erosión (Campos *et al*, 1996).

En las costas del departamento del Atlántico la recolección y disposición de las basuras ejerce una influencia notoria en la calidad ambiental. De igual forma contribuyen a la contaminación directa las industrias metalúrgicas, productoras de químicos, cementeras (INVEMAR, 2000), curtiembres, agroquímicos, etc, que conforman el parque industrial de Barranquilla. Esto se suma al impacto generado por los municipios de Soledad y Malambo (Luz Elena Alean, *com. pers.*).

Soledad tiene un aporte directo e indirecto de residuos industriales sobre el río Magdalena. Los vertimientos directos los realizan entre otras las empresas de agroquímicos, granjas avícolas y curtiembres. De vertimiento indirecto hay aportantes como empresas de tableros aglomerados, procesadoras de aves y textiles. Igualmente llegan al río los vertimientos domésticos. En Malambo existe un puerto donde llegan buques y se hace movilización de productos (Luz Elena Alean, *com. pers.*).

La zona adyacente a la desembocadura del río Magdalena presenta también un alto grado de contaminación con valores de 24000 NMP/100ml, tanto para coliformes totales como fecales, debido a la influencia del río Magdalena que lleva las descargas de aguas domésticas e industriales que recoge durante su recorrido. De acuerdo al monitoreo realizado en el 2001, esta zona se clasifica de alto riesgo ya que en la escala indicativa se considera en el rango de Contaminación Alta¹³.

La ciénaga de Mallorquín presenta problemas por pérdida de área a causa de la ejecución de rellenos, deterioro de la calidad del agua por vertimientos vecinos de la zona industrial de Barranquilla y acumulación de residuos sólidos transportados por el río Magdalena (IDEAM, 1998).

2.2 FÍSICOQUÍMICOS

Se tomaron muestras en los siguientes puntos: Río Magdalena junto al puerto (zona industrial), Bocas de Cenizas, Ciénaga de Mallorquín, Ciénaga Balboa (Puerto Colombia), Puerto Velero y Santa Verónica. Se realizaron dos muestreos, en cada una de las temporadas de interés, que se analizan en este documento (Figuras 75 a 79).

En este departamento debido a problemas logísticos no todas las estaciones fueron tomadas, pero algunos de los puntos críticos fueron identificados y señalados como posibles sitios para muestreos en el futuro.

Los muestreos realizados para la zona marina (dos estaciones), indicaron calidad normal de esta zona, recordando la temporada de brisas que influye en la disolución del oxígeno en el agua y disminución de la temperatura, mientras que en la época de lluvias estos valores disminuyen no lo hicieron por debajo de 6.0 mg/l.

Para la zona estuarina se tomaron tres estaciones, que representan la salida del Río Magdalena y dos ciénagas costeras con fuerte influencia marina. Los valores de los fisicoquímicos medidos muestran los mayores niveles de nitrógeno en las estaciones frente a la zona industrial de Barranquilla en el Río Magdalena y la Ciénaga de Balboa en Puerto Colombia para la temporada de lluvias (1490 en la zona industrial y 1464 µg N/l respectivamente), mientras los valores más bajo se registraron en Ciénaga Balboa durante la temporada de seca (12.12 µg N/l. Figuras 16 a 20).

En cuanto al fósforo se encontró que las mayores concentraciones se dieron en la Ciénaga de Mallorquín para la época de lluvias y los menores en la parte marina del departamento durante la época de seca (292 y menor de 0.12 µg P/l respectivamente). Todos los municipios ubicados

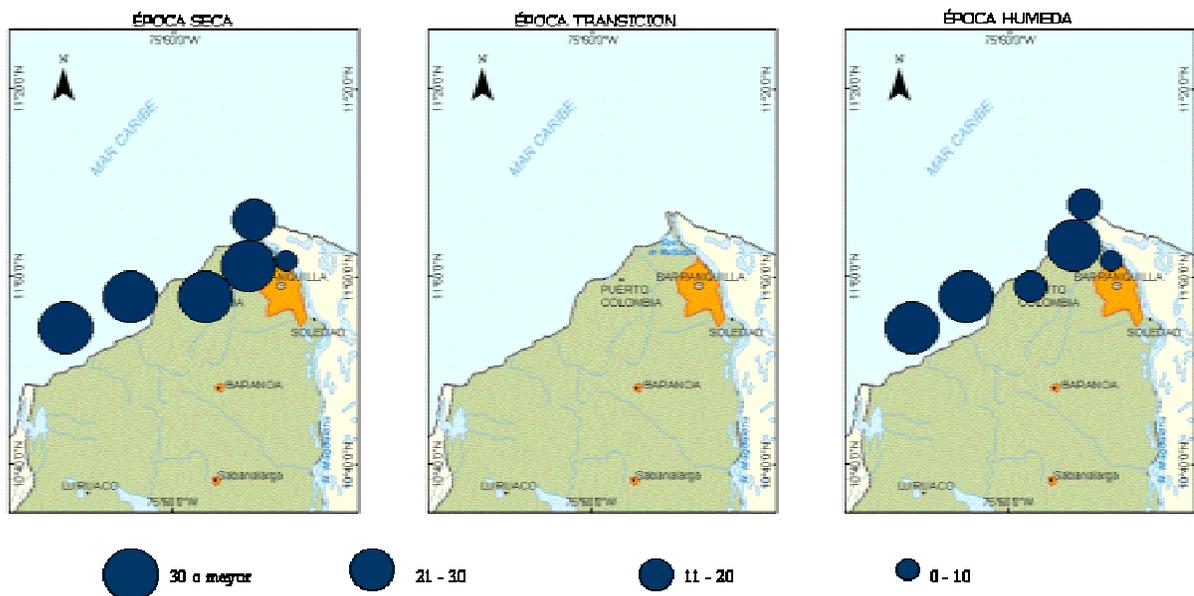
¹³ INVEMAR, 2001 (Garay, 2001)

junto al río, extraen agua de él para hacerla potable y al mismo tiempo este es receptor de las aguas servidas. Algunos de ellos poseen lagunas de oxidación o tratamientos preliminares, pero todos vierten al Río Magdalena. Para la Ciénaga de Mallorquin se han realizado varios estudios y se conoce la dependencia que tienen sus aguas con los niveles de caudal en el Río Magdalena (UNINORTE, 1999; Arrieta & De La Rosa, 2000)

La zona sur costera del departamento, esta siendo utilizada con fines turísticos y recreativos en su mayor parte, aunque se mantiene la actividad pesquera artesanal y recreativa.

En este departamento la fuente más importante de aportes a la zona costera, la constituye el Río Magdalena que durante todo el año drena un caudal promedio de 7149.5 m³/s (IDEAM, 2000) y la cantidad de sólidos que arroja al mar es de 4.5 ton/s en promedio según la misma fuente. Existe otros afluentes sólo por la temporada de lluvias, uno es el Arroyo Juan de Acosta que vierte sus descargas cerca a la localidad de Santa Verónica y el arroyo Cascabel cerca al anterior. Es deseable que estos arroyos sean monitoreados para conocer la cantidad de agua que vierten, el tiempo promedio en que realizan estos vertimientos y una caracterización de los mismos.

Históricamente se conocen que las descargas de los ríos Mississippi y el Magdalena contribuyen con la mitad de la descarga de sedimentos al Mar Caribe (PNUMA, 1999b). Pero recordemos que la deforestación para conseguir tierras de cultivos, la utilización de agroquímicos y los vertimientos que los municipios ribereños realizan sobre esta importante arteria fluvial (IDEAM, 2000) contribuyen en la degradación de las condiciones normales del agua.



• Muestras realizadas en las épocas de seca y lluviosa del año 2001.

Figura 9. Distribución de la salinidad en la zona costera del departamento del Atlántico

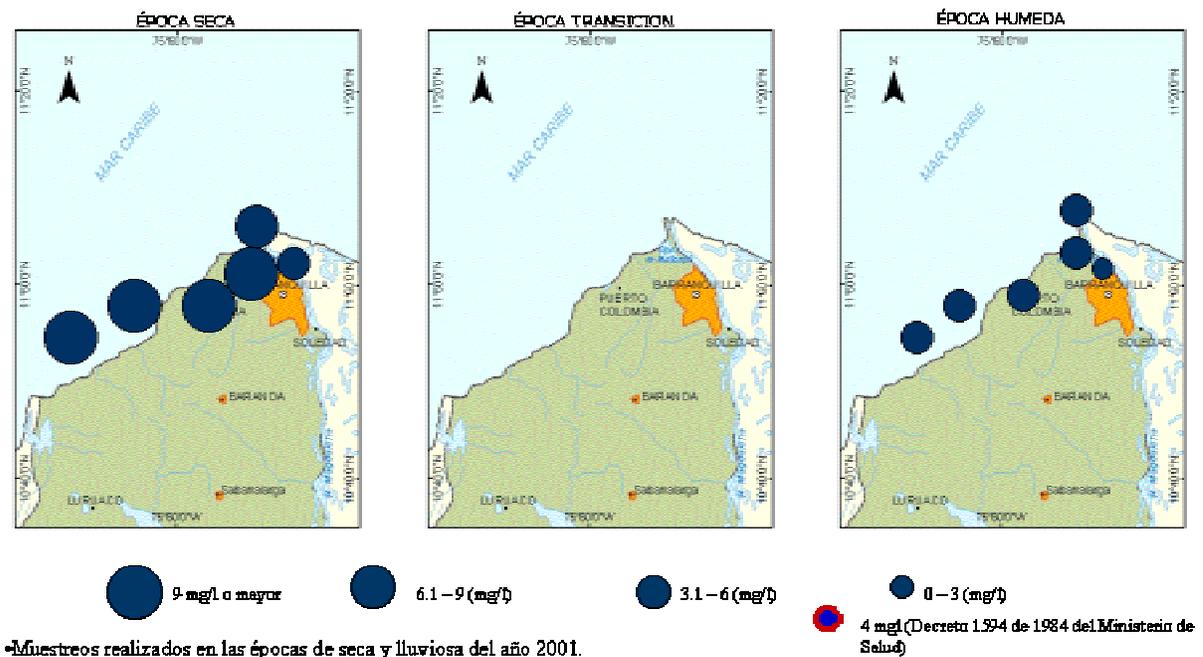


Figura 10. Distribución del oxígeno disuelto (mg/l) en la zona costera del departamento del Atlántico

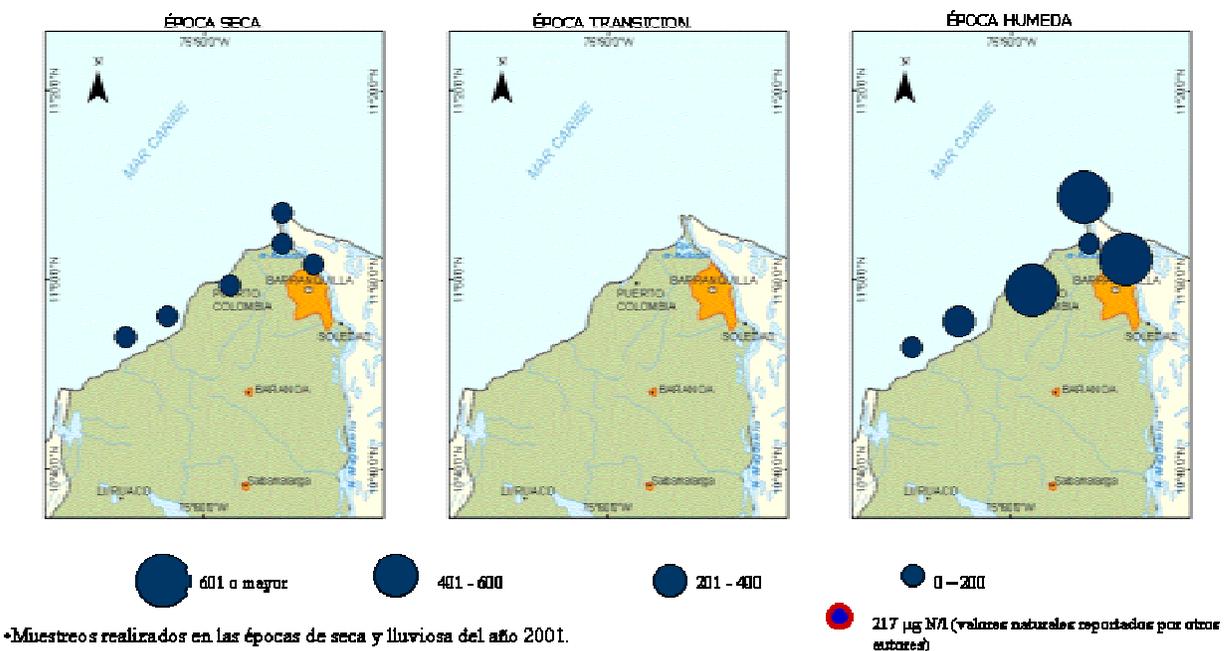


Figura 11. Distribución del nitrógeno inorgánico disuelto ($\mu\text{g N/l}$) en la zona costera del departamento del Atlántico

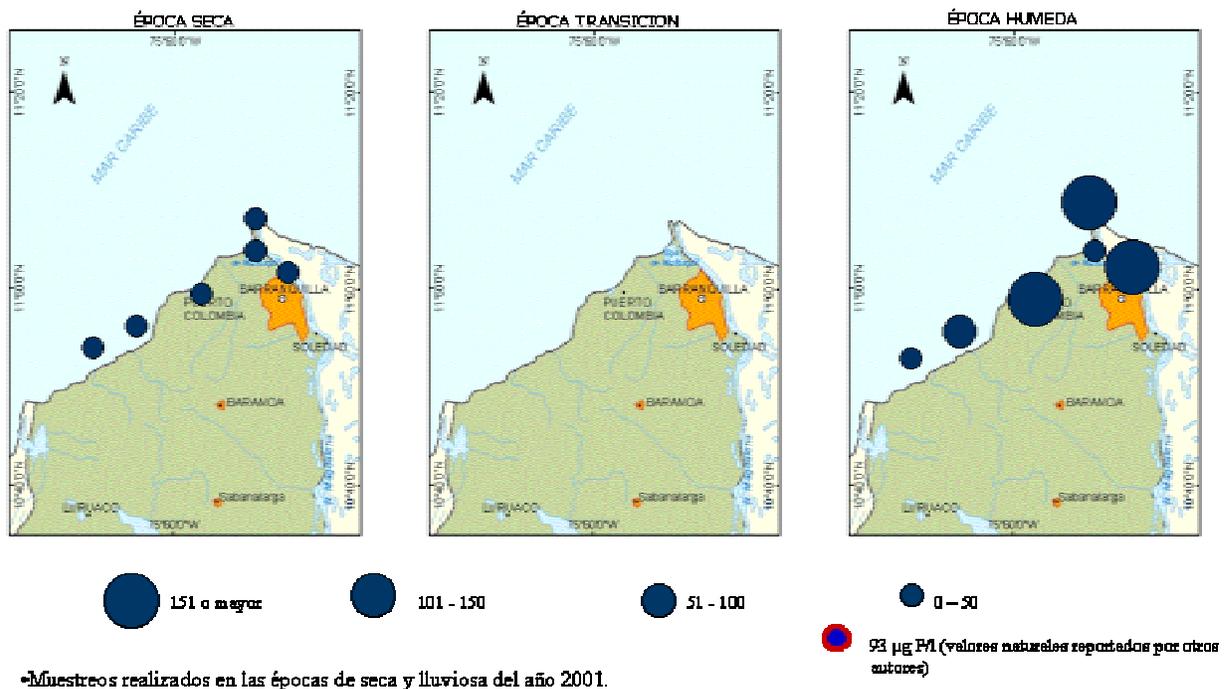


Figura 12. Distribución del fósforo inorgánico disuelto ($\mu\text{g P/I}$) en la zona costera del departamento del Atlántico

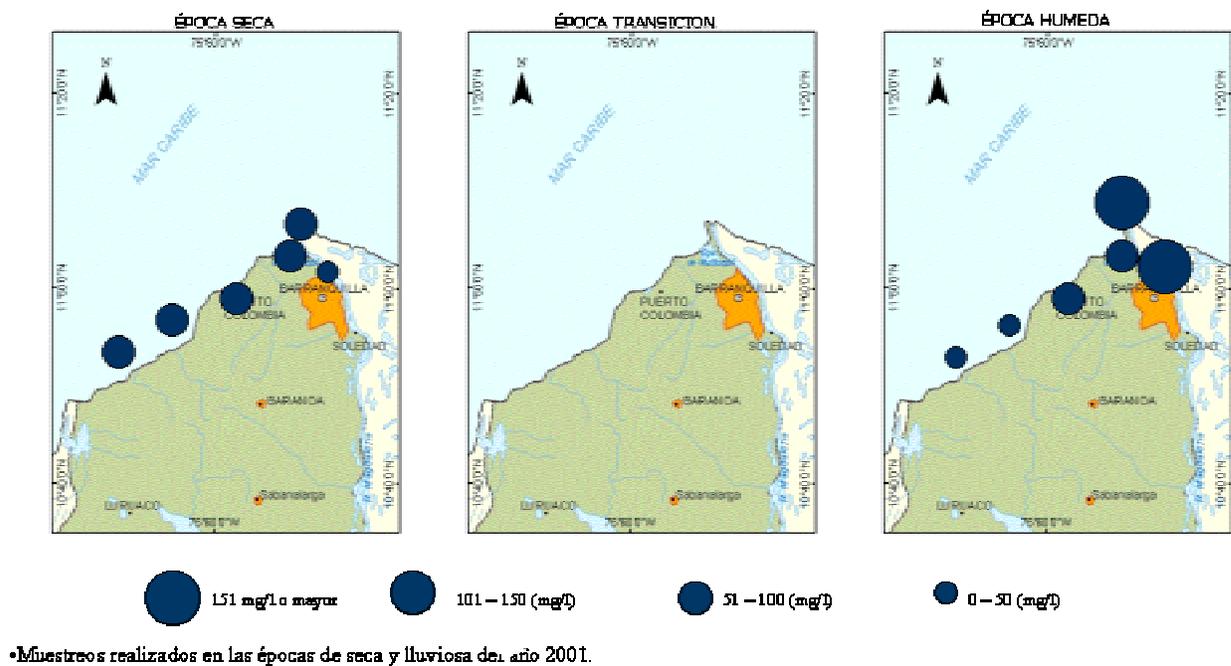


Figura 13. Distribución de los sólidos suspendidos (mg/l) en la zona costera del departamento del Atlántico

2.3 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

El estudio se llevó a cabo durante el mes de abril de 2001; la mayoría de las estaciones fueron balnearios con el fin de determinar el grado de contaminación microbiológica causada por la actividad turística de esta zona, a diferencia del Río Magdalena que se tomó como un indicativo del impacto de la zona industrial y portuaria que se encuentra en su recorrido.

En el año 1997 durante la época húmeda la Ciénaga Mallorquín presentó Concentraciones de Coliformes fecales entre <2 y 1100 NMP/100 ml con un promedio de 125 NMP/100 ml, el 90% de las muestras se encontraron dentro de los límites permisibles para agua de uso primario clasificando como una zona NO CONTAMINADA. En el mismo año en el Río Magdalena se encontraron concentraciones entre 36 y 24000 NMP/100 ml con un promedio de 5627 NMP/100 ml.

Se realizó un segundo muestreo del Río Magdalena en el año 1999 revelándose niveles <2 y 2400 NMP/100 ml con un promedio de 333 NMP/100 ml indicando una disminución en la concentración para este año con respecto a 1997; sin embargo, sobrepasan los límites permisibles sin poder realizar una tendencia de la contaminación ya que no se cuenta con más datos históricos en este lugar (Tabla 10 y Figura 14).

Tabla 10. Descripción de la información microbiológica en la zona costera del Atlántico.

Codigo	Estación	Año	Promedio	datos	Rango-NMP/100
3	aguas abajo terminal	1997	12018	2	36-24000
4	aguas abajo zona franca	1997	13200	2	2400-24000
5	Aguas abajo Astilleros Sabanagrande	1997		1	360
6	Aguas abajo Puerto de Sabanagrande	1997		1	360
7	Muelle de Monómeros	1997		1	1100
8	Aguas abajo Colterminales	1997		1	2400
9	Aguas abajo arroyo Soledad	1997		1	460
10	Aguas abajo Bayer	1997		1	1100
11	Aguas abajo barrio Las Flores	1997		1	1100
12	Bocatoma acueducto Triple A	1997-1999	3450	7	210-11000
13	Aguas abajo Rohm and Haas	1999	730	5	2-730
14	Aguas abajo Tebsa	1999	364	5	99-750
15	Aguas abajo Láminas del Caribe	1999	725	5	2-1100
16	Bocatoma acueducto de Soledad	1999	946	5	150-2400
17	Descarga aguas servidas de Soledad	1999	396.5	5	2-720
18	Descarga aguas servidas de Malambo	1999	1270	5	Feb-00
19	Aguas abajo Pimsa	1999	303.3	5	2-360
20	Aguas abajo bocatoma acueducto de Sabana	1999	3.4	5	20-90
21	Aguas abajo bocatoma acueducto de Palma	1999	336.7	5	2-360
22	Aguas abajo bocatoma acueducto de Poned	1999	145.6	5	2-720
23	Aguas abajo bocatoma acueducto de Suan	1999	2	5	2-2
C0800000ZIN	R. Magdalena-Zona Industrial	2001	12015	2	30-24000
C0800000BCA	Bocas de cenizas (A)	2001	6360	3	1300-16000
C0800000CBA	Ciénaga Balboa(Pto Colombia)	2001	2465	2	330-4600
C0800000PVB	Frente Pto. Velero (A)	2001	1850	3	30-5400
C0800000CMA	Ciénaga Mallorquín	2001	535	3	3-16000
C0800000SVB	Frente Santa Verónica (A)	2001	1150	3	170-2100
C0800000CMA	Ciénaga Mallorquín	1997	125.4	10	1100-2
C0800000CBA	Ciénaga, debajo del muelle	2000		1	24000
C0800000CBA	Ciénaga, centro	2000		1	930

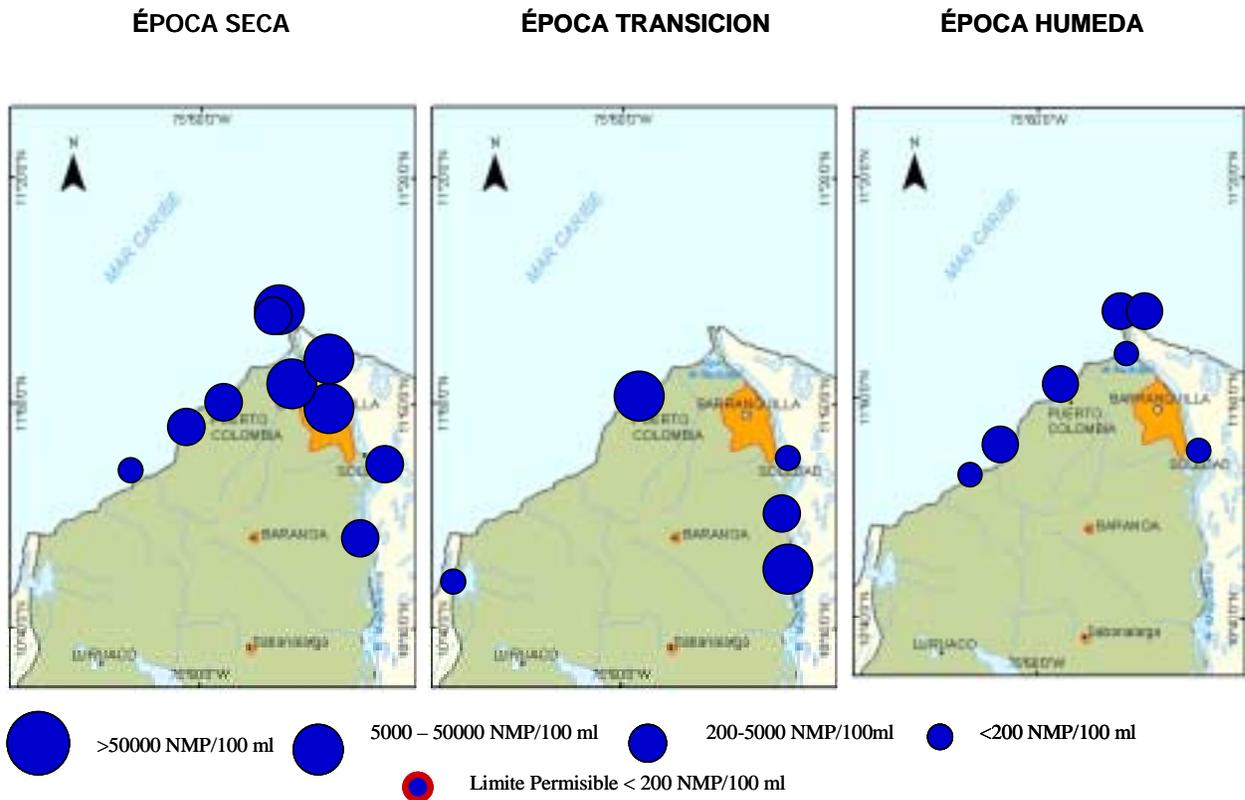


Figura 14. Distribución de Coliformes Fecales (NMP/100 ml) en la zona costera del departamento del Atlántico. Datos promedio 1995-1997-1999-2000 y 2001.

En el muestreo representativo de la época seca durante el 2001 se observó que las aguas servidas provenientes de la urbanización Las Flores ejercen una fuerte influencia de contaminación fecal en la zona costera por el constante vertimiento, registrando los mayores niveles de Coliformes fecales y siendo el Río Magdalena el tributario receptor de toda la contaminación de esta área. Otra zona con recuento elevado de Coliformes fecales pero en menor grado fue Bocas de Ceniza en la desembocadura del río Magdalena, evidencia de la dispersión de microorganismos en razón de los procesos de mezcla con aguas marinas.

La Ciénaga de Mallorquín presentó niveles elevados de Coliformes fecales lo cual refleja la incidencia del Río Magdalena, al estar conectada con canales que vierten las aguas del río a la Ciénaga. Además, los lixiviados procedentes del relleno sanitario y la presencia de barrios aledaños a la ciénaga contribuyen con la contaminación.

En la Ciénaga Balboa se observa una variación en la concentración de Coliformes fecales por los vertimientos de aguas residuales domésticas procedentes de asentamientos urbanos y del sistema de tratamiento del puerto.

Durante la época húmeda las concentraciones en Ciénaga Balboa y Bocas de ceniza se mantienen en niveles que sobrepasan los límites permisibles presentándose los niveles superiores en Ciénaga Balboa por la presencia de asentamientos urbanos en el perímetro urbano y las lluvias que arrastran la contaminación de origen humano y animal.

En el área marina la contaminación disminuyó en Puerto Velero, Santa Verónica y Mallorquín (Figura 15), notándose la influencia negativa de la concentración de salinidad frente al crecimiento de coliformes fecales.

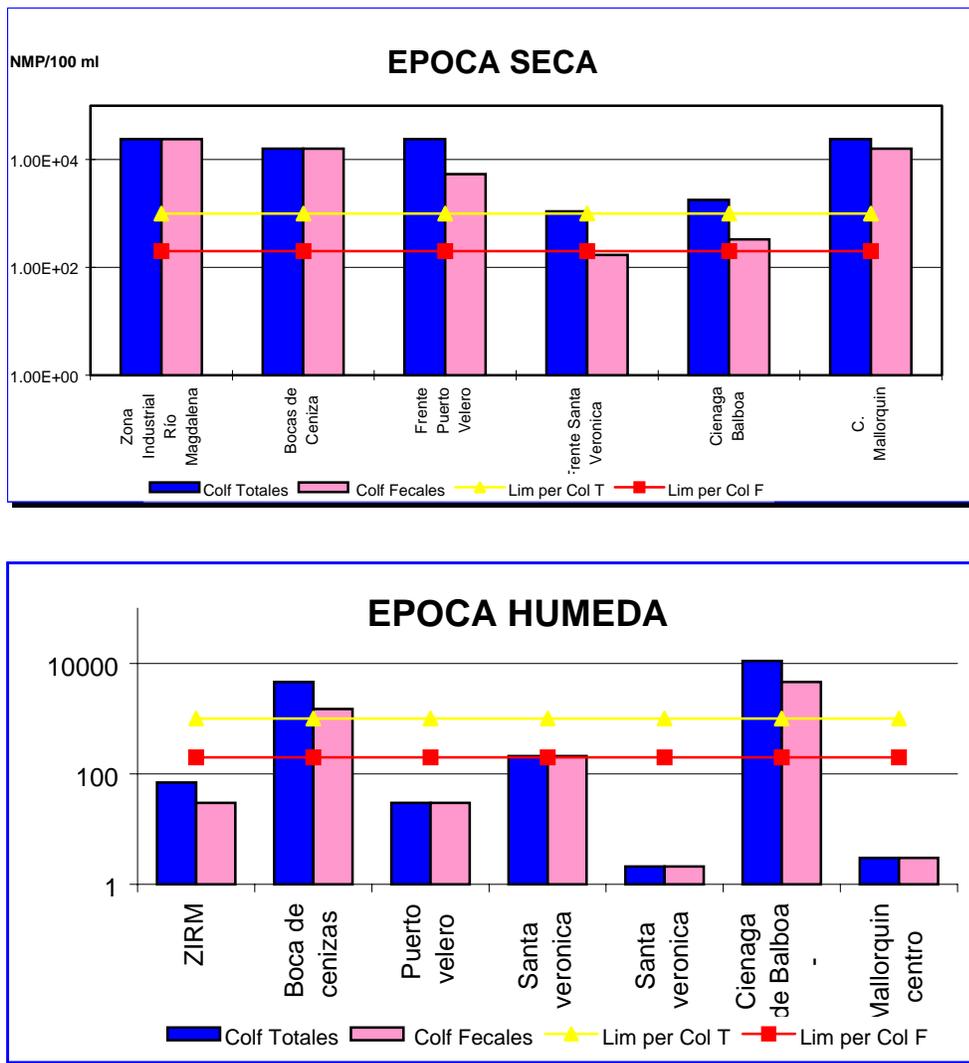


Figura 15. Niveles de Coliformes totales y fecales. Límites permisibles establecidos por la Legislación Colombiana para aguas de uso primario. Zona costera del departamento del Atlántico. 2001.

Según la escala conceptual para el año 1997 el Río Magdalena presentó en la temporada seca un 7% de las muestras dentro de los límites permisibles clasificándose como una zona de CONTAMINACION ALTA. Para el año 1999 el 59% de las muestras se mantiene dentro de los límites pasando a una CONTAMINACION MEDIA. Para el 2001 se observa un aumento en la contaminación con un 16% de las muestras dentro de los límites clasificándose nuevamente como una zona de CONTAMINACION ALTA. Con esto se pone en evidencia que los niveles de contaminación microbiológica se mantienen por encima de los límites permisibles debido al vertimiento constante de aguas residuales domésticas a estos cuerpos de agua por los asentamientos ribereños (Figuras 82 y 83).

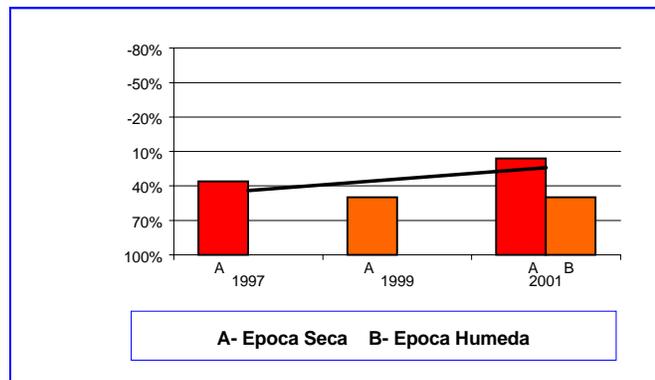


Figura 16a. Grado de contaminación fecal en la zona costera del departamento del Atlántico para los años 1997, 1999 y 2001

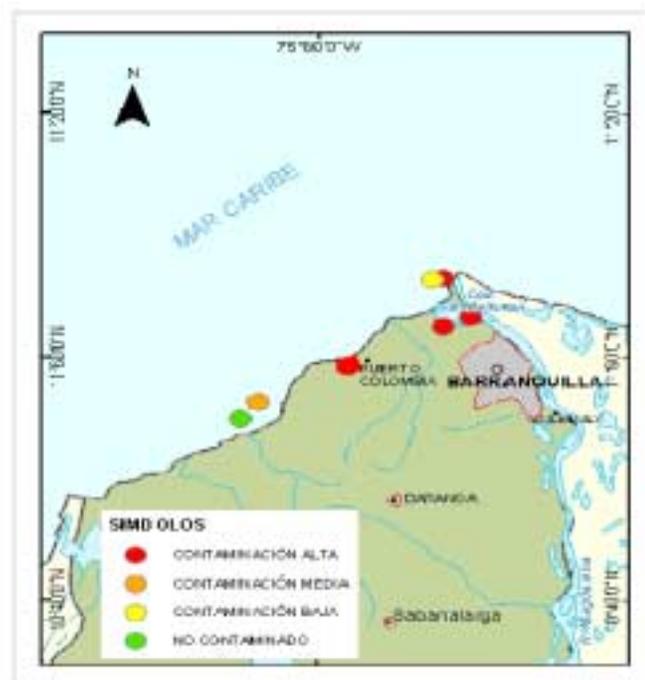


Figura 17. Niveles de Riesgo de Contaminación Microbiológica basándose en los Coliformes fecales en la zona costera del departameto del Atlántico para los años 1997, 1999 y 2001.

2.4 HIDROCARBUROS Y PLAGUICIDAS

Los resultados de contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados (OC) para el departamento del Atlántico en las distintas épocas para el 2001 se presenta en la Figura 18. Se detectó presencia de plaguicidas a lo largo de toda la zona costera del departamento y tramo final del río Magdalena. Para la 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 contenido de OC son menores a los 3 ng/l. Esto indica que los niveles de OC para este departamento es debida a la actividad doméstica y al sector industrial.

En la época húmeda, todos los valores de OC se encuentran inferiores a 3 ng/l incluyendo la zona industrial que están por debajo de la norma de 30 ng/l.

En general, el departamento del Atlántico presenta niveles promedio de OC para las aguas marinas y costeras y se clasifica como zona sin riesgo de contaminación.

En cuanto a lo niveles de hidrocarburos disueltos y dispersos HDD (Figura 19), las concentraciones encontradas durante la época seca varían en un rango entre los 1 y 20 ug/l. Los mayores valores corresponden a la zona marina frente a Barranquilla y al balneario de Santa Verónica, al parecer debido al tráfico marítimo. En la época húmeda todos los valores se incrementan y varían en un rango de 5 a 30 ug/l para todas las estaciones; se sobrepasan el valor máximo permisible (UNESCO, 1974) las estaciones localizadas frente a Barranquilla y en la desembocadura del río Magdalena. De acuerdo a lo anterior este departamento se clasifica como zona de alto riesgo de contaminación por HDD.

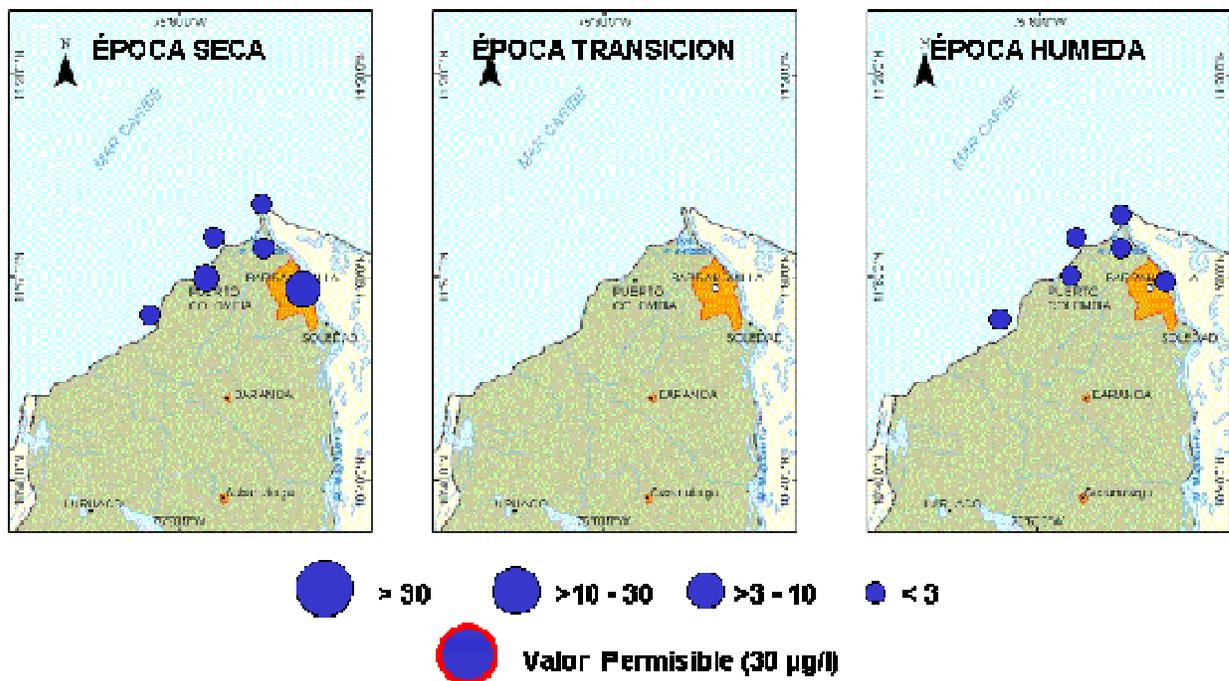


Figura 18. Niveles en ng/l de residuos de plaguicidas organoclorados en la zona costera del departamento del atlántico durante 2001. Valor permisible: 30 ng/l).

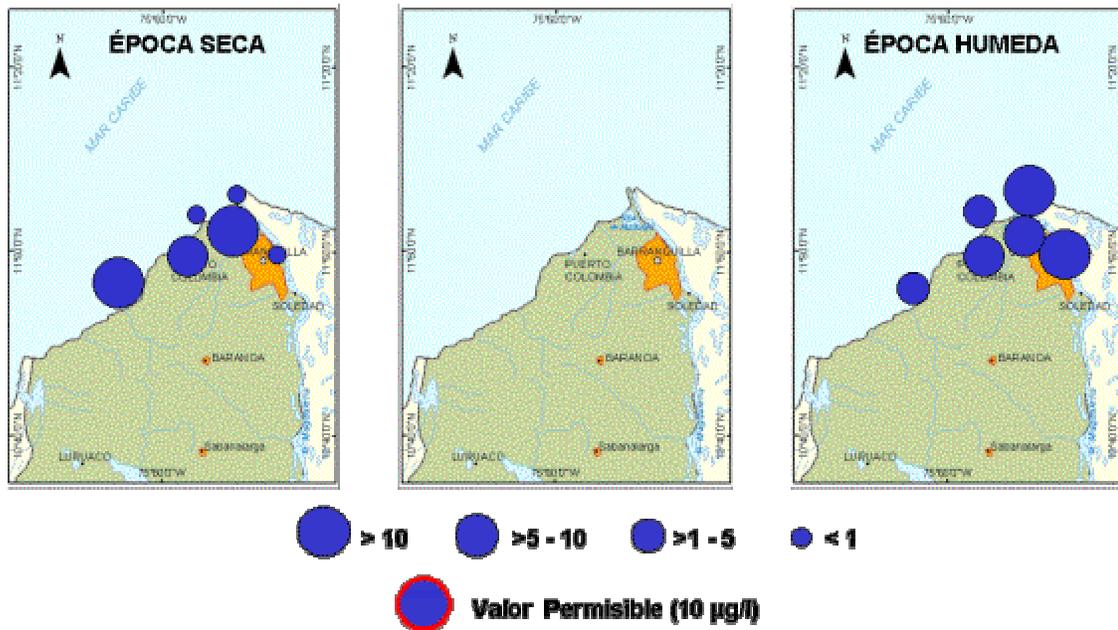


Figura 1 . Niveles en ng/l de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) en la zona costera del departamento del Atlántico durante 2001.

1.1 METALES PESADOS

De manera general, son dos los factores que han incidido en el deterioro del ambiente en el departamento del Atlántico: la recolección y disposición de las basuras y la contaminación de los recursos hídricos por acción directa del hombre, al arrojar basuras y desechos sólidos y líquidos, los cuales han producido de manera constante procesos de sedimentación y en parte destrucción de la fauna, flora y recursos acuáticos. De otra parte, la ciudad de Barranquilla aporta cantidades considerables de contaminantes debido a las actividades desarrolladas en los puertos fluviales y marítimos, la zona industrial localizada en la Vía 40 y la Zona Franca Industrial, las descargas domésticas y además tiene el agravante de ser la ciudad mas influenciada por las descargas del Río Magdalena el cual recoge la carga doméstica e industrial procedente de las principales ciudades del país.

Aunque se conoce la fuerte influencia del Río Magdalena sobre la zona costera del departamento, la información sobre contaminación por metales pesados sobre las costas y el impacto que ha generado sobre las mismas los efluentes de la Vía 40 y la Zona Franca Industrial, es aun desconocida.

Los resultados del monitoreo realizado durante el 2001, se presentan en la Tabla 1. Es valido mencionar que los datos recopilados obedecen a un (1) muestreo realizado durante la época seca del año.

Tabla 1. Concentraciones promedio de Cr, Cd y Pb ($\mu\text{g}/\text{ml}$), rango, desviación estándar (SD) y Coeficiente de variación (CV%) en aguas de la franja costera del departamento Atlántico, julio del 2001.

	Cr ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Cd ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{l}$)
Promedio	< LD	2.1	21
Rango	-----	1.8-2.4	15.8-28.7
SD	-----	0.0002	0.0048
CV(%)	-----	11	22
Nº de Datos	-----	6	6

El Cd registro concentraciones que estuvieron en el rango de 1.8 y 2.4 $\mu\text{g}/\text{l}$ y un promedio general de 2.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ para todas las estaciones muestreadas. Las concentraciones para Cd no varían mucho entre una estación y otra, presentándose ligeros incrementos en las estaciones de la Zona Industrial y las Ciénegas de Mallorquín y Balboa (figura). Las concentraciones mas bajas se midieron en las estaciones de Puerto Velero (A), Santa Verónica y Bocas de Ceniza (Figura 2).

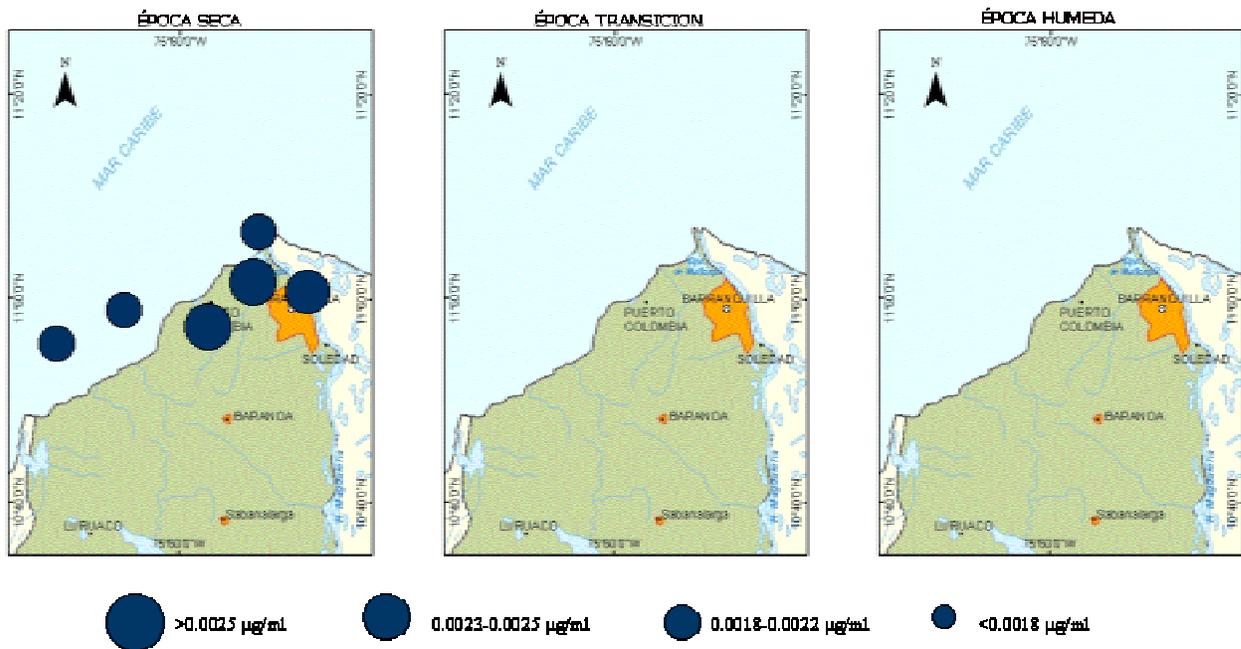


Figura 2. Distribución de Cd ($\mu\text{g}/\text{ml}$) en la zona costera del departamento de Atlántico

Para el Pb el valor promedio hallado fué de 21 $\mu\text{g}/\text{l}$ entre todas las estaciones para la época seca. Durante este periodo, las concentraciones de este metal se encontraron en un rango de 15.8 hasta 28.7 $\mu\text{g}/\text{l}$. En la Figura 3 se observa que al igual que el Cd, el Pb también presentó valores máximos en las estaciones correspondientes a la zonas de gran influencia del Río Magdalena: Bocas de Ceniza y Zona Industrial evidenciando su afectación directa sobre las mismas. El comportamiento entre épocas para este metal no se pudo establecer, debido a que solamente se obtuvieron datos correspondientes a un solo muestreo.

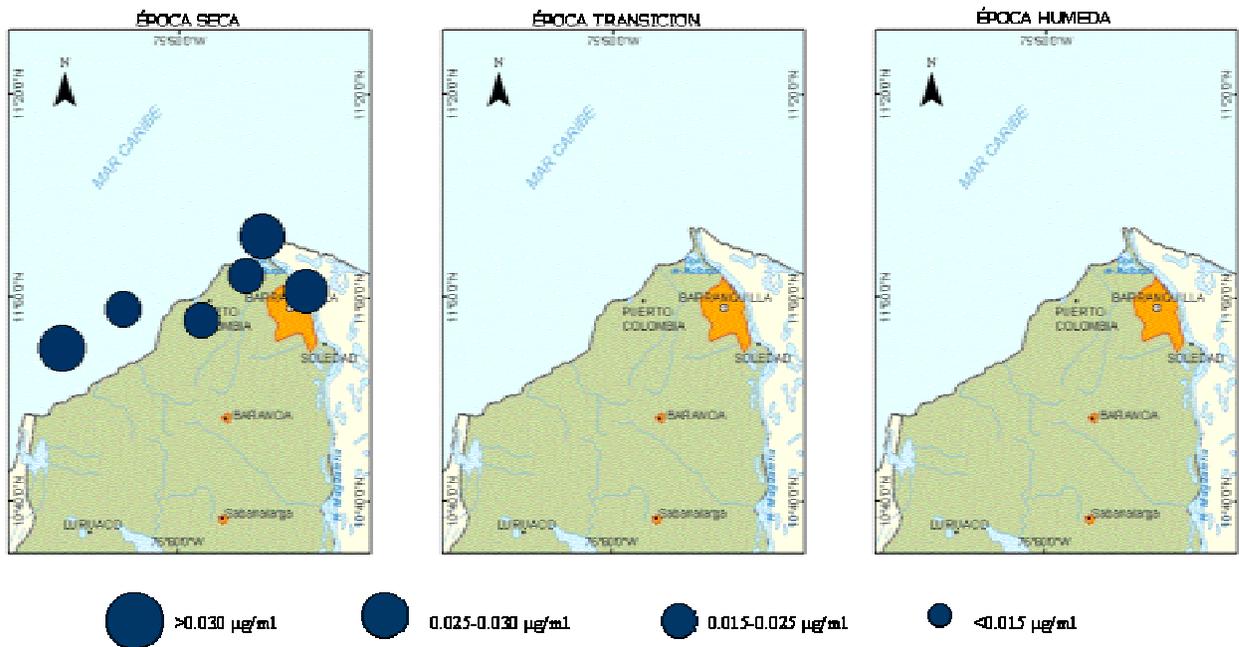


Figura 3. Distribución de Pb ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del departamento de Atlántico.

Al confrontar estos resultados con las concentraciones halladas en solución en las estaciones de Calamar y Colpuertos durante el estudio llevado a cabo por INGEOMINAS (1991) sobre el Río Magdalena, se observó que en el caso del Cd, las concentraciones halladas en el presente estudio se encontraron en el mismo rango de concentración; contrariamente el Pb superó los valores reportados en el citado estudio (Tabla 2), por lo que se podría plantear la posibilidad de enriquecimiento de este metal sin embargo, la puntualidad de estos datos no permiten realizar un diagnóstico de la contaminación en el área de estudio.

Tabla 2. Concentraciones de metales pesados en solución en las estaciones de Calamar y Colpuertos. (Tomado y modificado de INGEOMINAS, 1991).

Metal	Calamar		Colpuertos	
	Rango ($\mu\text{g/l}$)	Promedio ($\mu\text{g/l}$)	Rango ($\mu\text{g/l}$)	Promedio ($\mu\text{g/l}$)
Cu	1.30-35.70	10.17	1.80-13.80	7.60
Pb	0.00-1.30	0.31	0.00-1.20	0.46
Cd	0.00-3.90	1.50	0.00-19.30	4.50
Zn	8.80-77.0	26.25	36.30	5.90-97.00
Mn	0.33-6.80	3.00	13.28	0.00-34.70
Fe	45.0-141	81.0	121	52.-205
Hg	0.00-0.61	0.09	0.12	0.00-0.55

De otro lado, también cabe la posibilidad de encontrar concentraciones de Pb en cantidades apreciables en esta zona, si se ha tenido como antecedente que el Río Magdalena se ha constituido en una fuente importante de contaminación por metales pesados en los sistemas que le están asociados, como consecuencia del frecuente vertimiento de desechos de origen antrópico

(desechos industriales, empresa metalúrgica, fundición, galvanización, Industria térmica) procedentes de las principales ciudades del país.

Paralelamente, se realiza un diagnóstico de la contaminación por metales pesados en las aguas costeras del departamento, tomando como referencia los criterios expuestos en la escala conceptual que ha sido propuesta por Marín. Según la escala, las concentraciones de Pb obtenidas en cada una de las estaciones, se encuentran dentro del rango establecido como Contaminación baja y para el Cr y Cd los valores están en correspondencia para los rangos de No Contaminación (Figuras 88 a 90)

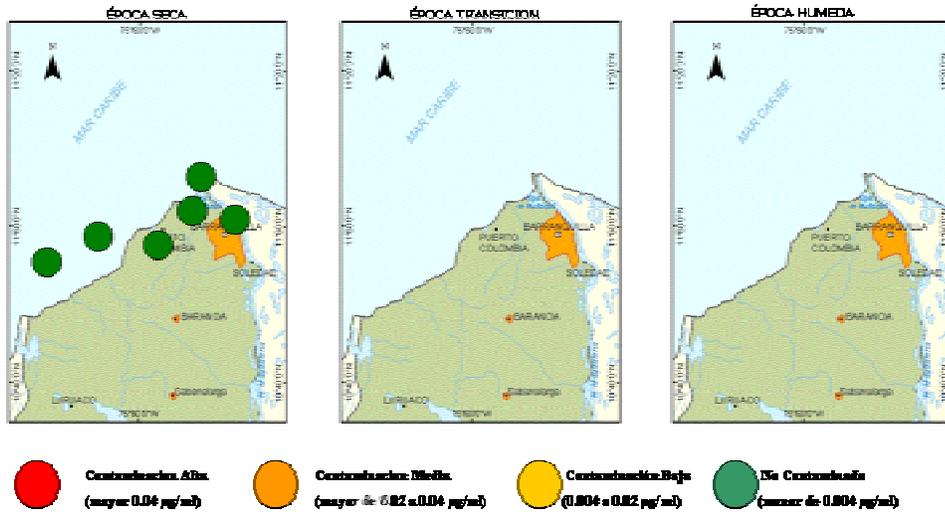


Figura 4. Valoración de la contaminación con Cd ($\mu\text{g}/\text{ml}$) en la zona costera de departamento de Atlántico

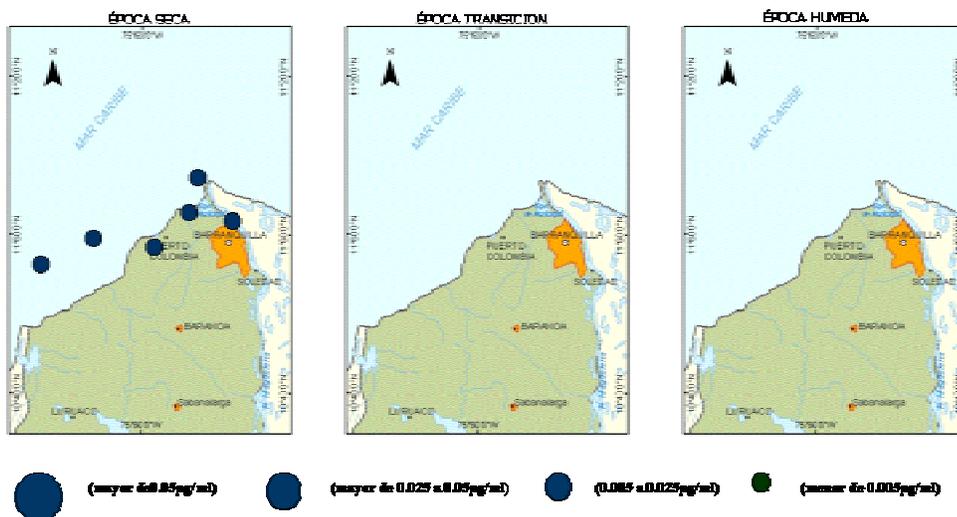


Figura 5. Distribución de Cr ($\mu\text{g}/\text{ml}$) en la zona costera del departamento de Atlántico.

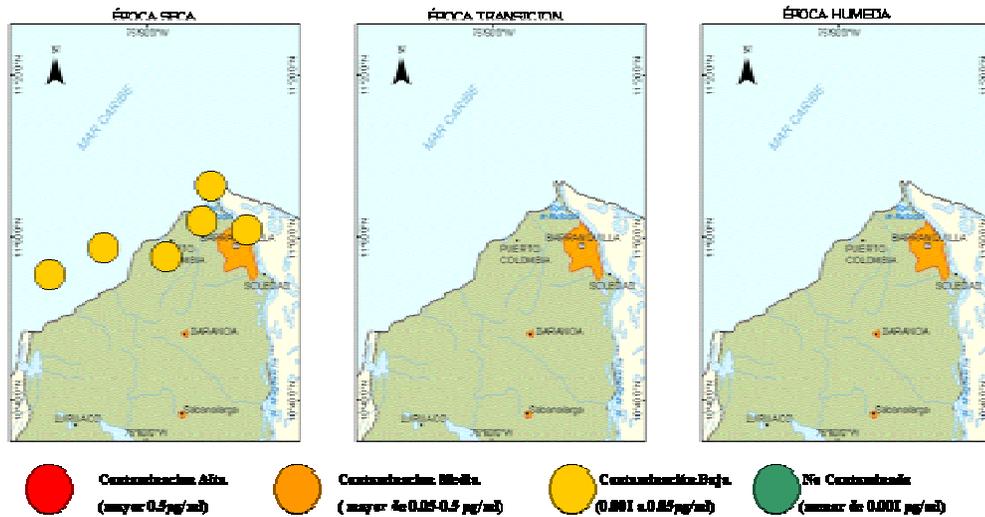


Figura 6. Valoración de la contaminación con Pb ($\mu\text{g}/\text{ml}$) en la zona costera del departamento de Atlántico

1.2 ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

En la plataforma continental, desde Bocas de Ceniza hasta el Golfo de Morrosquillo existe una zona de acreción activa caracterizada por la presencia de diapirismo arcilloso que se manifiesta en forma de domos y volcanes de lodo. El levantamiento de la franja deformada crea bancos arenosos y arrecifales que dan lugar a una sedimentación carbonatada originada por la erosión de los últimos años¹.

La zona occidental de la costa de este departamento se caracteriza por la presencia de una espiga de arena. Entre Turipaná y Bocas de ceniza se observan acumulaciones de arena fina que se manifiestan por suaves montículos de 10 a 20 cm de altura (Sánchez *et al*, 1997).

La parte central de la costa está compuesta por una serie de acantilados. Debido a los procesos de acreción costera, los acantilados en esta zona han pasado a ser paleo - acantilados, toda vez que se han acumulado grandes masas de arena (Sánchez *et al*, 1997). Entre Punta Galeras y Barranquilla los acantilados rocosos carecen de comunidades biológicas permanentes y bien zonificadas debido a la naturaleza poco cohesiva de la roca (Steer *et al*, 1997).

El sector oriental es una costa baja cenagosa que el hombre ha modificado sustancialmente con la construcción de tajamares del río Magdalena (Sánchez *et al*, 1997).

La costa recibe las descargas directas del río Magdalena que obviamente constituye el cuerpo hídrico más importante de este departamento. El resto lo constituyen un conjunto de ciénagas, arroyos y caños que cubren una amplia zona, entre las que se destacan el embalse del Guájaro, la ciénaga de Mallorquín, la ciénaga del Totumo y la laguna de Luruaco (Sánchez *et al*, 1997).

¹ Molina, 1989 (INVEVAR, 2000)



Figura 7. Ecosistemas en el departamento de Atlántico. Zonas afectadas por la contaminación.

1.2.1 Manglares, estuarios y lagunas costeras

Este es uno de los departamentos que posee menor cobertura de manglar (1148 ha.) (Casas, 2001), representadas principalmente en formaciones alrededor de las ciénagas de Mallorquín, Rincón, Balboa y el Totumo.

En este departamento la problemática de los manglares tiene orígenes antrópicos y corresponden a altos niveles de contaminación y eutroficación de la ciénaga de Mallorquín, donde son descargados la mayoría de los desechos de Barranquilla, además de la acumulación de contaminantes y la alta carga de sedimentos provenientes del río Magdalena. Al sur de departamento, el taponamiento normal entre la ciénaga del Totumo y el mar, principalmente en época de lluvia rebosan el nivel generando sucesiones de otro tipo de vegetación (INVEMAR, 2000).

Los manglares que crecen en los costados de la Ciénaga de Mallorquín enfrentan una problemática compleja derivada de su localización en las inmediaciones del corregimiento La Playa (puerto Colombia) y el barrio Las Flores y se puede resumir básicamente en altos niveles de contaminación y eutroficación provenientes de la descarga de los desechos químicos e industriales de Barranquilla y el cúmulo de productos contaminantes y la alta carga sedimentaria provenientes del río Magdalena (Sánchez *et al*, 1997). Otros factores igualmente importantes son el relleno y la destrucción de los rodales para la ampliación de zonas urbanas, así como el

taponamiento y desviación de los flujos de agua por efecto de la construcción de carreteras y otros servicios públicos y privados. Así mismo, puede recibir la influencia de contaminantes provenientes del antiguo relleno (L.E. Alean, *comm. pers.*).

En la Ciénaga de Balboa, el cuerpo de agua está altamente contaminado por el vertimiento de aguas residuales de Puerto Colombia y áreas adyacentes. La contaminación a llegado a tal punto que la fauna íctica ha disminuido considerablemente y también presenta problemas de sedimentación y erosión en la barra, ocasionando dificultades en el intercambio gaseoso radicular y deficiencias en la asimilación de nutrientes, así como problemas en la regeneración natural (Sánchez *et al*, 1997).

En la Ciénaga del Totumo se ha generado un proceso de sucesión de bosque de manglar a vegetación glicófito por la instalación de una bocatoma que modificó el flujo de agua salada (Sánchez *et al*, 1997).

Por otro lado, es importante mencionar los esfuerzos realizados para disminuir el deterioro como en la barra estabilizadora comprendida entre Las Flores y el corregimiento La Playa, ciénaga de Mallorquín, donde se ha logrado la restauración de 75 ha de bosques de manglar y el enriquecimiento 70 ha (Casas, 2001), lo cual constituye un aporte para el mejoramiento de la calidad ambiental costera en esta zona.

1.3 CONCLUSIONES

- ▶ El departamento posee una de las mayores fuentes de materiales y elementos a los parámetros fisicoquímicos, mediante el Río Magdalena, la zona industrial y urbana de Barranquilla. Los mayores aportes se deben a los sólidos suspendidos, nutrientes inorgánicos disueltos y materia orgánica.
- ▶ Los resultados de los estudios microbiológicos realizados durante los años 1997 al 2001 indican que los cuerpos de agua que desembocan en la zona costera del departamento del Atlántico presentan una contaminación Media por Coliformes fecales presentando concentraciones entre 20 y 24000 NMP/100ml. Las mayores concentraciones se han presentado en las áreas de influencia a los vertimientos de aguas negras domésticas, residuales como la zona Industrial del río Magdalena, la Ciénaga de Mallorquín y de Balboa por la presencia de asentamientos humanos como son la urbanización las Flores y del sistema de tratamiento del puerto.
- ▶ El departamento del Atlántico presenta un impacto significativo sobre la calidad de las aguas marinas y costeras debido a los altos niveles de HDD que presenta. Por lo tanto se clasifica como zona de alto riesgo de contaminación. Mientras que se considera con bajo riesgo de contaminación por plaguicidas organoclorados por presentar niveles bajos.
- ▶ En la zona Costera del departamento del Atlántico, se reportan concentraciones de Cd en un rango de 1.8 a 2.4 $\mu\text{g Cd/l}$ y para el Pb desde 15.8 hasta 28.7 $\mu\text{g Pb/ml}$. Estos valores se encuentran dentro de los límites establecidos como No Contaminado y Contaminación Baja respectivamente, según los criterios que se exponen en la escala indicativa del grado de contaminación por metales pesados propuesta por Marín. Las concentraciones de Pb medidas durante este estudio mostraron incremento en comparación con estudios realizados anteriormente en la misma zona sin embargo, estos resultados no representan niveles de riesgos significativos para las zonas que han sido estudiadas. El Cr en todos los casos presentó valores por debajo del límite de detección experimental (menor de 2.3 $\mu\text{g Cr/ml}$).
- ▶ En el Atlántico se registra deterioro de los ecosistemas marinos y costeros por contaminación principalmente en las ciénagas de Mallorquín y Balboa. La polución proviene de Barranquilla, Puerto Colombia y el río Magdalena, problemática que requiere de un replanteamiento en

términos de ordenamiento urbano y servicios públicos. En cuanto a la contaminación que arrastra el río Magdalena, es una problemática que envuelve a la mitad del territorio nacional e involucra determinaciones del orden nacional.

2. BOLÍVAR

2.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Este departamento posee 3 municipios costeros: Santa Catalina, Cartagena y Turbana (Tabla 3), pero solamente se ubican en la costa Cartagena y el complejo industrial de Mamonal.

Tabla 3: Población y cobertura de alcantarillado de las principales poblaciones costeras del departamento de Bolívar.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN (hab.) 2001**	% ALCANTARILLADO*
Santa Catalina	Cabecera	5.372	0
Cartagena	Cabecera	738.490	60
Turbana	Cabecera	9.873	0

*Datos extraídos del Sistema de Información de Aguas y Saneamiento Básico (www.sias.gov.co)

**Datos proyectados en base al censo de 1993-DANE

El sistema de la bahía de Cartagena sufrió las primeras alteraciones significativas en el siglo XVII con la apertura del canal del Dique que comenzó a descargar agua dulce y materiales terrígenos a la bahía y transformó un ambiente netamente marino (con presencia de arrecifes de coral que desaparecieron poco después) en un ambiente estuarino. Más tarde, el desarrollo urbano, turístico e industrial de Cartagena originó una problemática compleja de contaminación, destrucción de hábitats y agotamiento de recursos, entre otros. En la actualidad se tienen problemas de anoxia en aguas subsuperficiales, empobrecimiento faunístico por debajo de los 10 m de profundidad y altos niveles de contaminación fecal y pro hidrocarburos, así como acumulaciones de mercurio en sedimentos y cadmio en organismos, además de acumulación de basuras sólidas (Garzón - Ferreira, 1998).

Las fuentes de contaminación de la bahía de Cartagena son: el Canal del Dique (sedimentación), el alcantarillado de Cartagena (materia orgánica, coliformes), sector industrial de Mamonal y zona comercial de El Bosque (vertimientos industriales, metales pesados), actividad marítima y portuaria (residuos oleosos e hidrocarburos) y lixiviados de basuras (materia orgánica). Como consecuencia de la actividad marítima y portuaria, aquí es donde se presentan las mayores concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos².

Los cuerpos de agua marinos y costeros de Cartagena sufren alta contaminación microbiológica como consecuencia de las descargas de aguas negras del alcantarillado sanitario, los emisarios de emergencia y los que se hacen en forma directa sin ningún tratamiento, de tal forma que la conjugación de las descargas y el régimen de circulación de corrientes favorecen la permanencia de coliformes en niveles no permisibles en algunos sectores turísticos como Castillo Grande y El Laguito³, notándose que la zona con mayor concentración de éstos microorganismos es el sur de la isla de Manzanillo en donde se encuentra ubicado el emisario submarino, encontrándose niveles entre 22 y 600.000 NMP/100ml durante cualquier época del año⁴.

² Garay, 1986 (Steer *et al*, 1997)

³ Garay, 1997 (Garay, 2001)

⁴ Blanco *et al.*, 1994 [8]

La ciénaga de la Virgen continúa siendo el destino final de muchos contaminantes, entre ellos los compuestos organoclorados aportados por arroyos, canales de alcantarillado y escorrentía de asentamientos humanos con alta presencia de basuras domésticas. Recibe un 40% de las aguas negras del municipio de Cartagena, lo cual se refleja en la aparición de metales pesados y altos contenidos de materia orgánica en sus aguas (INVEMAR, 2000). También presenta una marcada afectación de la pesca artesanal y de la construcción del anillo vial (IDEAM, 1998).

Los estuarios y lagunas de la bahía de Cartagena se ven afectados por los desechos industriales de Mamonal y la acumulación de basuras; de esta última aproximadamente el 40% va a la bahía y el 60% a la ciénaga de Tesca. En este sector se presentan fuertes impactos por el vertimiento directo de desechos⁵. Los estudios sobre metales llevados a cabo la bahía de Cartagena, han evidenciado la presencia de niveles de Hg de 7.67 ug/g, valor por encima de la norma permisible la cual es de 0.5 ug/g⁶. Lo anterior denota que aun persisten los problemas de contaminación generados hace ya 20 años por la fábrica de Cloro – Soda (Álcalis de Colombia) (Garay, 2001).

Los tensores más importantes en el Archipiélago del Rosario son la sedimentación proveniente del canal del Dique, contaminación por residuos sólidos y líquidos, daño físico a colonias por buceo deportivo, sobrepesca, elevación de la temperatura del agua y enfermedades⁷.

2.2 FISICOQUÍMICOS

Los muestreos realizados se ejecutaron por parte del CIOH y CARDIQUE. Información secundaria es reportada por DAMARENA que controla y regula los vertimientos en el distrito de Cartagena. Se tomaron una serie de estaciones en la bahía de Cartagena, la ciénaga de La Virgen y la zona costera del departamento de Bolívar hasta el límite con el Atlántico (figuras 21 a 25).

Se analizan datos históricos del departamento, tomados por el CIOH, así como parte de la información colectada durante este año.

2.3 BAHÍA DE CARTAGENA.

Debidos a algunos inconvenientes logísticos, la salida para la temporada seca no se pudo realizar en esta zona, sin embargo históricamente las medidas realizadas a este cuerpo de agua, indican entradas significativas de nutrientes desde el Canal de Dique, en estaciones cercanas a instalaciones industriales (Petroquímica Mamonal) y cerca de asentamientos humanos (Cerro de la Popa). Para el resto de las estaciones los registros históricos para los fisicoquímicos se encuentran en rangos considerados “normales”. Sin embargo las fuentes de agua continental que ingresan a la bahía constantemente, pueden causar acumulación excesiva de nutrientes y otras sustancia que puedan ser nocivas al sistema acuático, como es el caso de anoxias reportadas para el fondo de la columna de agua (Garay & Giraldo, 1997) (Figuras 93 a 96). Los valores de nitrógeno inorgánico estuvieron en el orden de 433 µg/l de N (en el Canal del Dique). Para el fósforo el valor más alto se encontró en la misma estación (105 µg/l). El patrón de circulación de las aguas en la bahía, es lento pero cambia con las temporadas climáticas de la región.

Históricamente la bahía de Cartagena ha recibido influencia de los vertimientos industriales de la ciudad, sin embargo se han podido lograr avances en este sentido por la separación de los alcantarillados industriales y domésticos de la ciudad.

⁵ Steer *et al*, 1997 (INVEMAR, 2000)

⁶ Camacho, 1997 (Garay, 2001)

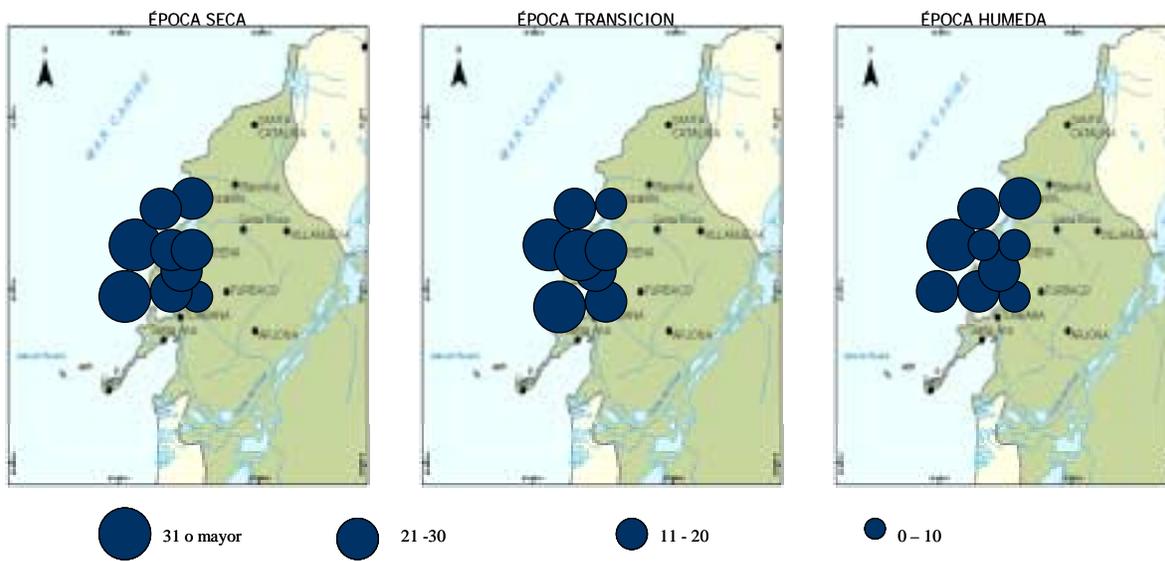
⁷ Cendales, 1999 (INVEMAR, 2000)

Debido al interés que las entidades ambientales del departamento han mostrado en la continuidad de los monitoreos en la bahía, se recomiendan acciones tendientes al control de los vertimientos que se hacen sobre este cuerpo de agua, de manera que se minimice el impacto y se sugiere se tomen nuevas estaciones en las salidas de la bahía al mar abierto, con el fin de evaluar la influencia del mar en la dilución de las aguas de la bahía afectadas por los vertimientos y labores portuarias de la zona.

2.4 CIÉNAGA DE LA VIRGEN.

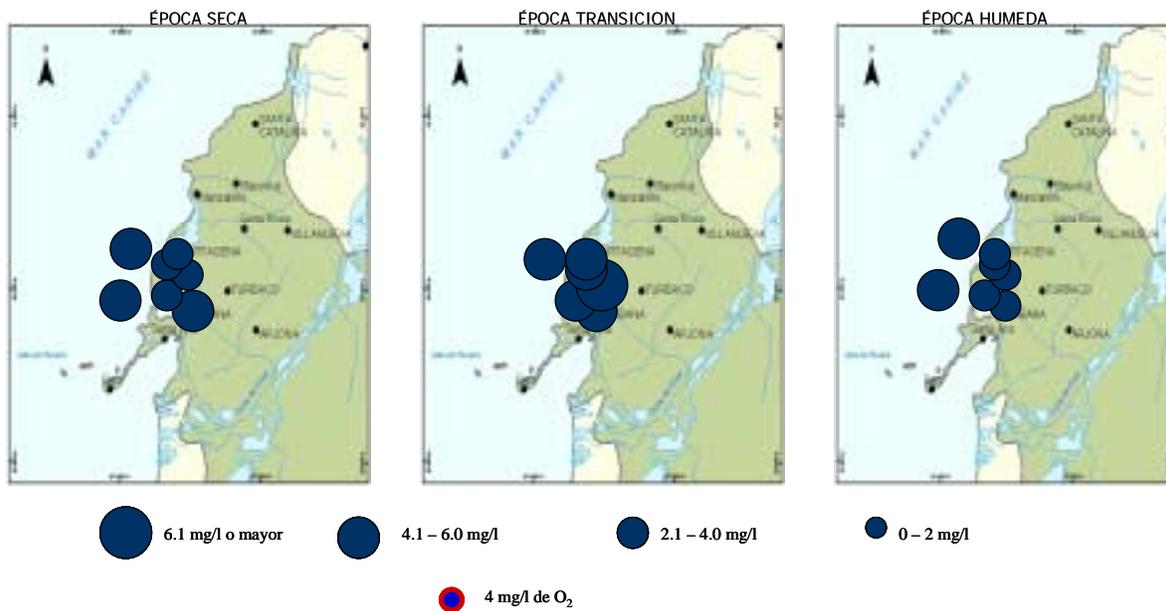
Para este cuerpo de agua, fueron muestreados cuatro estaciones que representan el ingreso de agua desde el mar, la circulación dentro de la ciénaga y la salida nuevamente al mar.

Se observa una reducción del oxígeno disuelto en la estación frente a la Boquilla (4.1 mg/l O_2), como consecuencia de la circulación que realiza el agua dentro del sistema, arrastrando de paso gran cantidad de materia orgánica y otros materiales.



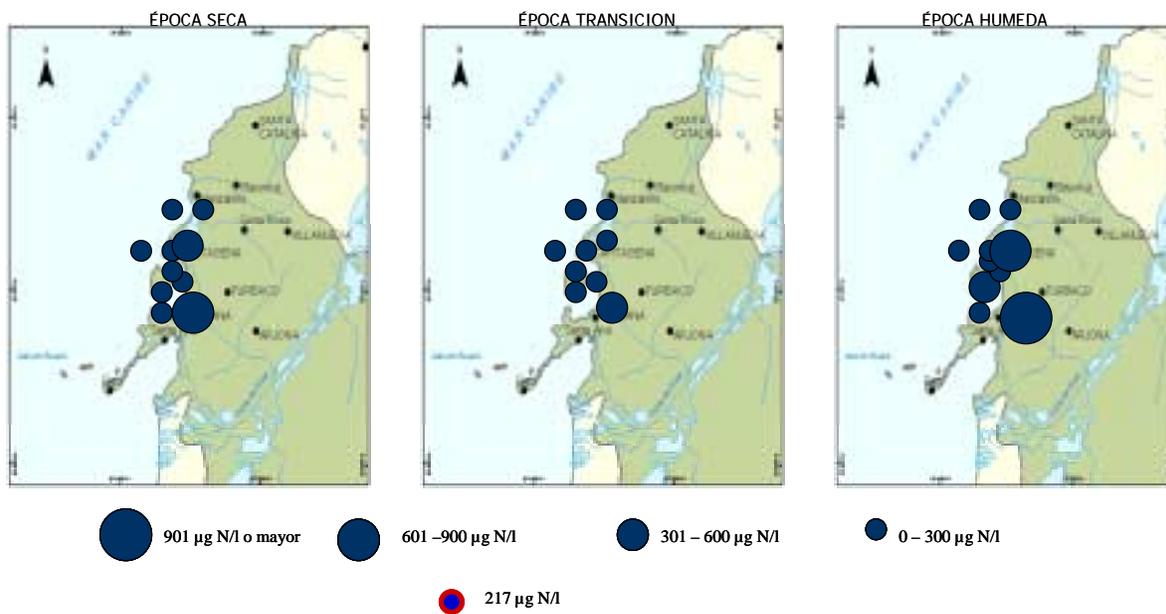
•Promedios históricos para las temporadas climáticas escogidas.

Figura 8. Distribución de la salinidad en la zona costera del departamento de Bolívar



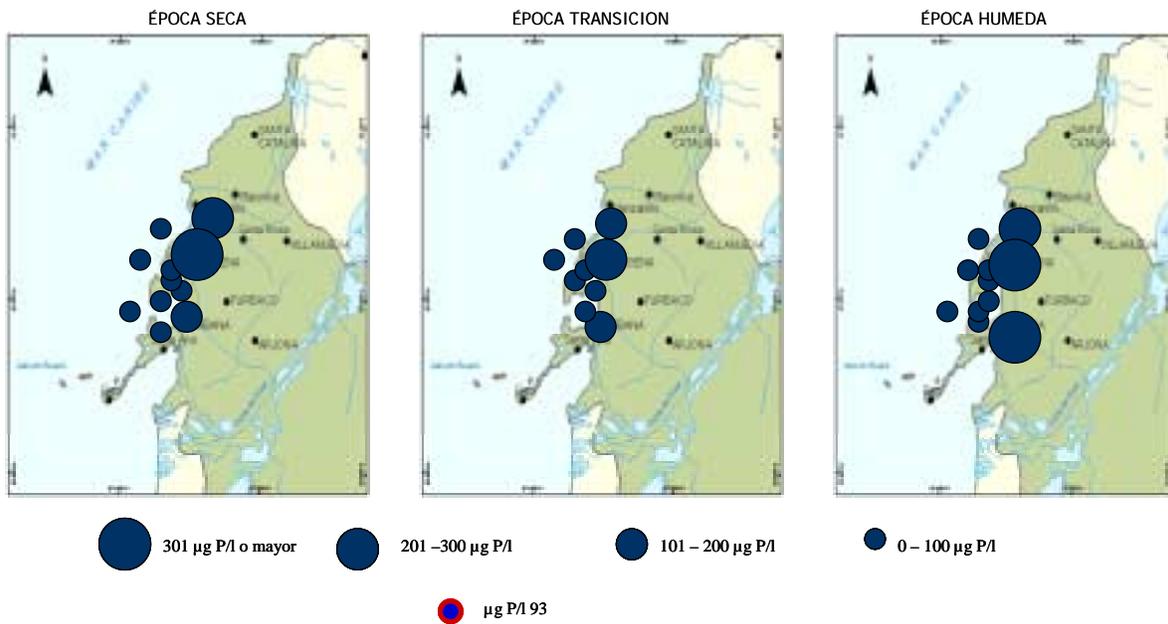
Promedios históricos para las temporadas climáticas escogidas.

Figura 9. Distribución del oxígeno disuelto en la zona costera del departamento de Bolívar



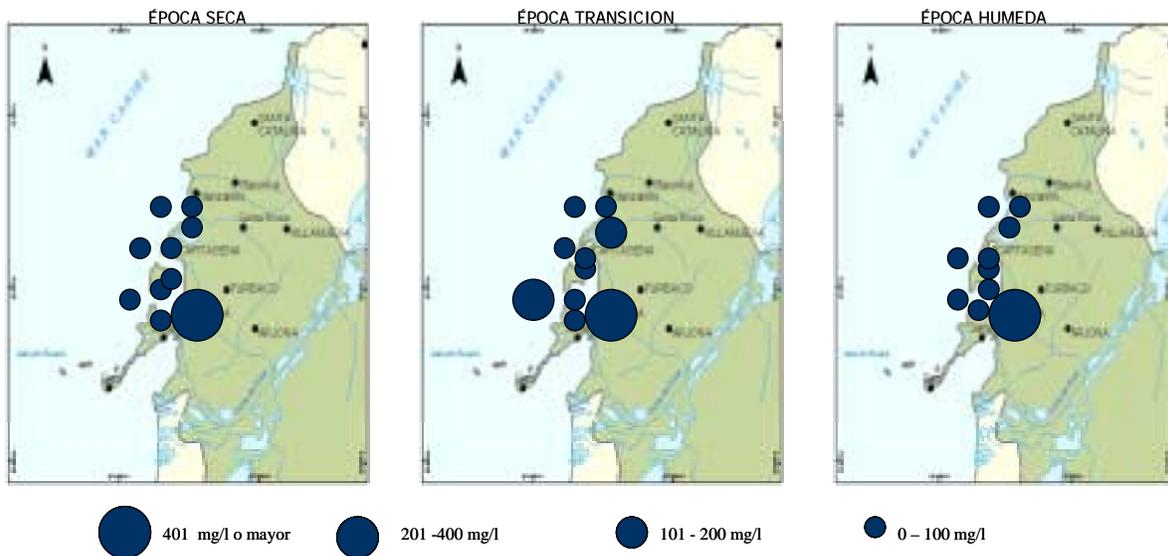
Promedios históricos para las temporadas climáticas escogidas.

Figura 10: Distribución del nitrógeno inorgánico disuelto ($\mu\text{g/l}$) en la zona costera del departamento de Bolívar



Promedios históricos para las temporadas climáticas escogidas.

Figura 11: Distribución del fósforo inorgánico disuelto ($\mu\text{g/l}$) en la zona costera del departamento de Bolívar



Promedios históricos para las temporadas climáticas escogidas.

Figura 12: Distribución de los sólidos suspendidos (mg/l) en la zona costera del departamento de Bolívar

En este sistema han registrado muerte masiva de peces, como consecuencias de condiciones hipóxicas del agua, durante los períodos de transición climática (meses de mayo a agosto), cuando la temperatura se incrementa durante el día y la circulación de las masas disminuye drásticamente. La no circulación de las aguas causa acumulación de materia orgánica, que se descompone rápidamente por las altas temperaturas y los procesos microbianos

La temperatura del agua en este sistema lagunar han llegado hasta 36.6 °C (16 de julio de 1996), lo que indica niveles altos de radiación solar incidente y poca movilidad de las masas de agua. Para el presente año los muestreos realizados indican que esta variable no superó los 32 °C, como consecuencia de mejor dinámica de sus aguas que también favorecen la dispersión y dilución de los efluentes que llegan a la ciénaga.

Históricamente los registros para la ciénaga han mostrado valores característicos entre 30 y 35 de salinidad; entre 20 y 400 µg/l de fósforo (como ortofosfatos - PO₄; ACUACAR, 1997); entre 257 y 507 µg/l de nitrógeno inorgánico; entre 5 y 6.5 mg/l de oxígeno disuelto; valores de pH desde 8.1 hasta 10.6 (en septiembre del 1996; CIOH, 1997).

2.5 ISLAS DEL ROSARIO.

La salinidad de esta agua alrededor de las islas estuvo por encima de 30 durante los muestreos realizados durante el presente año (dos muestreos realizados en mayo y octubre) Las condiciones de las aguas marinas de esta zona indican altos valores de oxígeno disuelto (por encima de 10 mg/l) en la época de lluvias y no inferior a 5 mg/l en la temporada de seca. Los nutrientes inorgánicos del nitrógeno y fósforo son bajos (el máximo fue de 132 µg N/l y para el fósforo de 286 µg P/l, ambas en la temporada de lluvia). Estas variables indican la condición oceánica de esta aguas y el poco impacto que tuvieron los vertimientos continentales en esta zona, para el año en curso.

Debido a la poca información actualizada sobre la manera como se dispone de aguas servidas en estas islas, se recomienda realizar visitas para conocer los destinos de los residuos sólidos y líquidos de las viviendas allí ubicadas.

2.6 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

2.6.1 Bahía de Cartagena

Para realizar una descripción de la evolución que ha tenido la contaminación microbiológica en esta zona se ha tomado la información de los años 1996, 1997 y 2001 (Tabla 4). El análisis de tendencia mostró que para 1996 las concentraciones oscilaron entre 230 NMP/100ml y 3100000 NMP/100ml, mientras que para 1997, los rangos se encontraron entre 3 y 24000 NMP/100ml. A partir de esta fecha hasta marzo del año 2001 no se cuenta con datos microbiológicos obtenidos por la misma técnica que se manejó en el presente estudio. Durante el año 2001 las concentraciones fluctuaron entre 3 y 2400 NMP/100ml. Notándose que en promedio, los niveles de los dos primeros años, sobrepasaron los límites permisibles (Figuras 97, 98 y 100 y Tabla 4. Los niveles más altos se registraron en la época seca del año 1996.

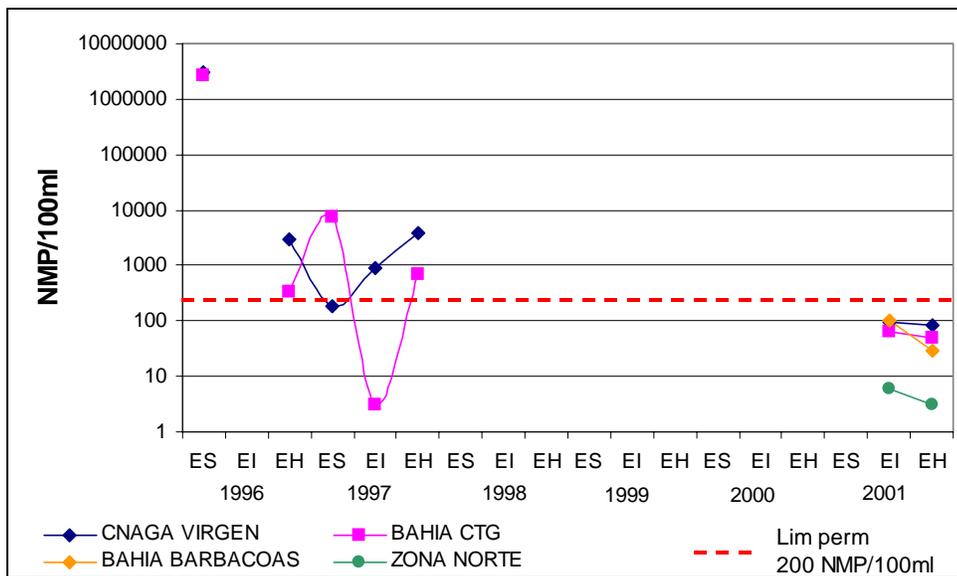


Figura 13. Tendencia de coliformes fecales para los años 1996-2001 en el departamento de Bolívar

Tabla 4. Información microbiológica en la zona costera del departamento de Bolívar

Código	Estacion	datos	promedio	desviacion	rango	periodo	
BAHIA DE CARTAGENA							
C1300BDC001	Canal del Dique	7	343281	906928	3-2400000	1996,1997,2001	
C1300BDC002	2 - Bahía de Cartagena - Desembocadura Canal del Dique	8	387996	1095815	3-3100000		
C1300BDC008	008 Bahía de Cartagena	12	3054	4632	150-12400		
C1300BDC012	Boya de Señalización N° 6 Astillero Naval - Costemar	8	985	2142	1570635		
C1300BDC013	Frente a Corelica	14	3759	4360	93-12400		
C1300BDC014	Entrada al Polvorín	2	83	95	15-150		
C1300BDC016	Boya Roja - Escollera Submarina	6	243	476	0-1200		
C1300BDC017	017 Bahía de Cartagena	4	2565	3951	130-8400		
C1300BDC019	Frente al Emisario de Acucar - ENAP	2	9	0	9--9		
C1300BDC020	Boya Verde N° 41	6	5906	9328	93-23600		
C1300BDC021	021 Bahía de Cartagena	12	7100	7415	1100-24400		
C1300BDC023	23 - Bahía de Cartagena - Boya roja No. 50 - Frente al Muelle C	2	1202	1694	4--2400		
C1300BDC024	Segunda Punta de Isla Tierra Bomba	2	6	4	3..6		
C1300BDC025	25 - Boya 1 Entre Isla Tierra Bomba y continente * Pendiente d	1	4		4		
CIENAGA DE LA VIRGEN							
C1300CDV003	Sur de la Pantalla de la Bocana	5	540994	1206923	3-2700000	1996,1997,2001	
C1300CDV004	Norte de la Pantalla de la Bocana	5	681654	1519603	36-3400000		
C1300CDV005	5 = Mar Caribe - Playa de Manzanillo del Mar	1			menor de 3		
C1300CDV006	6 - Cienaga- Frente a la Boquilla	1			150		
C1300CDV007	7 - Mar Caribe - Playas de la Boquilla	1			36		
C1300CDV008	8 - Mar Caribe - Salida de la Bocana	1			91		
C1300CDV009	9 - Cienaga- Norte de la pantalla de Bocana	1			30		
C1300CDV010	10 - Cienaga- Sur de la pantalla de Bocana	1			290		
C1300CDV011	11 - Mar Caribe - Playas de Crespo	1			91		
C1300CDV013	13 - Mar Caribe - Playas de Marbella	1			36		
C1300CDV014	14 - Mar Caribe - Playas de Bocagrande	1			<30		
C1300CDV05A	05A CDV	5	624415	1383907	36-3100000		
C1300CDV06A	06A CDV	4	505	739	30-1600		
C1300CDV07B	07B CDV	4	400363	799758	91-1600000		
C1300CDV010	10 - Cienaga- Sur de la pantalla de Bocana	1			290		
C1300CDV011	11 - Mar Caribe - Playas de Crespo	1			91		
C1300CDV013	13 - Mar Caribe - Playas de Marbella	1			36		
C1300CDV014	14 - Mar Caribe - Playas de Bocagrande	1			<30		
C1300CDV05A	05A CDV	5	624415	1383907	36-3100000		
C1300CDV06A	06A CDV	4	505	739	30-1600		
C1300CDV07B	07B CDV	4	400363	799758	91-1600000		
GALERAZAMBA							
C1300GMM001	Frente al Faro de Galerazamb	1			9		2001
C1300GMM002	Frente a Isla Arena	1			4		
C1300GMM003	Balneario Boca Canoa	1			<3		
C1300GMM004	Frente a Ceniagua	1			7		
C1300GZN001	1 = Mar Caribe - Frente al faro de Galerazamba	1			<3		
C1300GZN002	2 = Mar Caribe - Frente a Isla Arena	1					
C1300GZN003	3 = Mar Caribe - Balneario boca Canoa (Hotel Sol Cartagena)	1			<3		
ISLA DEL ROSARIO							
C1300IRB001	Isla Grande frente al Hotel	1			11	2001	
C1300IRB001	1 - Islas del Rosario, Isla Grande Frente al Hotel Isla del Pirata	1			<3		
C1300IRB002	Isla Barú - Sector Estancia	2	125	163	9-240		
C1300IRB003	3 - Desembocadura Caño Lequerica	2	86	90	23-150		
C1300IRB004	Caño Lequerica 1 km aguas arriba	2	160	185	28-290		
C1300IRB005	5 - Desembocadura Caño Matunilla	2	98	76	43-150		
C1300IRB006	Desembocadura Arroyo Plata	2	21	25	3--39		
C1300IRB007	7 - Desembocadura Caño Correa	2	13	12	4--21		
C1300IRB008	Banco de Coral frente a Isla	2	3	0	3--3		
C1300IRB009	Caño Ratón	2	125	104	3-150		

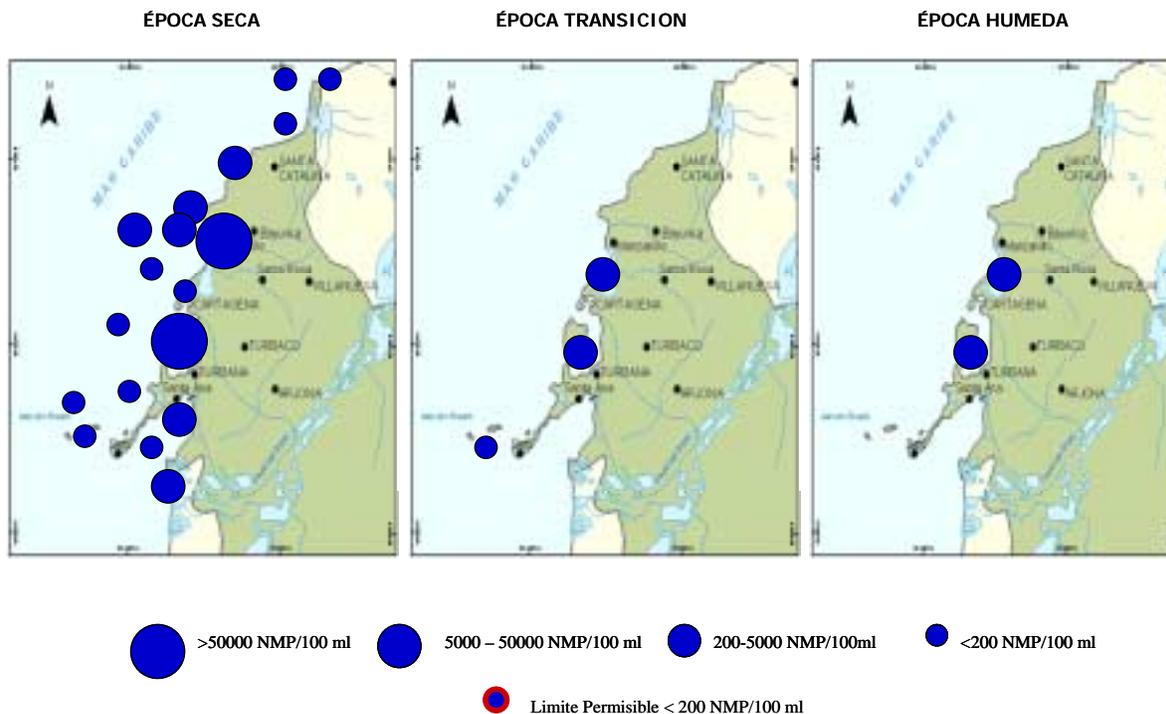


Figura 14. Distribución de coliformes fecales (NMP/100 ml) en la zona costera del departamento de Bolívar. Datos promedio de los años 1996, 1997 y 2001

Según la escala conceptual, durante el año 1996, tanto en la época seca, como en la húmeda, el 0% de las muestras se encontraron dentro de los límites permisibles, ubicándose como una zona de CONTAMINACIÓN ALTA (Figura 14); posiblemente por la recirculación de las aguas de la Bahía que se ven influenciadas por las descargas del Canal del Dique y por las aguas lluvias. Figura 3

Para 1997 durante la temporada seca el 1% de las muestras (Figura 15) están dentro de los límites permisibles, manteniéndose los rangos de contaminación ALTA, para la temporada intermedia el 50% de las muestras se ubicaron dentro de los límites, manejándose una contaminación MEDIA, la temporada húmeda registró valores de coliformes del 31%. Para el año 2001 la época intermedia reveló que el 50% de las muestras se encontraron entre los límites permisibles, mostrando rangos que determinan una contaminación MEDIA; para la época húmeda el 100% se mantuvo entro de los límites permisibles, con lo que se nota un nivel de riesgo mínimo.

Los datos históricos evidencian que la Bahía de Cartagena ha mantenido una contaminación Alta, y aunque en el año 2001 la contaminación disminuyó, las características de esta zona sugieren la persistencia de la contaminación microbiológica en niveles elevados.



Figura 15. Niveles de Riesgo de Contaminación Microbiológica para la zona costera del departamento de Bolívar durante los años 1996, 1997 y 2001.

Para el 2001 en la época intermedia, las estaciones que muestran mayor concentración de coliformes fecales en la Bahía de Cartagena son La Boya Roja de señalización - CORELCA y la Boya Roja ubicada frente al Muelle Oceanográfico - Base Naval. Figura 4. Cuyos niveles se encuentran por encima de los límites permisibles. Para el mismo año, durante la época húmeda la estación que presentó los niveles más altos de coliformes fue el Canal del Dique, sin sobrepasar los límites permisibles. Figura 4

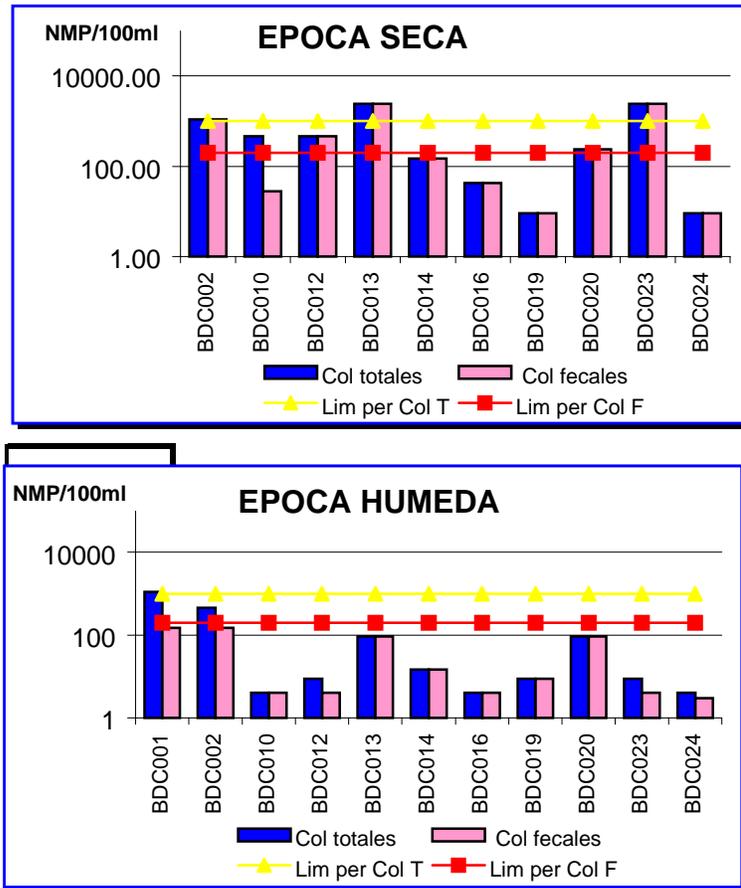


Figura 16. Niveles de coliformes totales y fecales. Límites permisibles establecidos por la legislación Colombiana. Bahía de Cartagena, 2001.

2.6.2 Ciénaga de la Virgen

Se presentan valores para el año 1996 entre 30 NMP/100ml y 340000 NMP/100ml. Los rangos que se presentaron el año 1997 fueron entre 3 y 6800 NMP/100ml. En el año 2001 los valores oscilaron entre 3 y 300 NMP/100ml. Figura 1, 2 y 4. Tabla 1. los valores más altos se registraron en la época seca de 1996.

De acuerdo con la escala indicativa de los niveles de riesgo, se notó que en 1996, el 0% de las muestras de la temporada seca se encontraron dentro de los límites permisibles, colocándola dentro de la escala como una zona de contaminación ALTA; para la temporada húmeda el 57% de las muestras se ubicaron dentro de los límites, y en la escala con una contaminación MEDIA. En la temporada seca del año 1997 se muestra que el 86% de las muestras se encuentran dentro de los límites permisibles, que al ubicarla dentro de la escala de valores no se encuentra contaminada. La temporada Húmeda del mismo año presentó un 0%, pasando a rangos de contaminación ALTA.

Para el análisis del año 2001, la temporada seca manifiesta que el 77% de las muestras se encuentran dentro de los límites permisibles, ubicando a la Ciénaga dentro de los rangos de

Contaminación Baja y para la época húmeda el 89% de las muestras, presentó niveles permisibles. Figura 3

Para el año 2001, durante la época seca las estaciones que presentaron las concentraciones más altas fueron Frente a la Boquilla y en el mar Caribe, Frente a las playas de Marbella, y para la época húmeda, el sur de la pantalla de la Bocana.

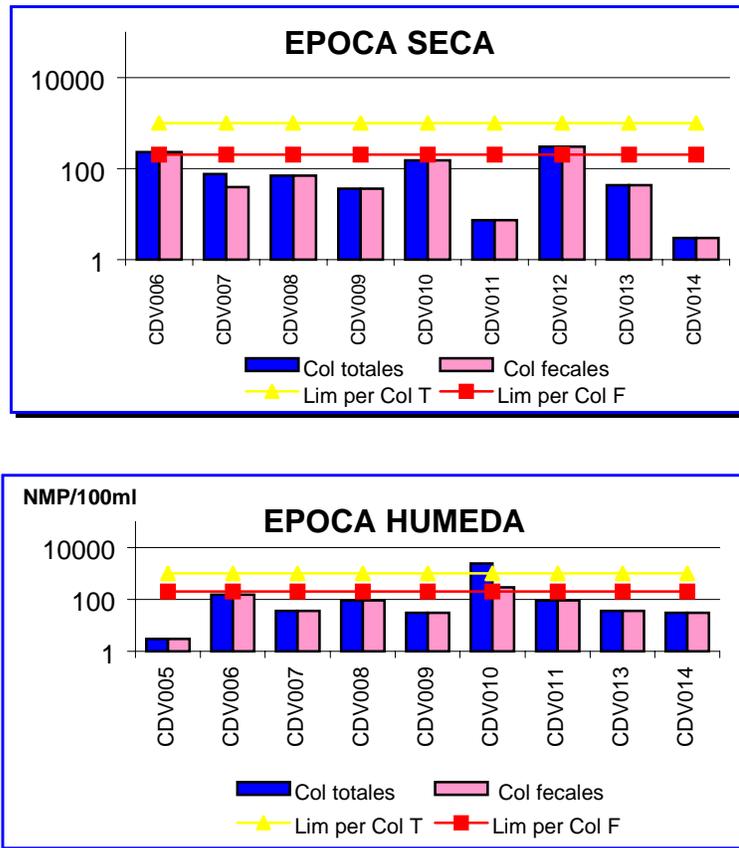


Figura 17. Niveles de Coliformes totales y fecales. Límites permisibles establecidos por la legislación Colombiana. Ciénaga la Virgen-2001.

La zona de la Bahía de Barbacoas presentó durante la época intermedia del año 2001, valores entre 3 y 290, con un promedio de 101 NMP/100ml. Para la época húmeda los rangos estuvieron entre 3 y 150, con un promedio de 29 NMP/100ml. En promedio, los valores de coliformes de esta zona, se mantienen dentro de los límites permisibles.

La zona Norte del departamento, reveló rangos entre 3 y 9 con un promedio de 6 NMP/100ml, para la época intermedia mientras que para la época húmeda, los valores estuvieron en 3, con un promedio de 3, sin sobrepasar durante todo el año, los límites permisibles.

2.7 HIDROCARBUROS Y PLAGUICIDAS

Los niveles de residuos de plaguicidas organoclorados (OC) para el departamento de Bolívar en las distintas épocas para el 2001, se presenta en la Figura 18. Para la época seca se presenta un valor entre los 10 a 30 ng/l presentándose los mayores valores en la ciénaga de la Virgen. En la época de transición este valor se reduce a un rango entre los 3 a 10 ng/l y aumenta nuevamente al rango de 10 a 30ng/l para la época húmeda. Se considera este departamento como zona de riesgo Medio de contaminación por residuos de plaguicidas, debido la actividad industrial de la zona y al aporte del canal del Dique. A lo largo de la franja costera del departamento se aprecia que la contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados se centraliza mayormente en el sector de Cartagena, concretamente en la ciénaga de la Virgen, donde históricamente se ha documentado impacto por agroquímicos.

Los niveles de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD), se presentan en la Figura 19. Los niveles encontrados durante la época seca varían en el rango entre 1 y 5 ug/l para la bahía de Cartagena. En la época de transición se presentan valores medios y altos correspondientes a la bahía de Cartagena debido al movimiento de buques, al canal del Dique y al vertimiento de los residuos industriales del sector de Mamonal. Igual comportamiento se presenta en la época húmeda. Se advierten valores moderadamente riesgosos en islas del Rosario, en las épocas de transición y humedad que amerita su vigilancia presente y futura, considerando la importancia ecológica de este sector insular del departamento. En general, la mayoría de los valores sobrepasa el valor máximo permisible de 10 ug/l (UNESCO, 1974) , durante las tres épocas del año y los mayores valores se presentan en la zona de Cartagena y del canal del Dique, lo que permite clasificar este departamento como de MEDIO y ALTO riesgo de contaminación por HDD.

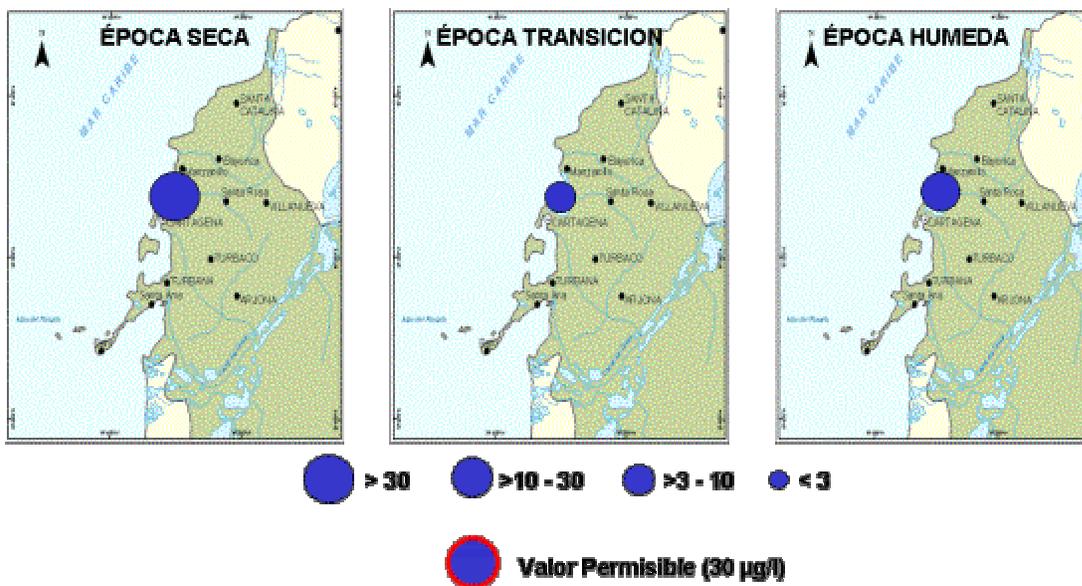


Figura 18. Niveles en ng/l de residuos de plaguicidas organoclorados en la zona costera del departamento de Bolívar durante 1985-2001.

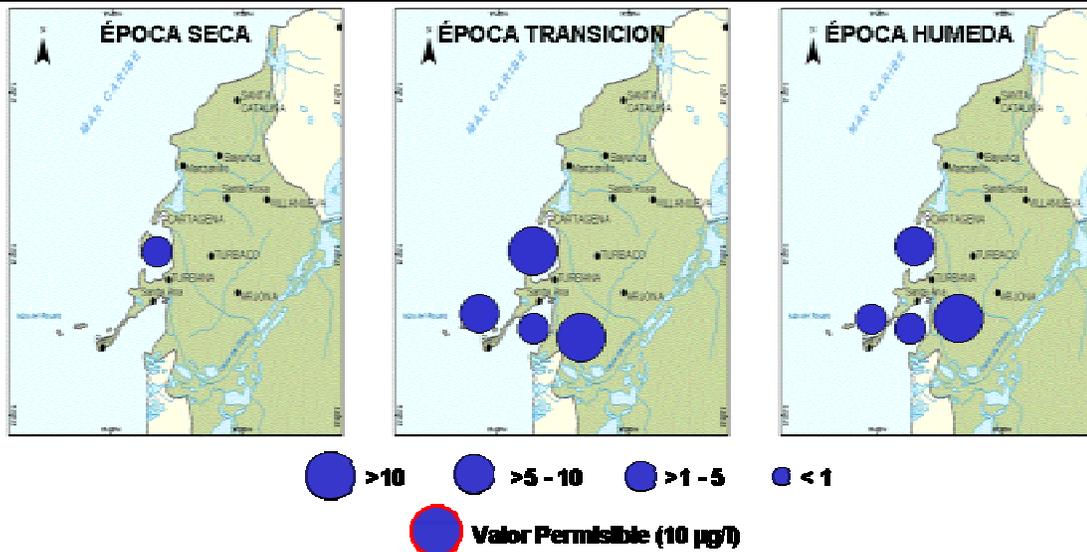


Figura 19. Niveles en ug/l de hidrocarburos disueltos y dispersos en la zona costera del departamento de Bolívar durante 1985-2001.

2.8 METALES PESADOS

Sobre este área, se dio inicio a los primeros estudios de contaminación con metales pesados cuando se evidenció contaminación metálica sobre la bahía, debido a la existencia de la fabrica de Cloro-Soda que empleaba de manera indiscriminada el Hg como cátodo en la electrólisis para producción de Cloro, los residuos finalmente eran descargados al mar (Guerrero *et al.*, 1980).

Esta problemática de contaminación, conllevó a la ejecución de diversos proyectos enfocados básicamente al " Estudio de la contaminación por metales pesados en la Bahía de Cartagena". Estos estudios revelaron la persistencia de la contaminación metálica en el área. Los metales analizados (Cd, Cu, Cr, Pb, Hg, Zn, entre otros) tanto en muestras de sedimentos y aguas, se han encontrado en altas concentraciones en algunas áreas sobre todo las comprendidas dentro de la Bahía interna y frente a la zona industrial de Mamonal. De todos estos elementos analizados, el Cd es uno de los contaminantes que ha despertado interés puesto que se ha encontrado en niveles superiores a los publicados como niveles de concentración natural.

Entre 1978 y 1979 se llevó a cabo el proyecto "Bahía de Cartagena" con el fin de determinar las características climaticas marinas y continentales que afectaban los aspectos dinamicos, quimicos y sedimentologicos de la bahía. Para deterinar las características quimicas, se realizaron entre otros, mediciones de metales (Cu, Fe, Hg y Zn) en la columna de agua. Los resultados mostraron que los metales Cd,y Hg tenian una variacion estacional, alcanzando sus maximas concentraciones duarnte la epoca seca (Tabla 8), identificandose como principales focos de contaminacion la Zona Industrial de mamonal y del Canal del Dique. Para el Zn se observaron las maximas concentraciones durante la epoca seca (Tabla).

Tabla 5. Máximas concentraciones de metales pesados en la columna de agua de la Bahía de Cartagena durante 1978-1979, niveles normales y valores máximos permisibles (Tomado de Plagiardini *et al.*, 1982).

Epoca	Cu	Fe	Hg	Zn
Seca	0.051-0.666	>0.5	1.4-2.0	0.5-0.6
Lluviosa	0.008-0.01	>0.2	1.18-1.44	0.08-0.11
Nivel Norma	0.0003	----	0.1-0.3	0.02
Conc. Maxima. Permissible	0.05	0.3	----	----

De otro lado, dentro del proyecto "Estudio de la Contaminación de por metales en la Bahía de Cartagena" desarrollado por el departamento de Química de la Universidad Nacional, se realizaron diversos trabajos como el de Marciales y Duarte (1988). En este estudio se realizaron mediciones de Cd, Cu, Cr Pb y Zn en sedimentos que fueron colectados bimensualmente en una red de nueve estaciones. Los resultados muestran que las mayores concentraciones de los metales analizados se presentaron en las estaciones cercanas a la Bahía Interna, frente a la zona Industrial de Mamonal. Entre estos metales, las concentraciones de Cd generaron interés puesto que superaron el valor propuesto por Simpson (2 µg/g) como normal para sedimento (Tabla).

Tabla 6. Concentraciones máximas y mínimas de metales en sedientos colectados de nueve estaciones de la Bahía de Cartagena y comparación con la estación control (Marciales y Duarte, 1988).

	Cd	Cu	Cr	Pb	Zn
Estaciones (x)	0.1-2.6	8.8-95.6	16.4-80.6	2.8-97.5	64.4-368
Estación control	0.2	4.3	11.3	1.2	42.9

Entre los estudios mas recientes para este ecosistema se encuentra el de Alonso y Pineda (1997) sobre "Bioacumulación y biomanificación de mercurio en dos especies ícticas de diferente nivel trófico en la Bahía de Cartagena y la Ciénaga Grande de Santa Marta". Durante el estudio se analizó paralelamente el contenido de Hg en sedimentos de la Bahía de Cartagena. Los resultados mostraron que aunque la contaminación como tal ha minimizado durante los últimos años, aun persisten niveles significativos para este contaminante (Tabla).

Tabla 7. Rango de las concentraciones de Mercurio (µg/g_{ps}) medidas en sedimentos de la Bahía de Cartagena, entre marzo y noviembre de 1996 (modificado de Alonso y Pineda, 1997)

Mes de Muestreo	Rango
Marzo	0.174-10.3
Mayo	1.113-6.93
Agosto	0.159-7.42
Noviembre	0.094-6.03

En las tablas 30 a 32 se muestran los resultados de los análisis del monitoreo del 2001. Los datos han sido agrupados por zonas para dar una mejor interpretación de los mismos.

Tabla 8. Concentraciones promedio de Cr, Cd y Pb ($\mu\text{g/l}$), rango, desviación estándar (SD) y Coeficiente de Variación (CV%) en aguas de la Bahía de Barbacoas, septiembre del 2001

	Cr ($\mu\text{g/l}$)	Cd ($\mu\text{g/l}$)	Pb ($\mu\text{g/l}$)
Promedio	0.1	3.2	87.2
Rango	0.9-1.1	2.9-3.6	71-95.2
SD	0.0002	0.0004	0.011
CV(%)	18	11	12
Nº de Datos	2	4	4

Tabla 9. Concentraciones promedio de Cr, Cd y Pb ($\mu\text{g/l}$), rango, desviación estándar (SD) y Coeficiente de Variación (CV%) en aguas de la Bahía de Cartagena, mayo del 2001.

	Cr ($\mu\text{g/ml}$)	Cd ($\mu\text{g/ml}$)	Pb ($\mu\text{g/ml}$)
Promedio	< LD	5.0	117
Rango	-----	3.4-7.4	95.5-169.5
SD	-----	0.0016	0.0269
CV(%)	-----	32	15
Nº de Datos	-----	6	6

Tabla 10. Concentraciones promedio de Cr, Cd y Pb ($\mu\text{g/ml}$), rango, desviación estándar (SD) y Coeficiente de Variación (CV%) en aguas de la Ciénaga La Virgen, mayo del 2001.

	Cr ($\mu\text{g/ml}$)	Cd ($\mu\text{g/ml}$)	Pb ($\mu\text{g/ml}$)
Promedio	< LD	2.8	82
Rango	-----	2.6-2.9	62.2-95
SD	-----	0.0002	0.0144
CV(%)	-----	6	17
Nº de Datos	-----	5	5

Para la franja costera del departamento de Bolívar se hallaron concentraciones promedio de 0.1 $\mu\text{g Cr/l}$, 3.2 $\mu\text{g Cd/l}$ y 87.2 $\mu\text{g Pb/l}$ en la Bahía de Barbacoas (Zona I); de 5.0 $\mu\text{g Cd}$ y 117 $\mu\text{g Pb/l}$ para la Bahía de Cartagena (Zona II) y de 2.8 $\mu\text{g Cd/l}$ y 82 $\mu\text{g Pb/l}$ en la Ciénaga La Virgen (Zona III). Las concentraciones de Cr en las estaciones de la Ciénaga de la Virgen y la Bahía de Cartagena fueron en todos los casos menores del límite de detección.

En general, los rangos de concentración para estas tres zonas variaron entre 2.6 y 7.4 $\mu\text{g/l}$ para Cd y desde 62.2 hasta 169.5 $\mu\text{g/l}$ para el Pb en las zonas III y II respectivamente (Tablas). Para el Cr solo se reportan valores promedios en la Bahía de Barbacoas (Zona I) y el cual fué de 0.1 $\mu\text{g/l}$.

Al hacer un análisis de la distribución de estos contaminantes en el área de estudio, se observa que entre zonas de muestreo las concentraciones medidas para Cd y Pb en la Bahía de Cartagena (zona II) son relativamente mayores que los valores promedios reportados para las otras zonas (figuras). Dado que los resultados para estos dos metales corresponde a un (1) muestreo, no se pudo observar su comportamiento a través de las diferentes épocas.

De igual manera, se presenta el diagnóstico de la contaminación por metales pesados a partir de la información primaria obtenida durante este estudio tomando como referencia los rangos de contaminación establecidos para estos metales en la escala de valoración conceptual, propuesta por Marín. Según la escala, los resultados del monitoreo llevado a cabo durante 2001 en las zonas antes mencionadas las concentraciones de Cr se mantienen en el rango de No Contaminación. El Cd y el Pb, varían desde el rango determinado para Contaminación Baja y Contaminación Media. Este comportamiento se ha observado en la totalidad de las estaciones con independencia de la Zona a que pertenezcan.

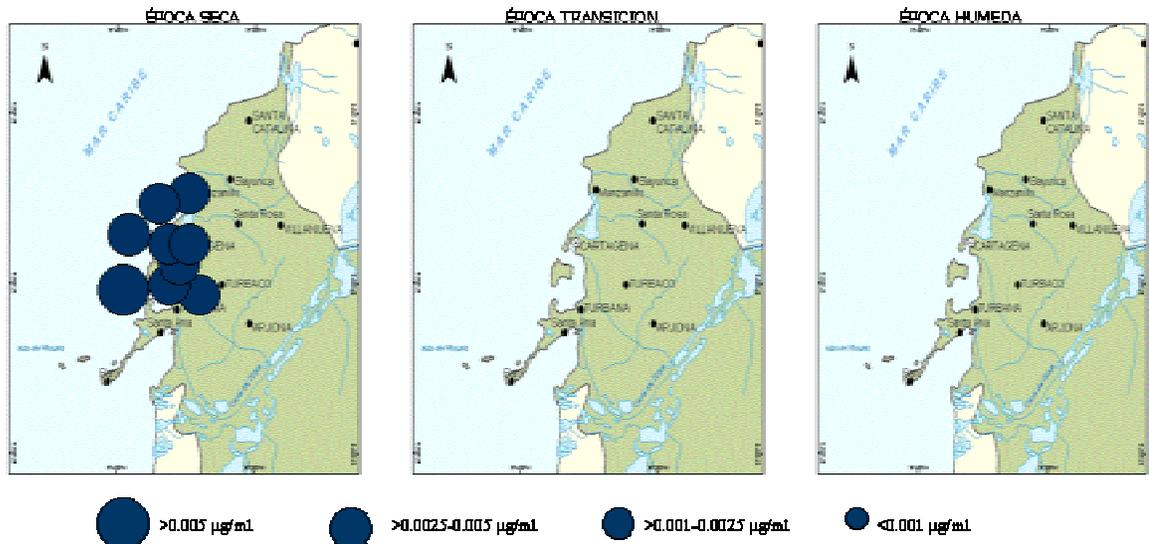


Figura 20. Distribución de Cd ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del departamento de Bolívar.

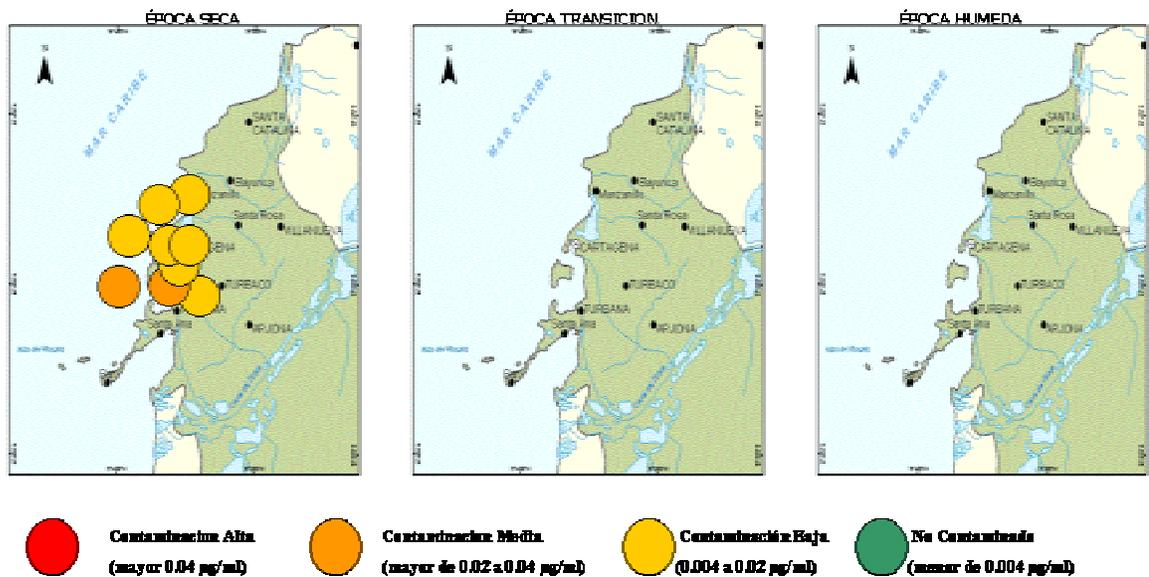


Figura 21. Valoración de la contaminación con Cd ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del departamento de Bolívar.

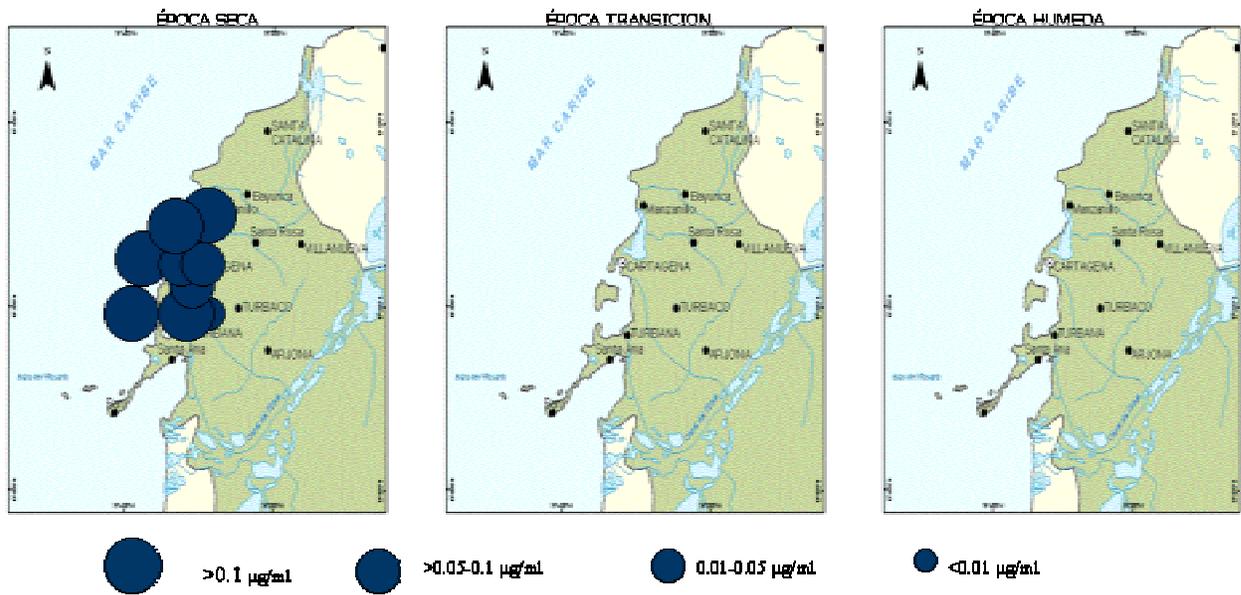


Figura 22. Distribución de Pb en la zona costera del departamento de Bolívar.

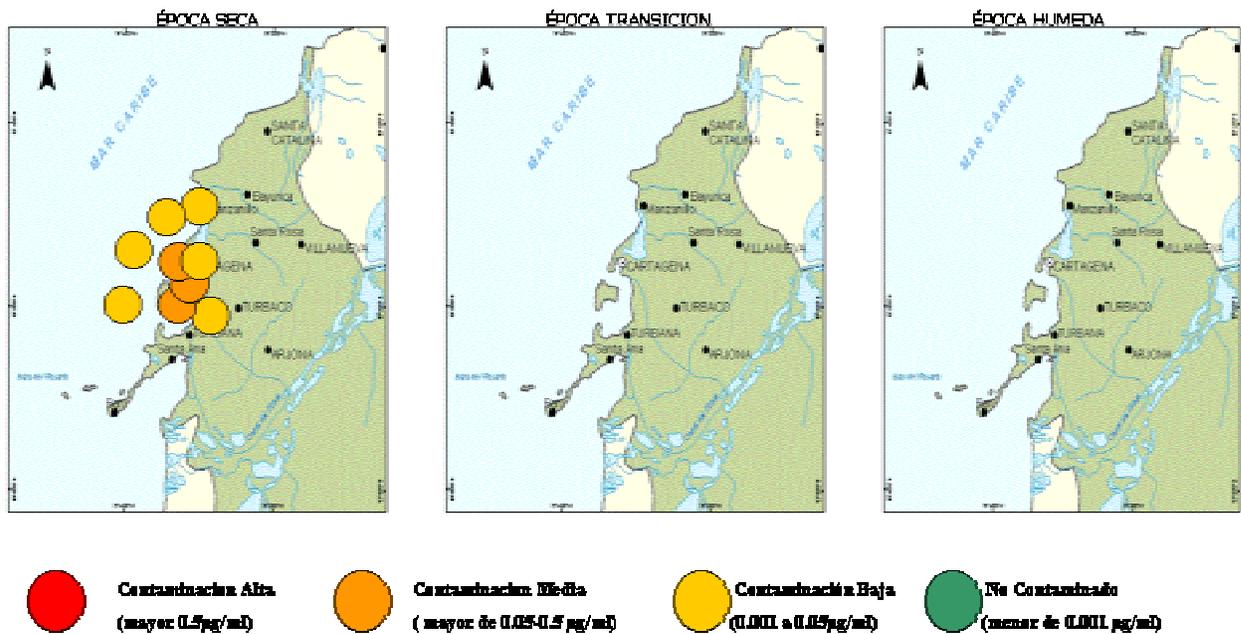


Figura 23. Valoración de la contaminación con Pb en la zona costera del departamento de Bolívar.

2.9 ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

La costa de Bolívar se puede dividir en cuatro zonas de acuerdo con su geomorfología, hidrología y desarrollo urbano: la zona norte, el área de Cartagena, la zona del canal del Dique y el Archipiélago de islas del Rosario.

Aquí se encuentran todos los tipos de ecosistemas marinos y costeros tropicales, ocupando áreas considerables y con buen desarrollo.



Figura 24. Ecosistemas marinos y costeros del departamento de Bolívar. Áreas afectadas por la contaminación.

Entre las playas sobresalen las de arenas finas que se encuentran en la Bahía de Cartagena desde Bocagrande hasta Castillo Grande (Sánchez *et al*, 1997) que han sido uno de los principales ganchos turísticos de la ciudad.

En Punta Canoa se presentan litorales rocosos, pero carecen de comunidades biológicas bien zonificadas permanentes. En la parte occidental de Tierra Bomba y en algunas zonas de las islas

costeras existe litoral rocoso calcáreo biogénico (INVEMAR, 2000) originado a partir de antiguos arrecifes levantados durante el pleistoceno por glacioeustatismo⁸.

2.9.3 Manglares, estuarios y lagunas costeras

En la actualidad, los bosques de manglar del departamento cuentan con una extensión de 5.713 ha y pueden agruparse en cuatro zonas con características y problemáticas diferentes: 1) la zona norte, 2) Bahía de Cartagena y Ciénaga de Tesca, 3) Barú e islas del Rosario y 4) delta del Canal del Dique y Barbacoas.

Al norte se ubican pequeñas áreas de mangle en algunas ciénagas (Arroyo Grande, Medio y Colorados) que han perdido comunicación con el mar y por lo tanto se encuentran en proceso de sucesión a sistemas dominados por vegetación de agua dulce (glicófitos) (INVEMAR, 2000).

Los manglares que enfrentan la problemática más severa en el departamento de Bolívar son aquellos localizados en el área de Cartagena y la ciénaga de Tesca. La mayoría de los manglares del área urbana de Cartagena se han destruido, aunque hacia el suroeste la cobertura tiene tendencia al aumento. La contaminación es un factor determinante, pues es común observar las raíces de los árboles de mangle casi totalmente desnudas o con residuos de aceites y petróleo⁹. Esta situación afecta especialmente los procesos de intercambio gaseoso y la productividad, debido a que el individuo tiene que utilizar más energía en procesos de limpieza y defensa que en la acumulación de biomasa¹⁰. Como consecuencia de la contaminación de la bahía de Cartagena por los residuos químicos de las empresas del sector industrial de Mamonal, en 1977 se prohibió la pesca dentro de la bahía (Sánchez *et al*, 1997).

La construcción del anillo vial Cartagena - Barranquilla ha causado modificaciones substanciales en los flujos de agua entre las ciénagas de la Virgen, Juan Polo y el mar, incremento en los niveles de salinidad de aguas y suelos, desequilibrio trófico y deficiencias en la pesca. Además, la ciénaga de Tesca recibe el 40% de los desechos domésticos de Cartagena, sin tratamiento sanitario, hecho que sumado a la acumulación de basuras arrastradas por las mareas ha ocasionado mortandades masivas de peces, principalmente de mugílidos por agotamiento de oxígeno (Sánchez *et al*, 1997). En la bahía de Cartagena, los moluscos son el grupo que más se han afectado en cuanto a diversidad y abundancia, por los desechos contaminantes de origen antrópico¹¹.

La ciénaga de la Virgen o de Tesca ubicada al noroeste de Cartagena, posee manglares en sus orillas excepto en las zonas sur que está urbanizada y suroriental donde sólo se aprecian franjas angostas. Hacia el sur, en el sector de Merlinda, el bosque está muy degradado y hay ausencia total de regeneración natural. Los manglares de la zona suroriental se encuentran casi totalmente desaparecidos o representan franjas muy delgadas, ya que tienen la presión expansiva de las haciendas y del barrio Olaya. La ciénaga de Juan Polo, al norte, presenta mejores condiciones, con alturas y densidades relativamente altas¹². En la Ciénaga de la Virgen como en Pasacaballos DAMARENA ha ejecutado proyectos de reforestación, promoviendo así la recuperación de las formaciones deterioradas (Sánchez *et al*, 1997).

⁸ Vernet, 1985 (Steer *et al*, 1997)

⁹ Polanía *et al*, 1991 (Sánchez *et al*, 1997)

¹⁰ Luo *et al*, 1980 (Sánchez *et al*, 1997)

¹¹ Garcés *et al*, 1978 (Steer *et al*, 1997)

¹² Calderón *et al*, 1994 (Sánchez *et al*, 1997)

La bahía de Cartagena está bordeada por manglares que se extienden a lo largo de Punta Arena, Bocachica, isla Draga, Canal del Dique, isla Brujas, isla Maparona, isla Cocoliso y ciénaga las Quintas. En el sector de Cartagena quedan algunos arbustos en la orilla de los canales y bosque de borde en el sector de Manga, Crespo y Aeropuerto. Los manglares bordean un sistema estuarino importante, destacable por la presencia de *Pelliciera rhizophorae*, única en el Caribe colombiano (INVEMAR, 2000).

Los manglares de las áreas insulares de Barú e islas del Rosario tienen la singularidad de crecer en sustratos rocosos o sobre arenas muy finas a gruesas, de origen coralino (INVEMAR, 2000). El principal impacto que han recibido estas formaciones vegetales se deriva de la tala para la adecuación de playas y zonas turísticas. Por otro lado, en algunas islas se ha recuperado la cobertura gracias a la reforestación (Sánchez *et al*, 1997). Estos ecosistemas frágiles, sufren alteraciones no sólo de origen antrópico que se dan fuera o en cercanías de los bosques, o por acciones directas de sobre-uso y explotación lo que pone en riesgo su función, sino que soportan alteraciones naturales como la acción erosiva de las olas y seguramente las corrientes marinas que debilitan su sistema de anclaje (Casas, 2001). Caso específico, la desaparición de un islote de *Rhizophora mangle*, por el coletazo del huracán Joan, en la década de los 80's¹³.

En el delta del Canal de Dique y la bahía de Barbacoas los bosques están bien conformados y ocupan un área considerable. Los bosques del sur de la bahía de Barbacoas se encuentran afectados por el inadecuado aprovechamiento, así como la instalación y operación de camarónicas en áreas adyacentes y por algunos procesos sucesionales naturales (INVEMAR, 2000).

2.9.4 Vegetación marina

En el archipiélago del Rosario la distribución de fanerógamas alcanza 8,8 km² (INVEMAR, 2000). En la bahía de Cartagena, al menos hasta la década de los años 70, existían amplias áreas cubiertas por pastos pero no se tienen registros recientes acerca de su estado (Díaz - Pulido, 1997).

2.9.5 Arrecifes de coral

En isla Arena se encuentran arrecifes coralinos muy particulares, pues pese a estar desarrollados en ambientes con relativa alta sedimentación y turbidez del agua, presentan poblaciones sanas significativas de corales *Acropora palmata* (cuerno de alce) y *Acropora cervicornis* (cuerno de ciervo)¹⁴, especies cuyas poblaciones se encuentran bastante reducidas en Colombia y en general en todo el Caribe¹⁵. Estas formaciones coralinas presentan un aparente buen estado de salud¹⁶ pues no se evidencian signos de deterioro en las colonias coralinas causados por acciones patogénicas, sobre crecimiento por otros organismos o actividades humanas (Díaz *et al*, 2000). También se ha registrado la presencia de un pequeño rodal de pastos marinos, de unas 3 ha alrededor de la isla¹⁷, con presencia de las especies *T. testudinum* y *S. filiforme* (INVEMAR, 2000).

Los bajos de Salmedina corresponden a elevaciones sin porción emergida localizadas a 6 km al occidente de Cartagena. En la actualidad no poseen grandes formaciones coralinas o marcados desarrollos estructurales y tienen una cobertura promedio de coral vivo del 33,3% (INVEMAR,

¹³ Sánchez-Páez *et al*, 2000 (Casas, 2001)

¹⁴ Perdomo & Pinzón, 1997 (Díaz - Pulido, 1997)

¹⁵ Garzón-Ferreira & Kielman, 1994; Ginsburg, 1994 (Díaz - Pulido, 1997)

¹⁶ Pinzón *et al*. (INVEMAR, 2000)

¹⁷ Perdomo & Pinzón, 1997 (Díaz *et al*, 2000)

2000) y de coral muerto de 42% (Díaz *et al*, 2000). Las condiciones de deterioro que se presentan en estas formaciones son: muerte coralina, invasiones por algas y esponjas, palidecimientos y presencia de las enfermedades banda negra y puntos blancos¹⁸. Entre los factores a los que se atribuye esta situación se encuentran las descargas del río Magdalena, los flujos de sedimentos y aguas servidas provenientes de la bahía de Cartagena y la pesca con dinamita (Díaz *et al*, 2000).

Hay evidencias de que en el interior de la bahía de Cartagena y en torno a Tierra Bomba existieron formaciones coralinas vivas hasta hace algún tiempo, pero 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 polución química ha sido identificada como otro agente potencial de degradación arrecifal (Díaz *et al*, 2000) debido al desagüe de los desechos industriales de Mamonal y Cartagena.

El archipiélago de Nuestra Señora del Rosario e isla Barú albergan los arrecifes coralinos más extensos y desarrollados de la plataforma continental colombiana¹⁹. Está conformado por terrazas con arrecifes franjeantes y bajos coralinos del tipo banco (INVEMAR, 2000). Estas comunidades coralinas están en un proceso de transición, en el que los corales ramificados no predominan vivos, aumentan las algas frondosas y los corales “oportunistas” (INVEMAR, 2000). La cobertura de coral vivo es de 29,8%, mientras que la de coral muerto alcanza 57,9% (Díaz *et al*, 2000). Los principales factores de estas comunidades parecen ser la sedimentación y la sobrepesca; muchos organismos, entre ellos herbívoros que controlan el crecimiento de algas, han disminuido drásticamente en la zona.

En el Bajo Tortugas, al suroccidente del Archipiélago del Rosario, se encuentran corales cubriendo aproximadamente el 40% del área (Díaz *et al*, 2000).

2.10 CONCLUSIONES

- ▶ En Bolívar la problemática del ingreso de nutrientes y otros materiales a la zona costera, se evidencia más en la Bahía de Cartagena, debido a los aportes de la zona industrial y Canal del Dique. El ingreso de materia orgánica condiciona los niveles de oxígeno disuelto provocando períodos de hipoxia en la columna de agua. Igual situación se observa en la Ciénaga de Tesca, por los vertimientos de aguas residuales. Sin embargo con la puesta en funcionamiento de la obra de la Bocana y el Dique direccional, se ha incrementado la circulación de las aguas y evitando en gran medida la acumulación de materia orgánica. Comparando con la anterior situación de la ciénaga, las obras hidráulicas han mejorado la calidad de las aguas con respecto a los parámetros fisicoquímicos.
- ▶ En conclusión el departamento de Bolívar cuenta con información secundaria de coliformes fecales en la que se revela que el comportamiento de este tipo de contaminantes ejerce un impacto negativo, sin embargo, según los datos obtenidos durante el muestreo del presente año, ha pasado a ser una zona no contaminada, suponiéndose entonces, que la ciudad de Cartagena ha mejorado la disposición final de las aguas servidas. La zonas más afectadas por la contaminación fecal son la Bahía Interna y la Ciénaga de la Virgen, dadas las características físicas del área, que favorecen la permanencia de estos agentes.
- ▶ El departamento de Bolívar presenta un impacto significativo sobre la calidad de las aguas marinas y costeras debido a los altos niveles de HDD que presenta en la mayoría de sus zonas costeras, debido a la alta actividad industrial, marítima y portuaria. Por lo tanto se clasifica como una zona con riesgo alto de contaminación por HDD. Mientras que se considera zona de

¹⁸ Parra *et al*, 1999 (INVEMAR, 2000)

¹⁹ Werding & Sánchez, 1979 (Díaz - Pulido, 1997)

riesgo medio de contaminación por residuos de plaguicidas OC debido las actividades industriales y el canal del Dique.

- ▶ En la Bahía de Cartagena, según los últimos reportes sobre las concentraciones de Hg en sedimentos, se determinó que eran un promedio de 7.67 µg/g, valores que se encuentran por encima del valor máximo dado por la NOAA (0.51 µg/g p.s.). Ello puede representar la persistencia de este metal en el medio, a consecuencia de la contaminación con Hg que generó hace más de una década la existencia de la planta de Cloro-Soda localizada en el área de Mamonal, en el costado sur occidental de la Bahía. En el sector de Mamonal, se han detectado concentraciones altas de los metales Cu, Cd, Pb y Zn en sedimentos. Entre estos, el Cd resulta de interés puesto que las concentraciones halladas, sobrepasaron el límite normal propuesto por Simpson (2 µg/g). Durante el monitoreo de aguas llevado durante el 2001, se encontraron concentraciones de Cr que igualmente no representan ningún riesgo para el sistema. Las concentraciones de Pb y Cd en algunas de las zonas estudiadas durante el monitoreo llevado a cabo en el año 2001, presentaron valores según la escala como Contaminación Media, lo cual genera preocupación debido a la toxicidad que presentan estos metales y los riesgos que presentan para las diversas formas de vida acuática, incluso para la salud humana
- ▶ En Bolívar la problemática que enfrentan los ecosistemas marinos y costeros por la contaminación se concentra principalmente en el área de la bahía de Cartagena y la ciénaga de Tesca. La búsqueda de una solución de fondo para estos problemas involucra un replanteamiento tanto de los procesos de urbanización como de la prestación de servicios públicos y el tratamiento de residuos que conlleve a una protección más eficiente de la calidad de las aguas. Los ecosistemas que más se han reportado afectados son los manglares y los arrecifes coralinos. Sin embargo, se tiene referencia que entidades como CARDIQUE y DAMARENA han realizado esfuerzos para la recuperación de los manglares de la ciénaga de la Virgen a través de la reforestación con especies de mangle. Los arrecifes coralinos localizados en esta costa son de enorme importancia para la economía de la región pero muestran claros síntomas de deterioro. Su conservación depende de numerosos factores, entre ellos del buen estado de los manglares de la costa continental que actúan como filtro, evitando que gran cantidad de sedimentos y sustancias lleguen a los corales. Afortunadamente se encuentran circunscritos en un área protegida. Sin embargo, la cercanía a Cartagena y el canal del Dique hace que esta protección no sea suficiente, por lo cual pueden continuar su deterioro. Por su singularidad, Isla Arena constituye un área muy especial que afortunadamente se encuentra en buen estado de conservación y conviene buscar mecanismos para conservar su buen estado.

1. SUCRE Y CÓRDOBA

1.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

El departamento de Sucre posee dos municipios costeros, de los cuales solamente Tolú tiene localidades mayores localizadas junto a la costa y cuenta con una población de 24.862 habitantes (proyectada para el 2001). En 1997 contaba con 30% de cobertura de alcantarillado (Datos extraídos del Sistema de Información de Aguas y Saneamiento Básico www.sias.gov.co)

Los principales cuerpos de agua en la costa de Sucre son: Canal del Dique, ciénaga La Caimanera, bocas del Salado, Zaragocilla, Tillido, Guacamayas, Alegría, El Francés y los arroyos Pechelín, San Antonio y La Perdiz

Las principales fuentes de contaminación y los tributarios afectados en el departamento de Sucre se muestran en la Tabla 1.

El municipio de Tolú carece de un sistema programado de servicios públicos domiciliarios, por lo que cada unidad habitacional es autosuficiente. Este fenómeno viene presentando serios problemas por vertimientos a campo abierto (Campos *et al*, 1996).

Tabla 1 Información Regional sobre fuentes de contaminación, tipos de contaminación y principales tributarios en Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Sucre "CARSUCRE"

Fuente contaminante		Tipo de Contaminación	Tributarios Afectados
Minería	Aprovechamiento minero. Piedra Caliza. (municipios de Toluvié y Palmito)	Inorgánica. Pérdida de suelo. Aumento de sólidos en Suspensión	Arroyos Pechelín, Palmito, los Charcos, Ciénaga la Caimanera.
Agro	Pastos y agricultura	Agroquímicos (fertilizantes nitrogenados, matamalezas), pérdida de suelo, sólidos en suspensión	Arroyos Pechelín, Palmito, San Antonio, Amanzaguapo, Cascajo, Torobé, Grande, Macajan, Bobo, Viejo, Tumbafrailles, verde, Escobalito, Pita, en Medio, Ceiba, Bermejo
	Ganadería	Heces	Arroyos Pechelín, Palmito, San Antonio, Amanzaguapo, Cascajo, Torobé, Grande, Macajan, Bobo, Viejo, Tumbafrailles, verde, Escobalito, Pita, en Medio, Ceiba, Bermejo, Culebra,
	Transformación de Madera	Residuos sólidos (aserrín, otros) En las fincas procesan la madera que autoconsumen.	Arroyos Pechelín, San Antonio, Culebra, Grande, Ciénaga la Caimanera
	Aprovechamiento de coco	Residuos sólidos (estopa de coco)	Golfo de Morrosquillo
Industria	Industria pesquera	Residuos Orgánicos, Aguas Residuales	Golfo de Morrosquillo
	Laboratorios de larvas de camarón y zocriaderos	Aguas Residuales	Zona de manglar- Ciénaga la Caimanera – Zona costera en San Onofre
	O.D.C	Aguas Residuales	Golfo de Morrosquillo

Fuente contaminante		Tipo de Contaminación	Tributarios Afectados
Puertos	Terminal Marítima de ECOPETROL	Aguas de sentinas, mantenimiento de barcos (lijado, pintura, aceites, etc)	Golfo de Morrosquillo
	Zona de carga de hidrocarburos (petróleo) TLU1, TLU2 y TCL3	Hidrocarburos	Golfo de Morrosquillo
	Zona de cargue de cemento y clinker	Sólidos	
Instituciones	Hospitales y Centros de Salud	Aguas Residuales y Residuos sólidos dispuestos en basureros a cielo abierto	Caño Guainí, arroyo Torobé, Pechelín y Palmito
	Batallón de Entrenamiento de Infantería de Marina N° 1.	Aguas Residuales	Golfo de Morrosquillo, Arroyo Villeros
	Sacrificio de Ganado Vacuno	Aguas Residuales	Caño Guainí, Arroyo Torobé, Arroyo Palmito, arroyo Pechelín.
Hidrocarburos	Estaciones de servicio	Aguas residuales, aceites y derivados del petróleo.	Caño Guaní, Arroyos Pechelín, Palmito y Torobé
	Conducción de hidrocarburo por oleoductos	hidrocarburos	Arroyos Villeros, Rabito, Amanzaguapo, ciénaga la Caimanera, Golfo de Morrosquillo.
Residuos domésticos	Municipios (cascos urbanos) Y algunos corregimientos	Aguas Residuales Domésticas, basuras, alcantarillado	Caño Guaní, arroyos Torobé, Cascajo, Palmito, Pechelín, Villeros Ciénaga la Caimanera, Golfo de Morrosquillo,

Información suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Sucre.

Los procesos de invasión o apropiación de las áreas de uso público y el mal aprovechamiento del recurso forestal en el municipio representa un mal uso del suelo pues no se ha garantizado su conservación, como es el caso de las ciénagas La Caimanera, La Leche y La Trementina así como la tala de manglares e invasión en las orillas de la carretera Tolú – Coveñas [4]. El bosque de manglar que originalmente se encontraba entre la carretera y la orilla del mar ha desaparecido en algunos lugares para dar paso a construcciones con fines turísticos (INVEMAR, 2000).

La ciénaga de La Caimanera sufre una fuerte afectación por la construcción de la carretera, la interrupción del intercambio de agua dulce – agua salada, la tala de mangle y la pesca por debajo de tallas mímicas, que están afectando el recurso íctico y ha llevado a las poblaciones de manatí casi a la extinción (IDEAM, 1998).

En los municipios de Toluvié y Palmito se realiza aprovechamiento de piedra caliza lo que ha provocado pérdida de suelo y aumento de sólidos en suspensión en los arroyos Pechelín, Palmito, los Charcos y la ciénaga La Caimanera (Ruiz, 2001).

El principal problema que se ha venido acentuando en la línea costera Tolú – Coveñas es el aumento de vertimientos de desechos sólidos y líquidos sobre los cuerpos de agua, manglares y el mar por los residentes del sector (Campos et al, 1996).

En el muelle turístico lo que más preocupa son las actividades de arreglo y mantenimiento de motores que se realiza sobre la dársena, observándose acumulación de residuos oleaginosos

sobre la superficie del agua, recipientes de aceite, plásticos y otros productos relacionados (Campos, *op. cit.*). El caso más extremo lo constituye la instalación de un surtidor de gasolina en plena cabecera de uno de los muelles.

En el muelle de Tolcemento se presenta contaminación por escape y derramamiento del carbón, Klinker, y yeso. Las actividades de cargue y descargue se realizan sin ninguna protección contra la contaminación; durante este proceso (que la mayoría de las veces es a granel), es excesiva la cantidad de partículas que caen directamente al mar, ya que el material es extraído y puesto a los buques a través de pala dragas o bandas transportadoras abiertas, respectivamente. Así mismo, se presenta derrame de petróleo a través del terminal de Coveñas (Campos, *op. cit.*). Otra fuente de contaminación son los hidrocarburos, por la presencia del buque cisterna FSU en el Golfo de Morrosquillo. Ocasionalmente se producen derrames de crudo en la terminal del oleoducto (INVEMAR, 2000).

Tensores de importancia regional en las islas de San Bernardo son la sobrepesca (especialmente de caracol pala), la descarga de aguas continentales, la extracción de coral, la pesca con artes deletéreas como la dinamita y el arrastre¹.

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).

En Córdoba son 5 municipios en la zona costera: San Antero, San Bernardo del Viento, Moñitos, Puerto escondido y Los Córdoba, cuyas cabeceras se ubican todas junto a la costa. Su comportamiento poblacional y la cobertura de alcantarillado se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Población y cobertura de alcantarillado de las principales poblaciones costeras del departamento de Córdoba.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN (hab.) - 1997	POBLACIÓN CABECERA	% ALCANTARILLADO
San Antero	Cabecera	18.410	10.679	23
San Bernardo del Viento	Cabecera	27.603	7.636	30
Moñitos	Cabecera	21.161	4.054	0
Puerto Escondido	Cabecera	11.655	2.854	0
Los Córdoba	Cabecera	10.345	1.854	46

El río Sinú recoge aguas con residuos de 10 ciudades o municipios a lo largo de su cuenca (Campos *et al.*, 1996). transporta altas concentraciones de agroquímicos y de sedimentos, producto de la erosión causada por la tala excesiva y del tipo de explotación agropecuaria que se lleva a cabo a lo largo de su cuenca (INVEMAR, 2000). Según D, Montalvo (*comm. pers.*), el distrito de riego de Moncarí y Montería, presentan un fuerte impacto por contaminación con agroquímicos, igualmente en la ciénaga de Cispatá, que conlleva a la contaminación por nutrientes provenientes de los distritos de riego.

En este departamento se encuentra una de las principales zonas arroceras del país. Posee aproximadamente 2.500 ha cultivadas (Campos *et al.*, 1996).

¹ López-Victoria, 1999 (INVEMAR, 2000)

Las zonas más contaminadas en el Golfo de Morrosquillo son Tinajones, localizada en la desembocadura del Río Sinú y el Arroyo Villero, principalmente en época de lluvias (junio y octubre) que incrementa la contaminación de origen fecal, clasificándose en el año de 1999 y 2000 dentro de la escala conceptual indicativa en el grado de contaminación alta².

En la zona de Cispatá existen actividades de camaronicultura. Hay aproximadamente 500 ha en espejos de agua que corresponden a 4 camaroneras. Una de ellas, Agrosoledad, tiene problemas en la calidad del camarón, por la captación de aguas de la ciénaga Soledad que recibe un gran aporte de residuos de nutrientes y fertilizantes (Campos *et al*, 1996).

En la bahía de Cispatá se presentan fuertes impactos por el vertimiento directo de desechos³. El complejo turístico que está alrededor de la bahía contribuye a la contaminación de desechos orgánicos dentro del complejo a pesar de hacer un tratamiento a sus aguas residuales (Campos *et al*, 1996). Los municipios costeros no tienen ningún sistema de tratamiento, algunos utilizan simplemente pozos sépticos y campos abiertos (Campos *et al*, 1996).

Isla Fuerte ha presentado un gran aumento en la población residente durante la última década (desplazados de otras regiones) y en la población temporal (aumento del turismo), lo que ha traído como consecuencia un aumento de los tensores antropogénicos que afectan las áreas coralinas⁴ y en general los ecosistemas marinos.

1.2 FÍSICOQUÍMICOS

Las estaciones marinas, presentaron valores físicos y químicos que están dentro del rango esperado para la temporada reflejando la influencia del régimen de vientos en toda la costa Caribe (Figuras 109 a 113). Las estaciones estuarinas, mostraron buenas condiciones de calidad, que reflejan la influencia de las temporadas climáticas. Durante la época de seca algunas de las estaciones muestreadas en la costa presentan condiciones marinas (salinidades por encima de 30 y oxígeno disuelto superior a 5 mg/l), debido a la ausencia de descargas de aguas dulces. Las estaciones de los caños presentaron condiciones bajas de oxígeno disuelto durante este período (Caño Guainí y Alegría presentaron los registros más bajos: 2.2 y 0.25 mg/l de O₂ respectivamente). Interesante los datos de sólidos suspendidos para la zona de Sucre ya que el rango estuvo entre 200 y 338 mg/l para el muestreo de junio y que denotan incremento en la concentración de esta variable. Para el caño Guainí se registraron valores de 147 µg/l de fósforo como ortofosfatos y de 25 µg/l de nitrógeno inorgánico, producto de todos los vertimientos que llegan hasta este cuerpo de agua. Condiciones altas del nitrógeno y el fósforo también se detectaron en los caños Guacamayo y Alegría, como un producto del estancamiento que sufren durante los períodos de sequía, por la acumulación de materia orgánica desde los manglares a su alrededor y la actividad antrópica al usar estos cuerpos de agua como botaderos de basuras.

Durante la temporada de lluvias los bajos valores de oxígeno que presentaban las aguas estancadas de los caños como en Alegría, Guainí o Guacamayos continuaron en los mismos niveles debido principalmente a los contenidos altos de materia orgánica en descomposición (Alegría de 0.25 a 0.33 mg/l de O₂; Guacamayo de 3.12 a 0.95 mg/l O₂). Es importante señalar que el caño Guainí recibe aportes de aguas servidas del municipio de Santiago de Tolú (después de pasar por lagunas de estabilización).

² Marín, 2000 (Garay, 2001)

³ Steer *et al*, 1997 (INVEMAR, 2000)

⁴ Huertas, 2000; Díaz *et al*, 2000 (INVEMAR, 2000)

Históricamente las aguas del Golfo han presentado condiciones variantes, junto con las temporadas del clima, mostrando fuerte influencia por la boca del Rí o Sinú, que hace la salinidad fluctúe entre 7.1 y 34 según el régimen climático de la zona. De igual manera condiciona la entrada de sólidos suspendidos y nutrientes inorgánicos.

Para las costas del departamento de Sucre se tienen registros del Golfo de Morrosquillo y de las Islas de San Bernardo, pero la zona costera posee pocos registros de calidad de aguas o impactos por actividades antropogénicas (López, 1999).

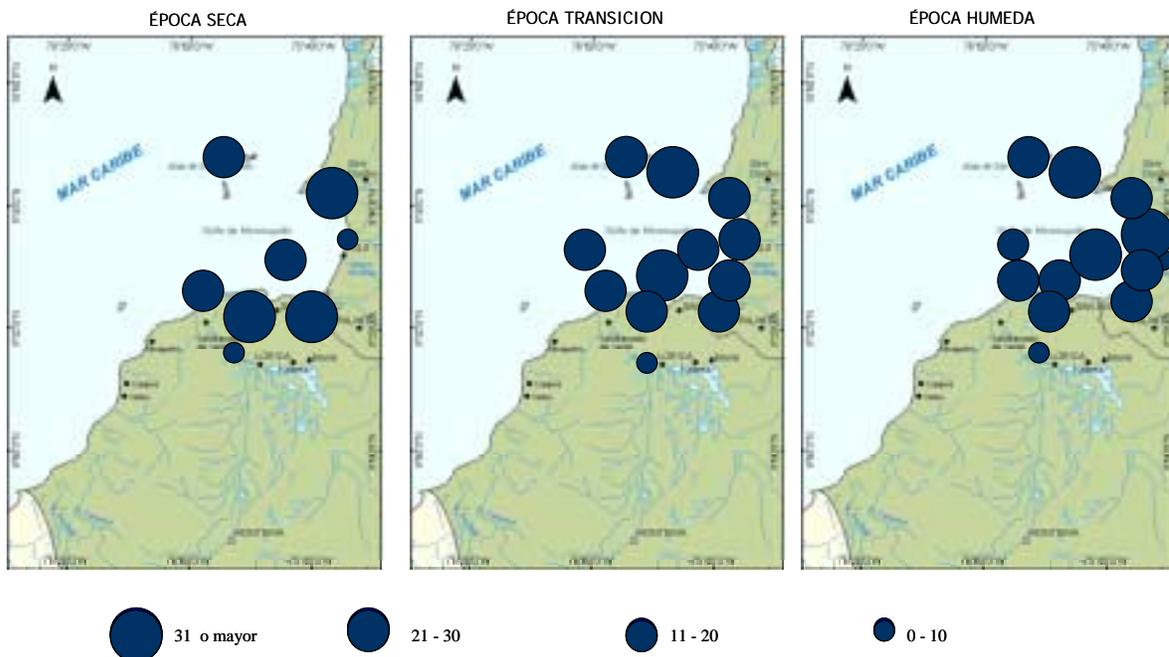


Figura 1. Distribución de la salinidad en la zona costera del Golfo de Morrosquillo.

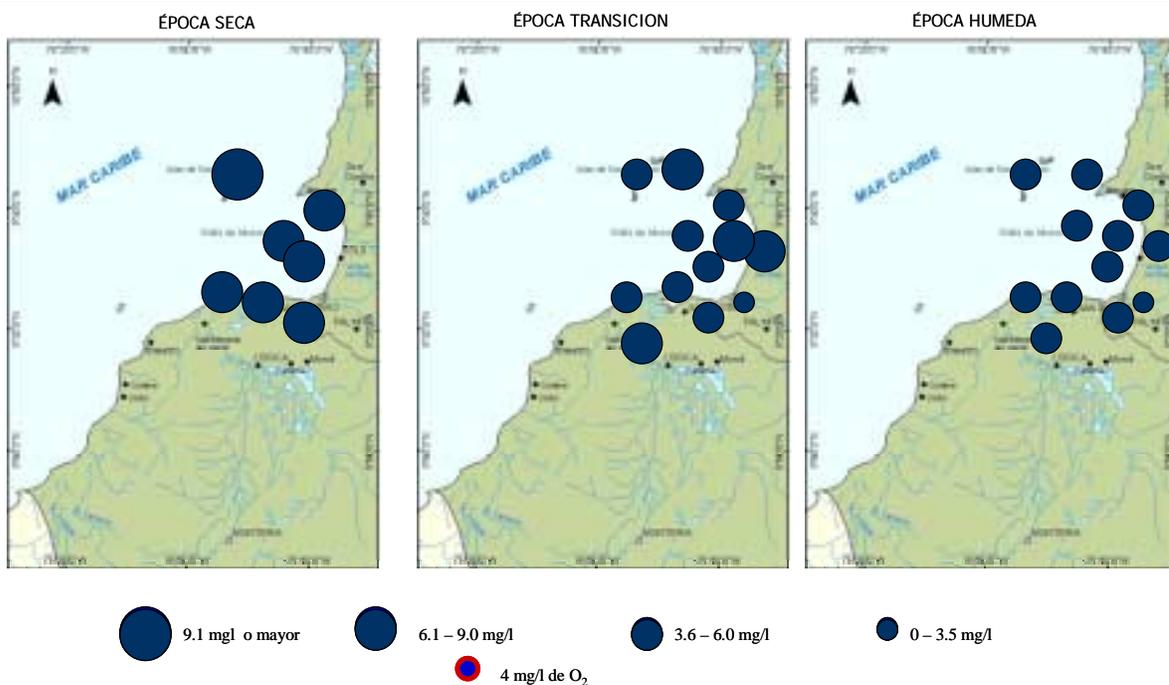


Figura 2. Distribución del oxígeno disuelto (mg/l) en la zona costera del Golfo de Morrosquillo.

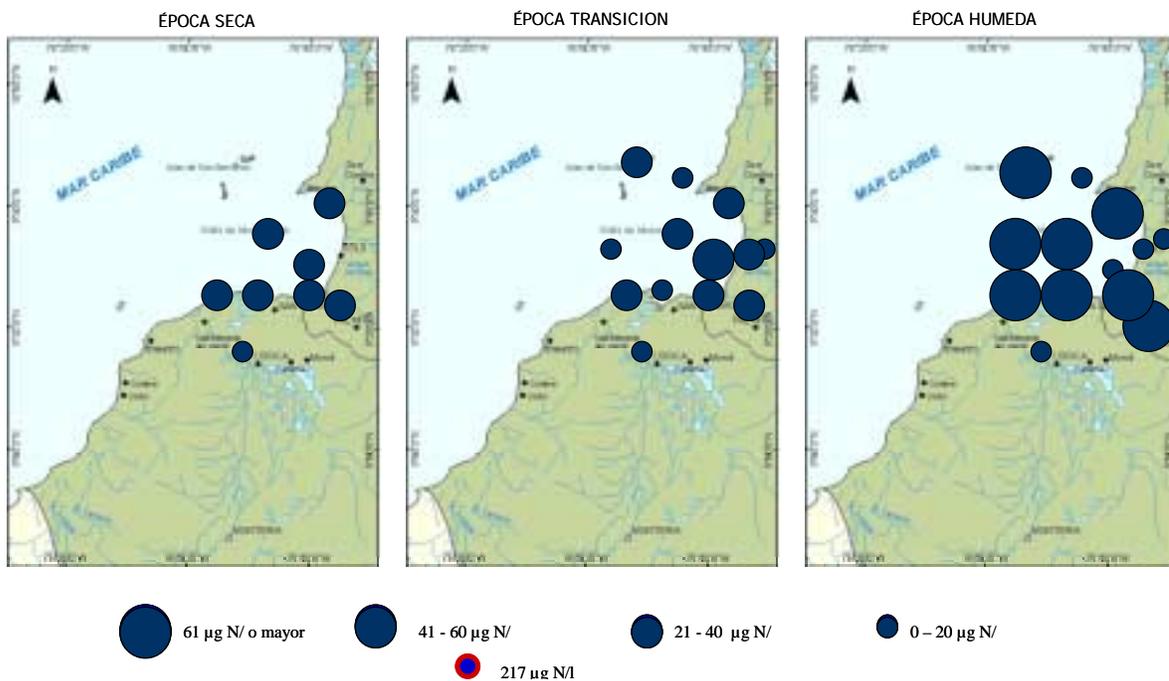


Figura 3. Distribución del nitrógeno inorgánico disuelto (µgN/l) en la zona costera del Golfo de Morrosquillo.

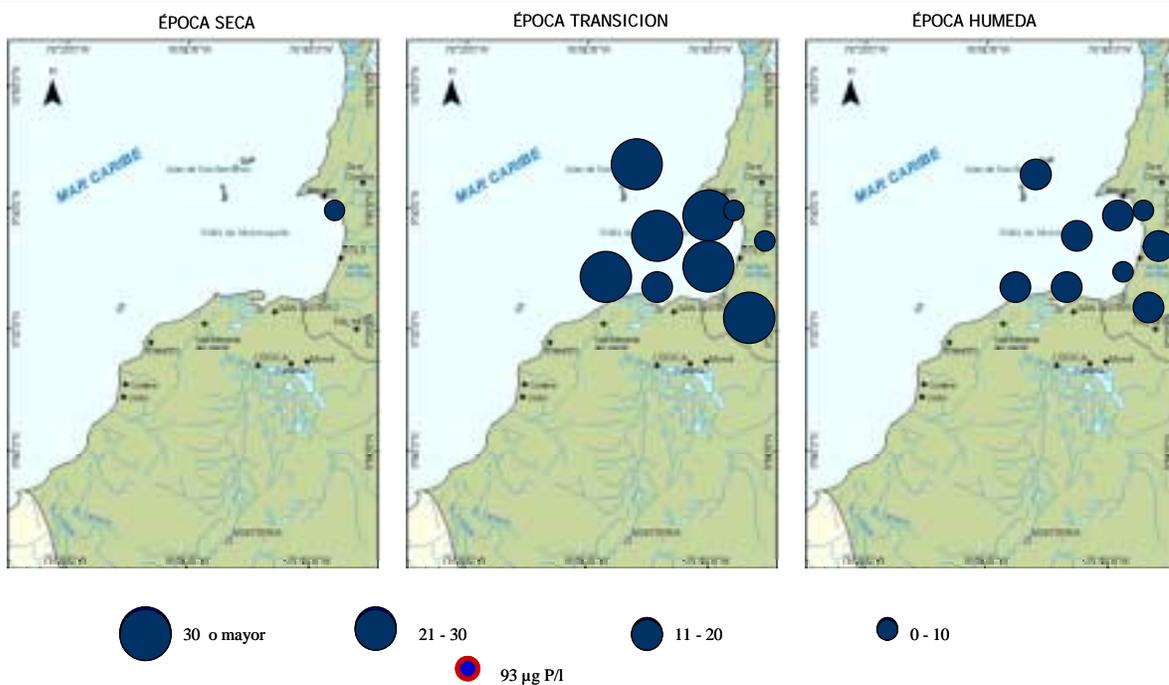


Figura 4. Distribución del fósforo inorgánico disuelto ($\mu\text{gP/l}$) en la zona costera del Golfo de Morrosquillo.

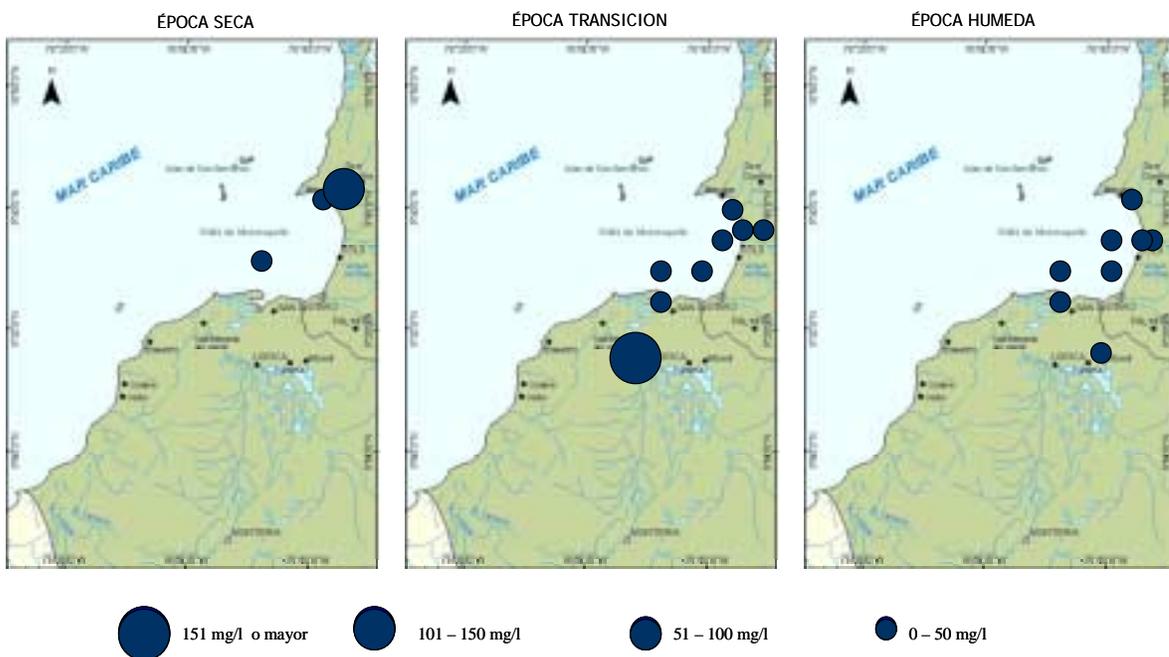


Figura 5. Distribución de sólidos suspendidos (mg/l) en la zona costera del Golfo de Morrosquillo.

1.3 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

En las costas Caribe y Pacífico de Colombia la mayoría de las aguas residuales domésticas e industriales son vertidas sin ningún tipo de tratamiento previo. La contaminación especialmente microbiológica representa el principal riesgo para los ecosistemas acuáticos receptores y para la salud de todas aquellas personas que hacen uso de estos recursos hídricos, ya sea por contacto primario, secundario o mediante el consumo de alimentos marinos provenientes de estas zonas afectadas.

El mayor porcentaje de contaminantes que son descargados en estos ecosistemas costeros es de tipo doméstico, donde la franja del Caribe Colombiano recibe el 70% de estos desechos debido a las concentraciones urbanas que allí se encuentran. Lo cual ha obligado a asumir una mayor responsabilidad sobre la conservación, defensa y calidad de estos ecosistemas, ya que sus aguas son utilizadas para deportes náuticos y como balnearios, colocándose en riesgo la salud del hombre.

El presente capítulo pretende realizar un diagnóstico preliminar microbiológico del estado actual de las aguas marinas y costeras de los departamentos de Córdoba y Sucre evaluando la influencia que ejerce la actividad humana sobre las zonas costeras de estos departamentos de tal forma que la información analizada permita sugerir las acciones en cuanto al manejo de recursos hídricos que garanticen la conservación y el mejoramiento de la calidad ambiental en la zona costera del país.

Para realizar la descripción de la tendencia que ha tenido la contaminación microbiológica en la zona costera del Golfo de Morrosquillo, se tuvo en cuenta los estudios realizados durante los años 1999, 2000 y 2001 por el INVEMAR. Del análisis de los datos obtenidos se pudo concluir que para el año 1999, los valores de Coliformes fecales fluctuaron entre <2 y 24000 NMP/100ml con un promedio de 4.262 NMP/100 ml; En el año 2000, los valores fluctuaron entre 20 y 24000 NMP/100 ml con un promedio de 3619 NMP/100ml, y para el 2001 las concentraciones se presentaron entre 140 y 24000 NMP/100 ml con un promedio de 4372 NMP/100 ml, observándose que el promedio en los tres años se mantiene por encima de los niveles permisibles (Tabla 3 y Figura 6).

Durante los años 1999 y 2000 se observó que en época intermedia y húmeda los niveles de Coliformes totales y fecales están por encima de lo establecido por la Legislación Colombiana, mientras que en la época seca las concentraciones bacterianas se encontraron por debajo de lo establecido. (Figura 6 y Figura 7).

Tabla 3. Descripción de la información microbiológica en el Golfo de Morrosquillo.

Estación	Año	Promedio	Desviación	Datos	Rango- NMP/100mls
Tinajones	1999-2001	6070	3106	8	1100-24000
Frente a Tinajones	2001			1	260.0
Arroyo Villero	1999-2000	8305	2015	6	20-24000
Coveñas	1999-2000	209	310	6	5-940
Tolu	1999-2000	3878	4535	6	20-24000
Berrugas	1999-2001	1452	1563	7	50-5400
Islote	1999-2000	318	69	5	40-490
Caycen	1999-2000	468	782	5	20-1700
Centro Boca Cispata	1999-2000	235	369	6	2-1100
Ecopetrol Boya No2	1999-2000	943	826	5	20-3500
Bahia Cispata	1999-2001	441	376	7	20-1400
Frente a Zaragozailla	2001	1410	1965	2	20-2800
Caño Zaragozailla	2001	635	431	2	330-940
Caño Frances	2001			1	700
Frente al Caño Frances	2001			1	260
Caño Nisperal	2001			1	3500
Caño Remedía Pobre	2001			1	330
Caño Guainia	2001	21000	4243	2	18000-24000
Río Sinu	2001	13500	3536	2	11000-16000
Caño Guacamaya	2001			1	1800
Fte Caño Guacamaya	2001			1	110
Boqueron	2001			1	200
Arroyo Pechellin	2001			1	2700
Frente Arroyo Pechellin	2001			1	130

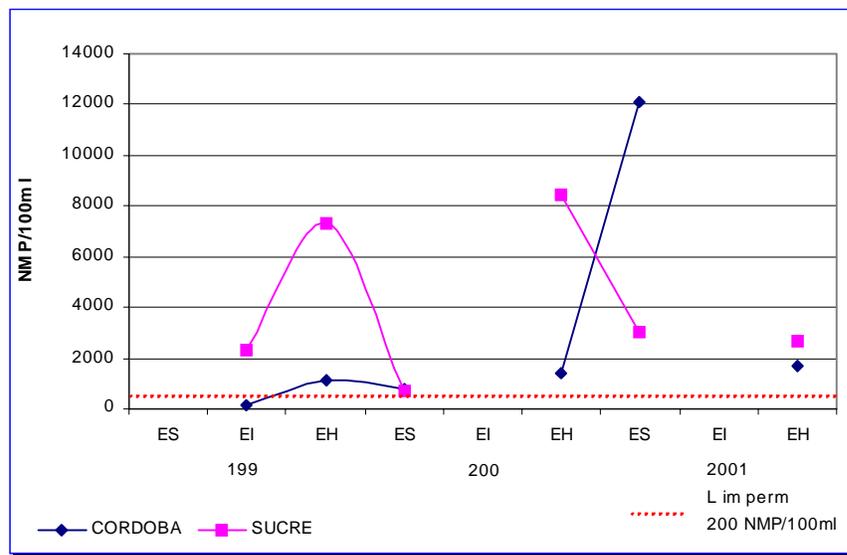


Figura 6. Tendencia de Coliformes fecales para los años 1999, 2000 y 2001 en la zona costera del Golfo de Morrosquillo (departamentos de Córdoba y Sucre).

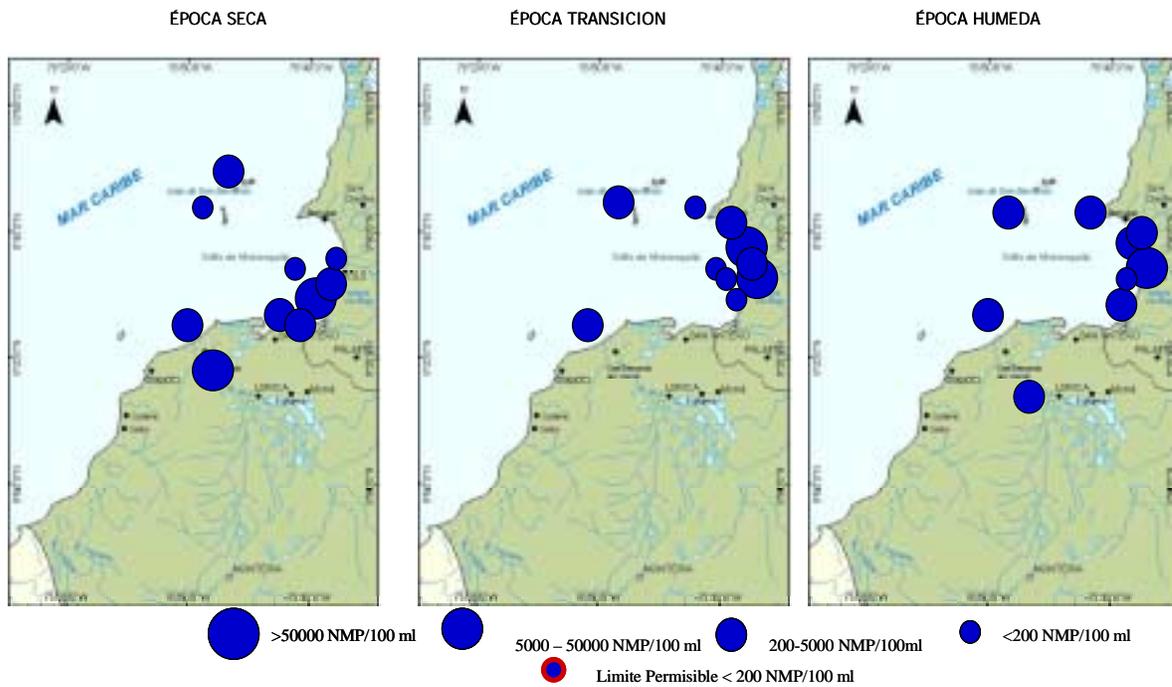


Figura 7. Distribución de Coliformes Fecales (NMP/100 ml) en la zona costera de los departamentos de Córdoba y Sucre). Datos promedio año 1999-2001.

Teniendo en cuenta la escala de niveles de riesgo la contaminación en el último año para la época seca aumento de una CONTAMINACIÓN BAJA a una de CONTAMINACION ALTA y en la epoca de transición se mantiene constante en CONTAMINACIÓN ALTA indicando que la mayor problemática de la contaminación microbiológica en la zona costeras del departamento de Córdoba y Sucre se debe a los vertimientos directos de aguas residuales domesticas sin ningún tratamiento al Río Sinú y a los cuerpos de agua que desembocan en el Golfo de Morrosquillo.(Figura No 4)

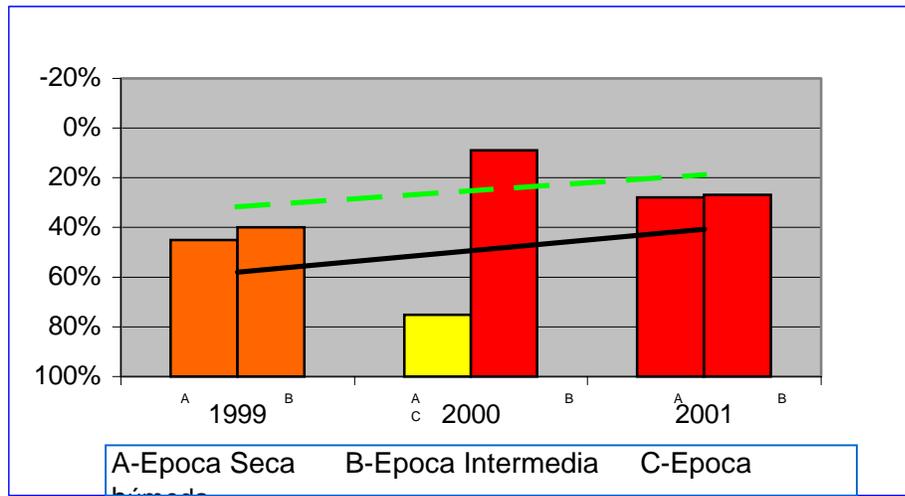
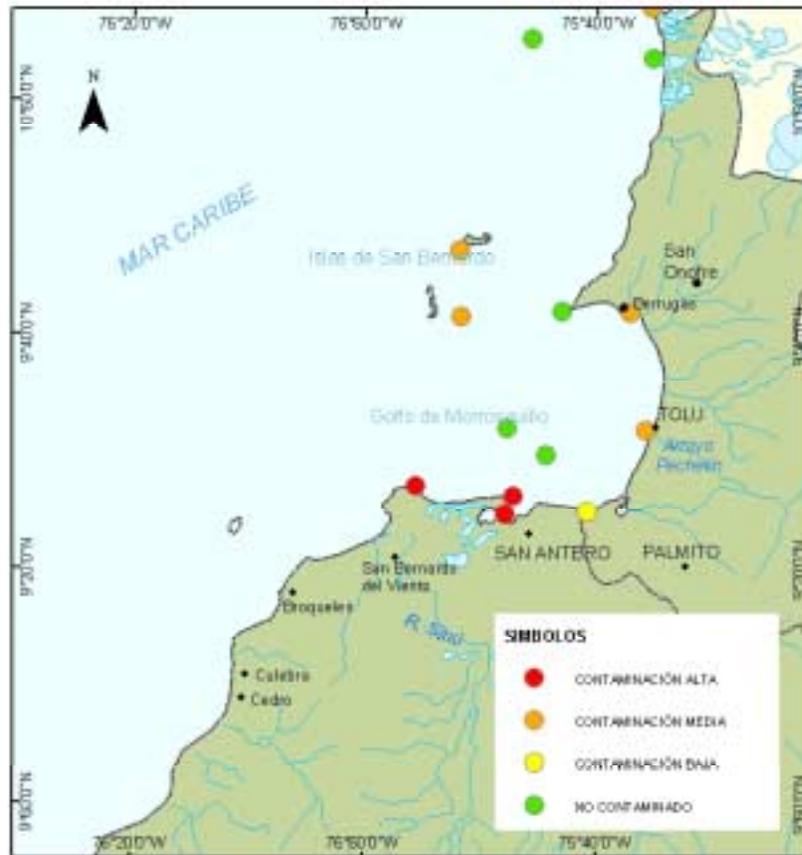


Figura 8. Niveles de Riesgo de Contaminación Microbiológica para la zona costera de los departamentos de Sucre y Córdoba durante los años 1999-2001 y 2001 respectivamente.

En el departamento de Córdoba los niveles más altos de Coliformes fecales para el 2001 se encuentran en el Río Sinú durante la época seca y húmeda con una concentración mayor de 24000 y 11.000 NMP/100 ml al ser uno de los principales ríos del país que arrastra gran cantidad de sólidos disueltos convirtiéndose de esta forma en una fuente de contaminación de esta zona. En el departamento de Córdoba las mayores concentraciones durante las dos épocas fluctuaron entre 1800 y 24000 NMP/100 ml y se presentaron en el caño Guani, Remediapobre, Nisperal, Zaragocilla y Guacamaya, siendo este el lugar donde llegan las descargas de aguas negras domésticas por los asentamientos ribereños que carecen de un adecuado servicio de alcantarillado. (Figura N.3)

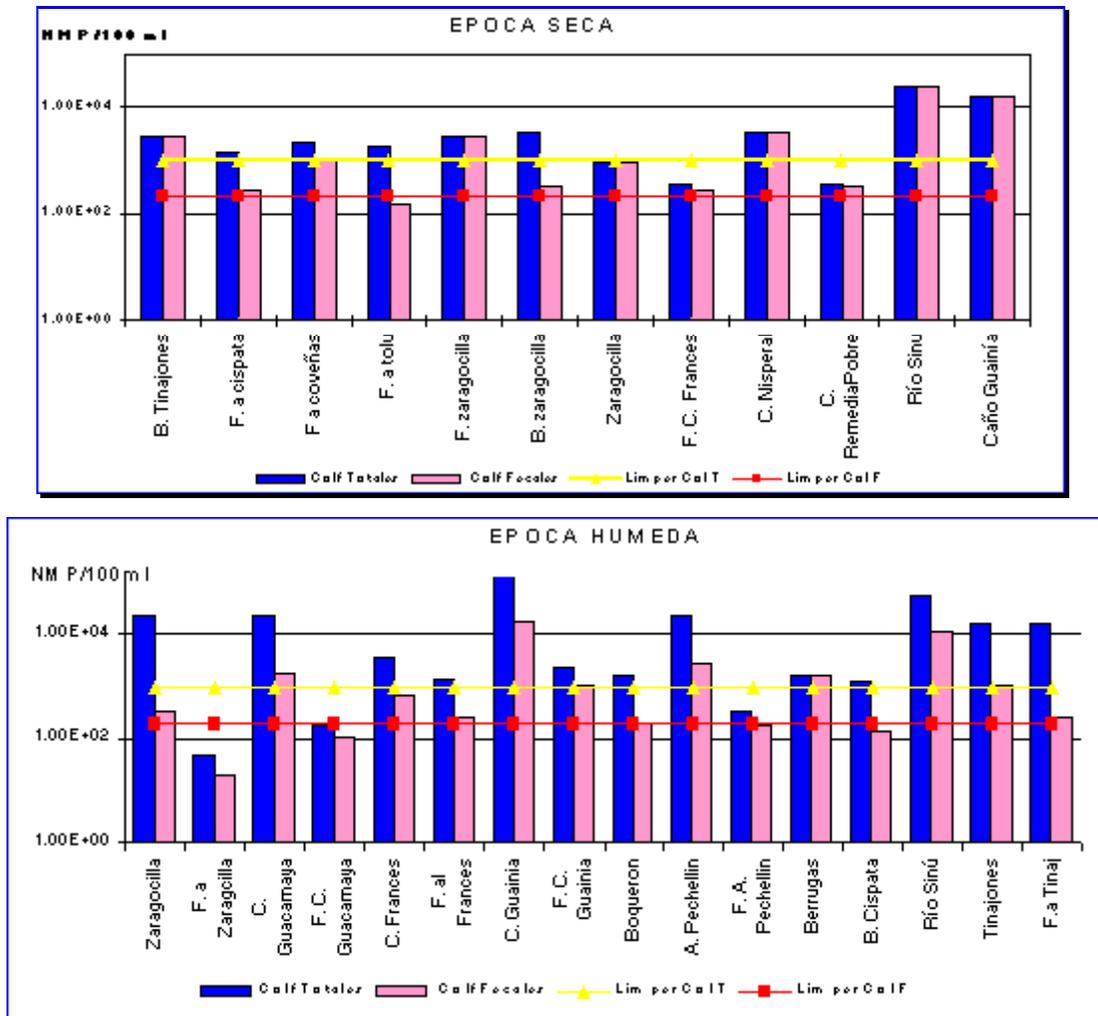


Figura 9. Niveles de Coliformes totales, fecales en el Golfo de Morrosquillo (departamentos de Córdoba y Sucre) durante el 2001, y límites permisibles establecidos por la Legislación Colombiana para agua de uso primario.

1.4 HIDROCARBUROS Y PLAGUICIDAS

No hay suficiente información disponible retrospectiva sobre contaminación de tipo orgánico, particularmente relacionada con evaluación de plaguicidas y agroquímicos en general en el golfo de Morrosquillo.

Los niveles de plaguicidas en el golfo de Morrosquillo se presentan en la Figura 10, para el periodo 1998-2001. Se destacan los niveles altos de plaguicidas en la desembocadura del río Sinú, donde supera el valor máximo permisible ($<30\text{ng/l}$) durante gran parte del año. También se destacan valores relativamente altos en los afluentes del golfo, variando en un rango de 10 a 30 ng/l, debido a la actividad agrícola en las cuencas de los ríos Zaragocilla, Francés, Pechelin y arroyo Villeros. En general se clasifica el Golfo de Morrosquillo como una zona de medio y alto riesgo de contaminación por residuos de plaguicidas debido a la actividad agrícola de las regiones altas del departamento, especialmente a la zona bañada por el río Sinú. Lo anterior se refleja aguas arriba del río Sinú a la altura del municipio de Lorica, donde en época seca se observa el mayor valor regional.

Por su condición de ser terminal del oleoducto Caño Limón-Coveñas, los controles ambientales se han enfocado a la vigilancia de hidrocarburos del petróleo, en vista de potenciales derrames accidentales durante el transporte y manejo de crudo y derivados.

Con excepción de la desembocadura del río Tinajones, los niveles de HDD no superan el máximo permisible ($<10\text{ug/l}$). En general, estos valores varían en el rango de 5-10 ug/l y se explican en la actividad de transporte de petróleo y al movimiento de buques de cabotaje. Por lo anterior, se clasifica el golfo como una zona costera de riesgo medio de contaminación por HDD.

En el golfo de Morrosquillo hay asentamientos urbanos de relativa importancia, como Tolú, Coveñas y Berrugas, que presentan influencia sobre sus costas locales, con respecto a la entrada de aguas servidas de las comunidades, lo cual implica que la contaminación hídrica por fuentes terrestres es básicamente de material orgánico biodegradable.

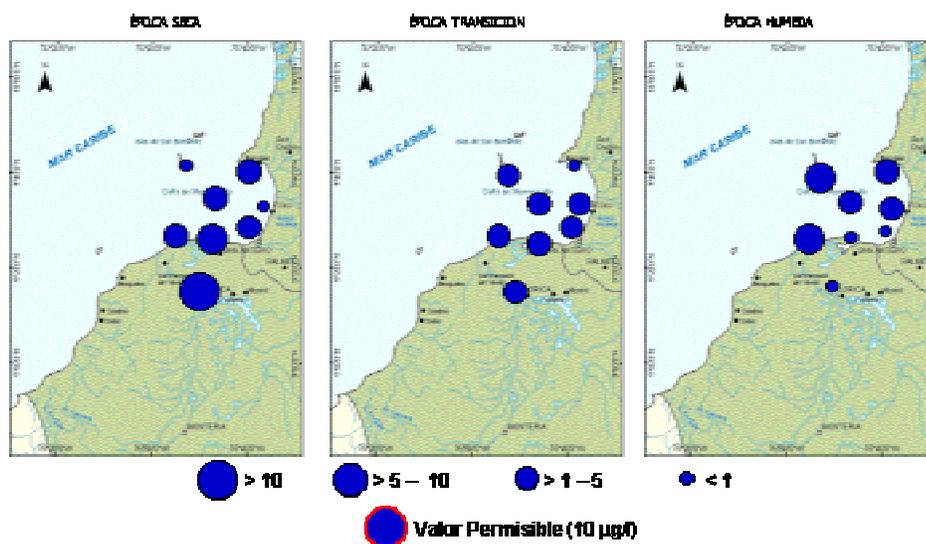


Figura 10. Niveles en ng/l de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) en la zona costera del Golfo de Morrosquillo. 1998 - 2001.

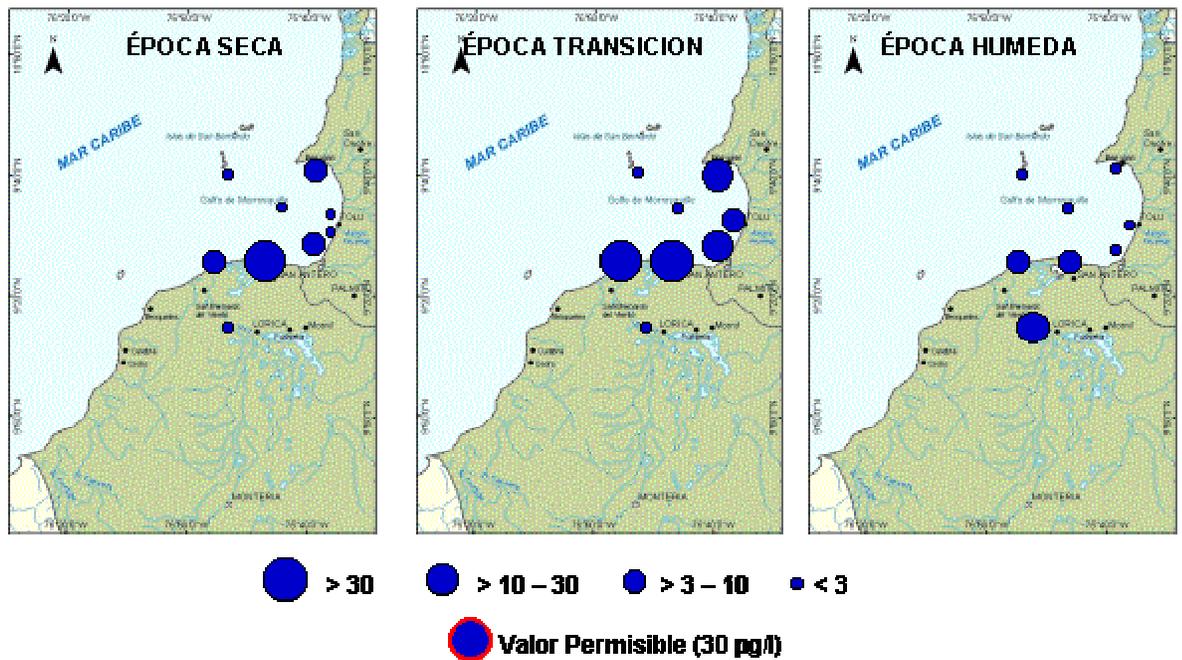


Figura 11. Niveles en ng/l de residuos de plaguicidas organoclorados en el golfo de Morrosquillo durante 1998 - 2001

1.5 METALES PESADOS

A los efectos de conocer el comportamiento de los citados contaminantes químicos en el ecosistema en cuestión, se estableció una red de estaciones para las colectas de muestras. Para el caso de metales, se colectaron muestras de aguas donde se determinaron las concentraciones de Cd, Cr y Pb.

En la Tabla 4 se presenta la concentración promedio obtenida a partir de las mediciones realizadas en cada una de las estaciones donde se realizó el muestreo, durante las dos épocas: seca y lluviosa respectivamente, así mismo, los valores máximos y mínimos para cada uno de estos contaminantes.

Tabla 4. Concentraciones promedio de Cr, Cd y Pb ($\mu\text{g/ml}$), rango, desviación estándar (SD) y Coeficiente de Variación (CV%) en aguas del Golfo de Morrosquillo, marzo y septiembre del 2001

	Cr ($\mu\text{g/ml}$)	Cd ($\mu\text{g/ml}$)	Pb ($\mu\text{g/ml}$)
Promedio	< LD	2.3	12
Rango	-----	1.2-2.9	1.0-34
SD	-----	0.0006	0.0143
CV(%)	-----	25	116
Nº de Datos	-----	12	12

El Cr presentó en todas las estaciones valores por debajo del límite de detección (Figura 12). El Cd se encontró en concentraciones que variaron entre 1.2 y 2.9 $\mu\text{g/l}$ (Figura 13), mientras que el Pb reportó concentraciones desde 1.0 hasta 34 $\mu\text{g/l}$ (Figura 14).

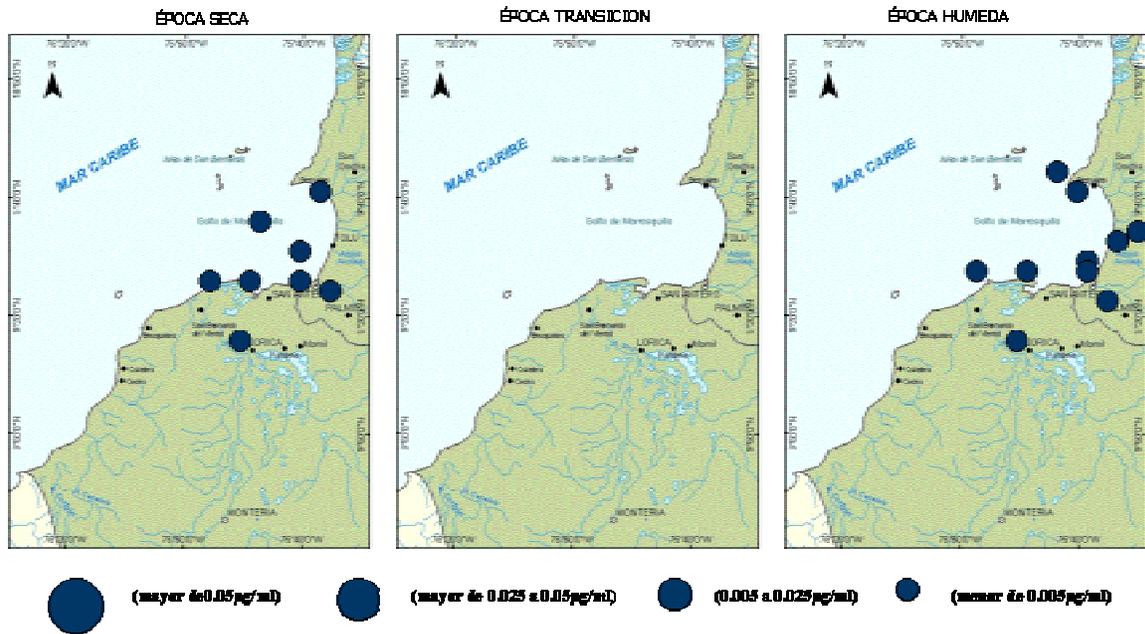


Figura 12. Distribución de Cr ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del Golfo de Morrosquillo (departamentos de Sucre y Córdoba)

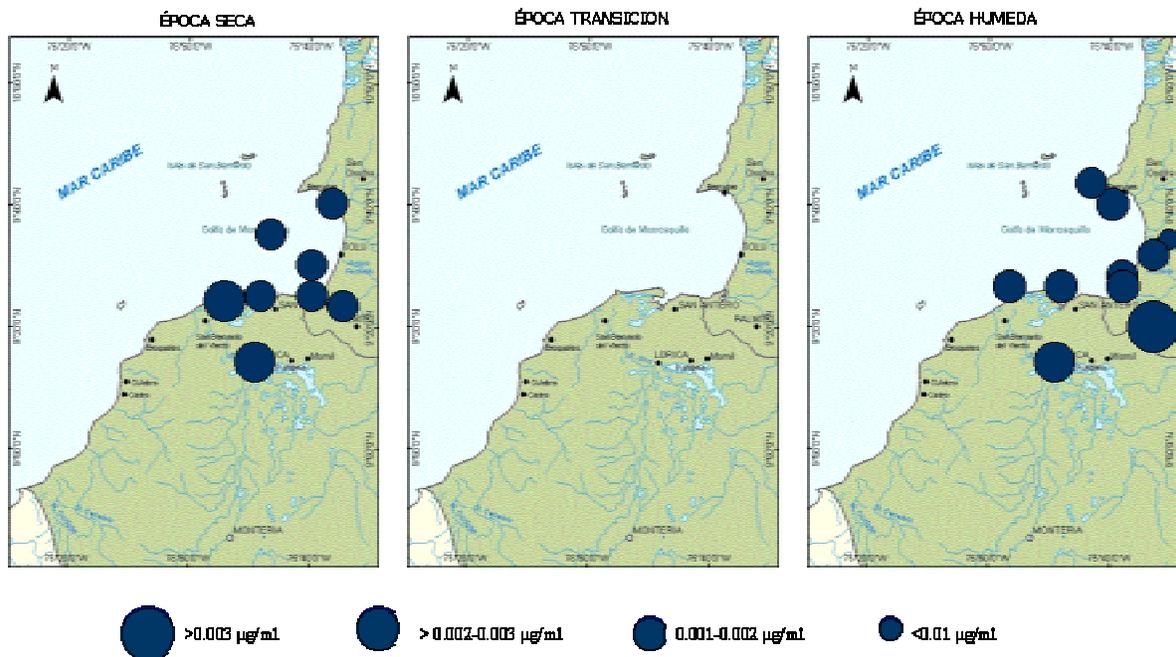


Figura 13. Distribución de Cd ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del Golfo de Morrosquillo y la desembocadura del río Sinú.

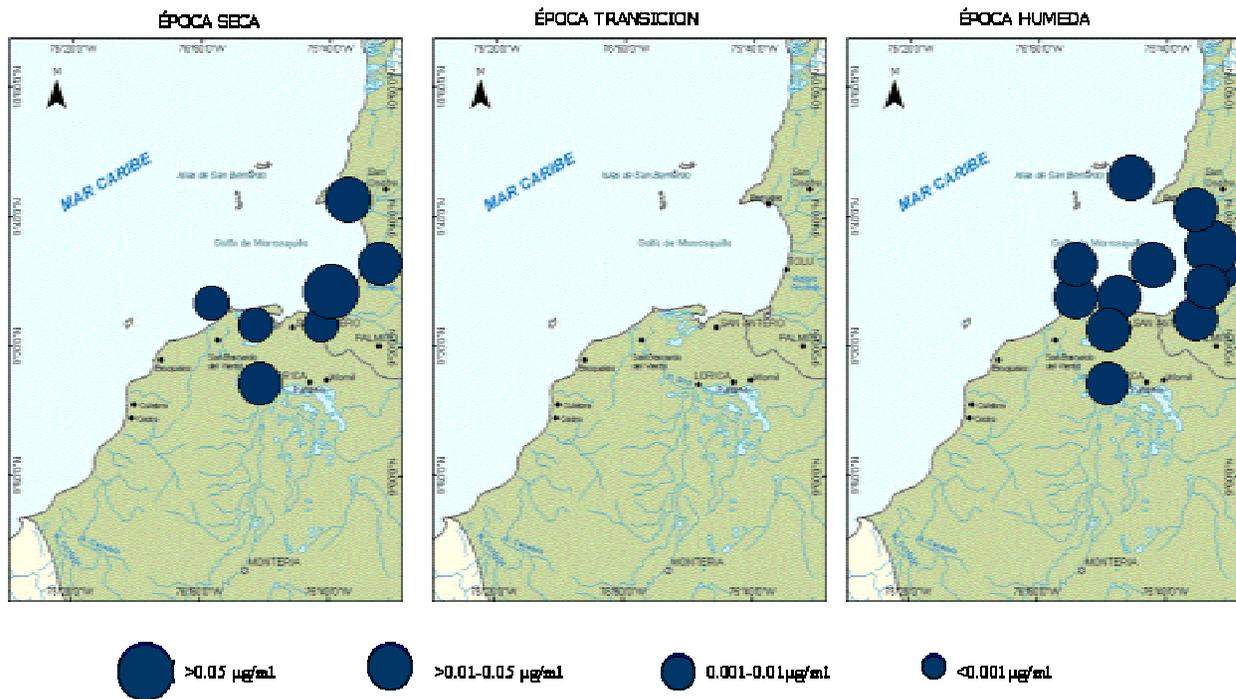


Figura 14. Distribución de Pb ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del Golfo de Morrosquillo.

En la mayoría de las estaciones, las concentraciones de Pb medidas en la época seca se mantienen en el mismo rango, excepto en las estaciones localizadas en el Río Sinú, donde aparecen aumentadas. Hacia la época de lluvias, la concentración de Pb aumentó en todas las estaciones, presentándose los mayores valores en las estaciones localizadas frente a los Caños Alegre y Caimanera. Las concentraciones que se midieron en estas estaciones fueron de 68.6 y 58.4 $\mu\text{g/l}$ respectivamente.

Con excepción de los valores registrados en las estaciones localizadas en el Río Sinú durante la época seca, el Cd no mostró grandes variaciones en la concentración entre estaciones y épocas de muestreo. En general estos valores estuvieron en el mismo rango durante las dos (2) épocas en que se realizaron los muestreos.

De acuerdo a lo establecido en la escala indicativa de contaminación, se observa que las concentraciones de Cr (Figura 15) y Cd (Figura 16) medidas, se encuentran dentro de los valores establecidos como No Contaminación y sin ningún nivel de riesgo. Contrariamente el Pb presentó valores que oscilaron dentro de los rangos dados para Contaminación Baja y Contaminación Media (Figura 17), con niveles de riesgos bajo y moderado, respectivamente. No obstante, los resultados encontrados para este elemento, en algunas de las fuentes que tributan sobre el Golfo, como en el caso de las descargas de los caños Alegre y Caimanera, generan preocupación al registrarse valores que se enmarcan dentro del rango establecido para Contaminación Media, según la escala de valoración conceptual. Estos resultados podrían estar evidenciando una posible contaminación con este metal, manifestando además la influencia de las descargas a través de los ríos y en menor grado los vertimientos de los caños y arroyos que tributan sobre el Golfo.

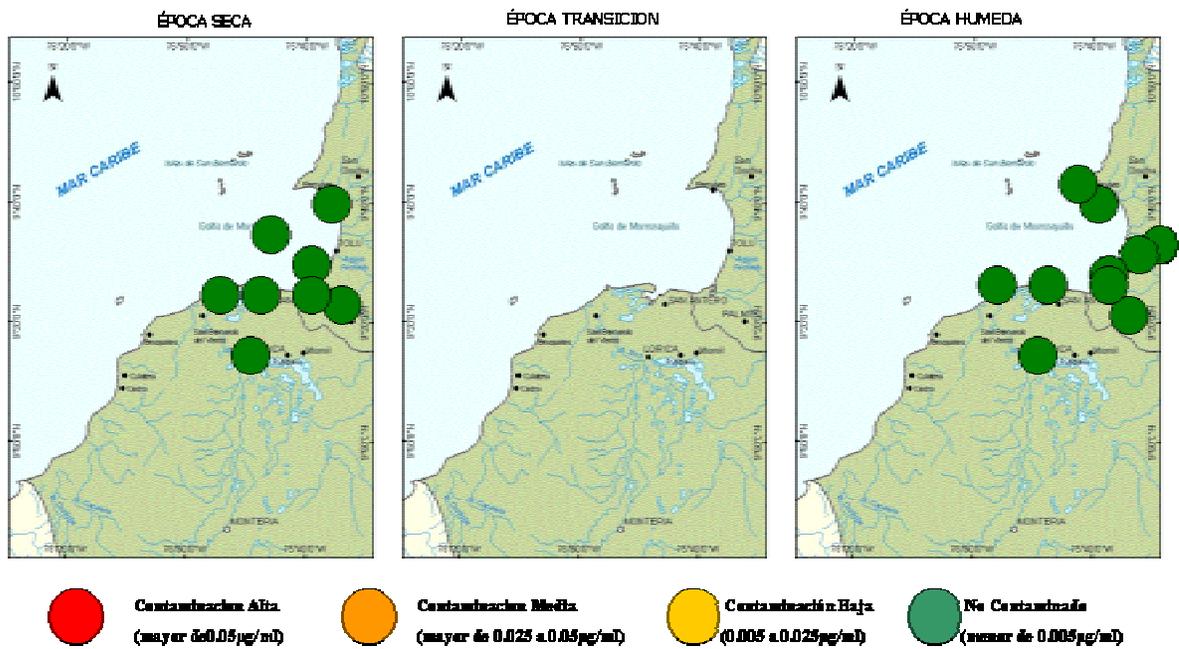


Figura 15. Valoración de la contaminación con Cr (µg/ml) en la zona costera del Golfo de Morrosquillo.

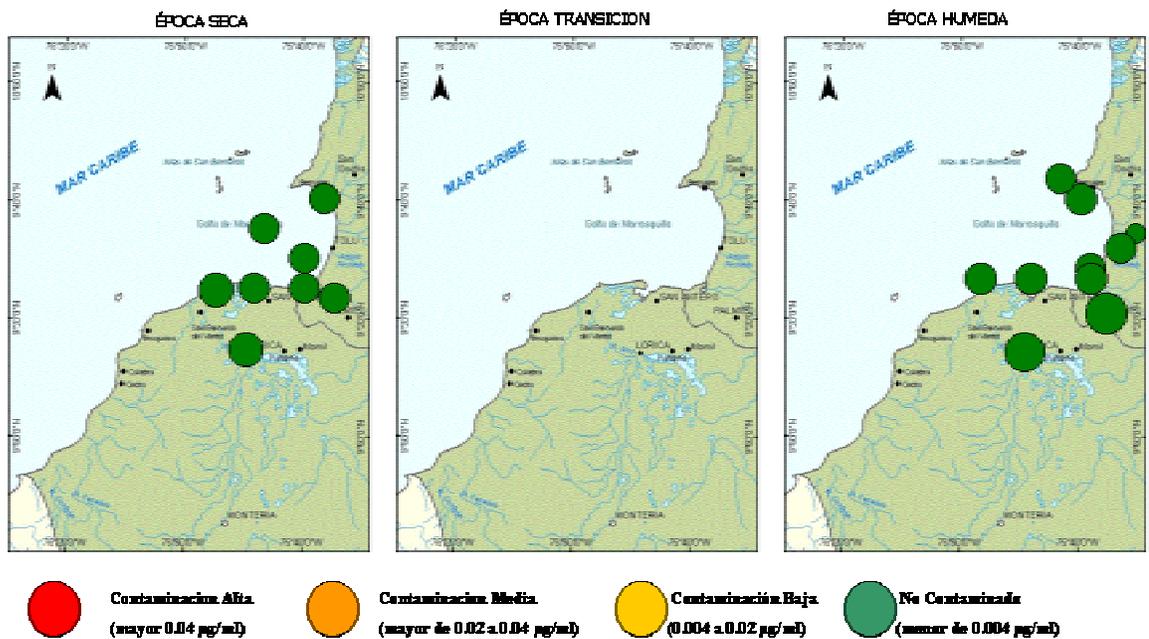


Figura 16. Valoración de la contaminación con Cd (µg/ml) en la zona costera del Golfo de Morrosquillo.

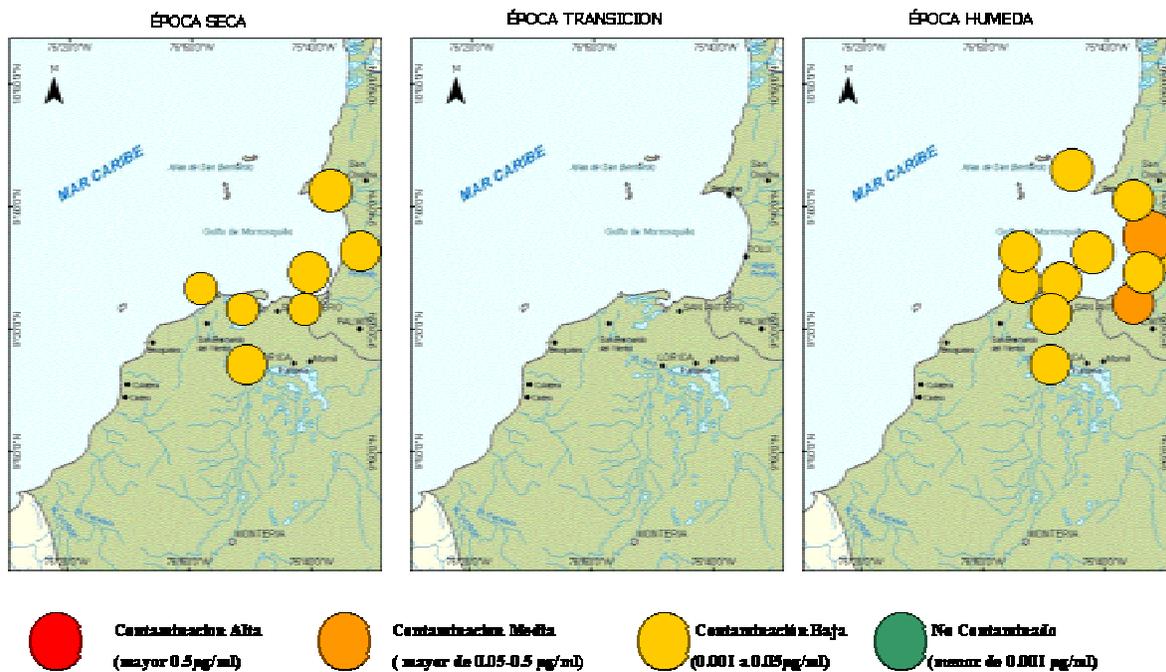


Figura 17. valoración de la contaminación con Pb ($\mu\text{g}/\text{ml}$) en la zona costera del Golfo de Morrosquillo.

1.6 ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

En esta porción de la costa la plataforma continental alcanza una profundidad máxima de 90 m. Del Golfo de Morrosquillo a Isla Fuerte existe sedimentación esencialmente lodosa. Como se observa en la Figura 18, en esta zona se pueden encontrar todos los principales tipos de ecosistemas, con excepción de litoral rocoso (Steer et al, 1997). A lo largo de toda la costa del golfo se encuentran playas y barras.

El trayecto de costa en el departamento de Sucre se encuentra altamente influenciado por los aportes de agua dulce provenientes de una cuenca hidrográfica de aproximadamente unos 1500 km², aportes que llegan al mar a través de 5 cauces de regular importancia. La totalidad de la cuenca goza de un régimen hídrico bastante similar, caracterizado por aguas bajas durante los meses de diciembre a mayo, llegando a secarse la mayor parte de los cauces, mientras que los caudales son mayores durante la época lluviosa (Campos, 1996).

Las principales cuencas del departamento de Córdoba que vierten a la costa Caribe, las componen la del río Sinú y la del río Canalete. El río Sinú antes de la década de los cuarenta desembocaba en la bahía de Cispatá; en esa época la zona se caracterizaba por actividades agrícolas y ganaderas, luego cambió su curso y ahora desemboca directamente en el Caribe, conformando un nuevo delta (Campos, 1996).



Figura 18. Ecosistemas marinos y costeros en los litorales de los departamentos de Sucre y Córdoba. Áreas donde se ha reportado deterioro de los ecosistemas por la contaminación.

1.6.1 Manglares, estuarios y lagunas costeras

Las formaciones de manglar en el departamento de Sucre se extienden desde Punta Comisario hasta el sector de Balsillas, interrumpido en algunos tramos; desde Punta Verrugas hasta Tolú en franjas discontinuas, heterogéneas y hacia el sur de Tolú, algunas formaciones en la vía a Coveñas, hasta el sector de la ciénaga de La Caimanera que posee un desarrollo estructural muy significativo (INVEMAR, 2000). En el 2001 CARSUCRE realizó una zonificación de los manglares de Córdoba (D. Montalvo, *comm. pers.*) y se espera incluir este documento en los próximos estudios que se realicen sobre el estado de este ecosistema en la zona.

En el delta del canal del Dique se presentan bosques ribereños, de cuenca y de borde, con dominio de *Rhizophora mangle*. La influencia del agua dulce es bastante notoria ya que los rodales de mangle se mezclan con especies glicófitas. Entre el sector de Guacamayas y el Francés, en un conjunto de ciénagas y territorios inundables comunicados por caños, crecen algunos parches dominados por mangle rojo mientras que en la parte posterior, en cercanías de la carretera, se encuentran *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*. En el tramo de la carretera es frecuente

encontrar pequeños rodales de manglar distribuidos a manera de parche, formando tupidos grupos de *A. germinans* y *L. racemosa* (INVEMAR, 2000).

La ciénaga de la Caimanera está rodeada por una franja de bosque de manglar donde predomina *R. Mangle*; hacia la parte interna aparecen *A. germinans* y *L. racemosa*. Entre el cuerpo de agua de la ciénaga y el mar se encuentra una zona llamada El Garzal, que hacia su interior presenta un alto porcentaje de mortalidad probablemente debido a la interrupción de flujos hídricos entre el mar y la ciénaga y por la hipersalinización de los suelos (INVEMAR, 2000).

La problemática que enfrentan los manglares en este departamento está asociada principalmente con la tala y aterramiento para la urbanización y la construcción de camaroneras; a esto se suma la expansión de la frontera agrícola y ganadera hacia las áreas de manglar, de tal forma que ya son muchas las formaciones que han desaparecido.

En los manglares que bordean la carretera Tolú - Coveñas se ha registrado acumulación de basuras y aguas negras ocasionando el deterioro estético y sanitario del ecosistema (Sánchez et al, 1997).

En las islas de San Bernardo se destacan las formaciones de manglar de Tintipán e isla Mangle. Especialmente en Tintipán el manglar se encuentra bastante intervenido, con construcciones dentro de las zonas de manglar y talas considerables, con relleno para la instalación de muelles y marinas, utilizando la arena marina (Sánchez et al, 1997).

Los manglares de Córdoba se encuentran en 3 sectores: el primero es una franja muy angosta con individuos de gran porte y zonificación típica, que comienza en Punta Bolívar y se extiende hacia el sur hasta cercanías de Punta Rebusina. El segundo sector comprende los manglares ubicados en el antiguo delta del río Sinú y son bosques con predominio de *R. Mangle* asociado a *A. germinans*, *L. racemosa* y *C. erecta* ocupan un total de 6.832 ha. El tercer sector se localiza en la desembocadura del río Sinú conocida como Tinajones. Presenta bosques de manglar muy intervenidos, donde dominan las especies *C. erecta* y *L. racemosa* (INVEMAR, 2000).

Las posibilidades de contaminación de la zona costera de Córdoba podrían provenir de las actividades del puerto petrolero de Coveñas, aunque al parecer tienen control sobre la situación. El principal problema que enfrentan los manglares y que es generalizado en toda la costa se debe a la expansión de zonas agrícolas y ganaderas en su parte interna y de zonas turísticas en la externa, especialmente en la bahía de Cispata, lo cual implica el arrasamiento total de extensas áreas de manglar y el aterramiento definitivo. Otro factor de deterioro importante en esta zona es la extracción selectiva de troncos que impide al bosque alcanzar su madurez (Sánchez et al, 1997).

1.6.2 Vegetación marina.

Las praderas de fanerógamas aparentemente son uno de los ecosistemas bentónicos más extensos e importantes⁵ del archipiélago de San Bernardo; ocupan un área de 64,8 km².

En inmediaciones de Isla Fuerte se desarrolla una pradera extensa de *Thalassia* en el costado sur – suroeste a sotavento, donde la dinámica del oleaje es más reducida⁶. Esta pradera se extiende en un área de 6,7 km² (INVEMAR, 2000).

Más hacia el sur, en torno a la isla Tortuguilla, se encuentran algunos rodales de pastos marinos⁷, que ocupan 0,7 km² (INVEMAR, 2000).

⁵ Patiño / Flórez, 1993; Ramírez et al, 1994, López-Victoria, 1999; López-Victoria & Díaz, en prensa [9]

⁶ Díaz et al, 1996c [9]

⁷ López-Victoria et al en prensa [9]

1.6.3 Arrecifes de coral.

El Archipiélago de San Bernardo es un complejo coralino localizado frente a las costas del departamento, al extremo noroeste del Golfo de Morrosquillo. Está conformado por nueve islas y un islote artificial construido por pescadores a base de conchas de caracol y escombros coralinos. Las formaciones coralinas se distribuyen por todo el complejo, presentando un mayor desarrollo y cobertura en los flancos norte y oeste, en donde se observan arrecifes franjeantes y parches coralinos hasta los 30 m de profundidad. La cobertura de coral vivo alcanza un 46% (Díaz et al, 2000).

En cuanto al estado actual de las formaciones coralinas del Archipiélago de San Bernardo, son de importancia algunas condiciones que afectan de manera negativa el desarrollo de la estructura arrecifal. A pesar de presentar un valor promedio de coral vivo del 46,1%, se ha reportado la presencia de enfermedades en coral como "banda blanca", "banda negra", "lunares oscuros" y "parches blancos" y un brote de "banda amarilla" en el mes de abril de 1988. La muerte coralina, la invasión por algas, el palidamiento y la presencia de peces territoriales, se muestran como las condiciones de deterioro más importantes en orden decreciente (INVEMAR, 2000). Entre los factores causantes de este deterioro se han registrado la sobrepesca, la extracción de coral, la pesca con artes deletéreos como la dinamita, el calentamiento global y la descarga de aguas continentales, principalmente del río Sinú. El paisaje submarino del archipiélago se encuentra actualmente en un proceso de transición de predominantemente coralino a vegetal, viéndose los corales pétreos paulatinamente desplazados por la algas (Díaz et al, 2000).

Frente a la costa del departamento de Córdoba se presentan cuatro áreas arrecifales importantes: Isla Fuerte, Tortuguilla y los bajos Bushnell y Burbujas.

Isla Fuerte es una pequeña plataforma calcárea con una elevación máxima de 12 msnm. La cobertura de coral vivo total es de 33,8% y de coral muerto de 47,7% (Díaz et al, 2000). Esta cobertura de coral vivo ha disminuido en un 25% desde 1995. Las condiciones de deterioro observadas con más frecuencia en la actualidad aparte de la mortalidad (que ha alcanzado el 40%) son las invasiones por algas y esponjas, seguidas por peces territoriales. Adicionalmente se han observado algunos brotes de enfermedades como banda blanca, lunares oscuros y parches blancos (INVEMAR, 2000).

Las principales causas del deterioro coralino en Isla Fuerte parecen ser la sedimentación y la inadecuada explotación de recursos. Durante casi todo el año se presenta una zona de aguas turbias en el este y sur de Isla Fuerte que parecen tener una gran influencia sobre el desarrollo coralino. Esta turbidez parece ser causada por la influencia de la pluma de sedimentos del río Sinú. La ausencia de peces de tallas comerciales y la ausencia de algunas especies de crustáceos y moluscos de importancia comercial indican una fuerte presión extractiva en el área. A esto se suma que la isla ha experimentado durante la última década un considerable aumento en la población residente y temporal (turistas), lo que posiblemente ha incrementado la presión sobre los recursos de estas áreas coralinas (Díaz et al, 2000).

Bajo Bushnell es un pequeño bajo en forma de meseta localizado a 18 Km. al noroeste de Isla Fuerte, que se eleva hasta los 12 m de profundidad, donde se presentan corales mixtos, con especies como *Millepora*, *Agaricia*, *Montastrea*, además de densas poblaciones sanas del abanico de mar *Gorgona ventalina* y una diversa fauna, flora y recursos pesqueros (Steer et al, 1997). En las vertientes del bajo se reduce la cobertura coralina, las colonias toman una forma costrosa y aumenta la presencia de esponjas y octocorales en buen estado de conservación (INVEMAR, 2000). La cobertura de coral vivo es de 20,3% y de coral muerto de 35,8% (Díaz et al, 2000). El porcentaje de coral vivo, con respecto al sustrato duro, ha disminuido un 10% y actualmente se observa invasión por algas y esponjas sobre los corales, además de fenómenos de blanqueamiento en algunas colonias, mortalidad y enfermedades como lunares oscuros y parches blancos. Por su

distancia a centros urbanos, en el bajo se ha mantenido un estado de conservación relativamente bueno sin embargo es notoria la disminución de caracol pala la ausencia de peces de talla comercial y las visitas cada vez más continuas de buzos recreativos, así como la presencia de pescadores durante casi todo el año (INVEMAR, 2000).

Bajo Burbujas, denominado así por la constante emisión de gases que se presenta en uno de sus costados, es un domo de forma circular, ubicado a 9 Km. al noroeste de isla Fuerte. Se caracteriza por presentar baja cobertura coralina; las pocas especies de coral existentes crecen sobre esqueletos de coral no consolidados. La parte superior del domo presenta un fondo mixto con cobertura de octocorales (INVEMAR, 2000). Las coberturas de coral vivo y muerto son 28 y 65,3 respectivamente (Díaz et al, 2000). Las especies de coral que se encuentran presentes en el Bajo Burbujas están en buen estado de conservación con uno de los porcentajes de mortalidad más bajos (18%) dentro de los arrecifes del Caribe colombiano. La condición de deterioro más observada fue palidecimiento, seguida por lunares de sedimento. Entre las enfermedades solo se observó la banda amarilla, pero de forma muy aislada .

A pesar de las condiciones sub-óptimas caracterizadas por alta turbidez y sedimentación, en Tortuguilla se han desarrollado parches y tapetes coralinos. Las formaciones se encuentran en buen estado y no muestran condiciones de deterioro importantes, salvo aquellas cuya incidencia es de carácter generalizado. Sin embargo, algunos parches aislados dominados por las especies *Porites porites* y *Agaricia tenuifolia* se encuentran bastante deteriorados y cubiertos por algas (Díaz et al, 2000).

1.7 CONCLUSIONES

- ▶ En las costas de Sucre y Córdoba se presentan variadas entradas de aguas continentales a la zona costera que influyen en la calidad físico-química de las mismas, sin embargo es el Río Sinú, el que hace los mayores aportes lo que se refleja en las condiciones casi estuarinas de las aguas del Golfo (con salinidades entre 24 y 32 ups). Otras fuentes menores aportan nutrientes y materia orgánica, como es el caso de Caño Guainí y Zaragocilla que reciben las aguas residuales de Tolú y San Onofre respectivamente. Aunque estos municipios poseen lagunas de oxidación, algunas no operan, o lo hacen deficientemente.
- ▶ Los estudios microbiológicos realizados indican que los cuerpos de agua en la zona costera del departamento de Córdoba y Sucre los de mayor aporte de contaminación de origen fecal al Golfo de Morrosquillo son los ríos Sinú, con concentraciones entre 11000 y 24000 NMP/100 ml al ser uno de los principales ríos del país que arrastra gran cantidad de sólidos disueltos convirtiéndose de esta forma en una fuente de contaminación de esta zona. En el departamento de Córdoba las mayores concentraciones durante las dos épocas fluctuaron entre 1800 y 24000 NMP/ 100 ml y se presentaron en el caño Guaní, Remedios, Nisperal, Zaragocilla y Guacamaya, siendo estos los lugares donde llegan las descargas de aguas negras domésticas por los asentamientos ribereños que carecen de un adecuado servicio de alcantarillado. Presentándose un problema de tipo sanitario. En la estación de Tolú las concentraciones de coliformes fecales están muy por encima de lo establecido por la legislación colombiana, y la desembocadura del río Pechelín tiene gran influencia sobre esta zona por la acción de la corriente que deriva de sur-norte; revelando el tipo de contaminación que está siendo vertida al mar y que afecta los sitios utilizados por los bañistas para su recreación.
- ▶ El golfo de Morrosquillo a pesar de su gran actividad en carga y transporte de petróleo, presenta niveles medios de HDD que no superan el valor máximo permisible. Se clasifica como una zona de riesgo medio de contaminación por HDD y como una zona de alto riesgo de contaminación por residuos de plaguicidas debido al impacto de la actividad agrícola de la cuenca en las regiones altas del departamento de Sucre.

- ▶ Las concentraciones de Cr y Cd registradas para el monitoreo de aguas, no representan un nivel de riesgo para el sistema, ya que los valores registrados para estos dos metales, se enmarcaron dentro de los rangos establecidos como No Contaminación, tal como se encuentra descrito en la escala indicativa de contaminación (4.0 µg Cd/l y 5.0 µg Cr/l). Se registraron concentraciones altas de Pb en las estaciones de los Caños Alegría y Caimanera. Estos resultados se encuentran dentro del rango establecido como Contaminación Media en la escala conceptual, evidenciándose un posible inicio de procesos de contaminación por Pb en estas zonas.
- ▶ En las costas de Sucre y Córdoba se presentan variados síntomas de deterioro de los ecosistemas marinos y costeros, habiéndose registrado especialmente aquellos en los manglares y arrecifes de coral. El deterioro provocado específicamente por la acción de la contaminación se reportó en el golfo de Morrosquillo, especialmente sobre el ecosistema de manglar. Los ecosistemas coralinos se conservan relativamente en buen estado, pero presentan enfermedades, blanqueamiento e invasión por algas, síntomas de deterioro que pueden estar siendo causados por efectos naturales y antrópicos, entre ellos la contaminación. Sin embargo, es algo que aún no se ha estudiado en la zona. Otro foco de deterioro potencial lo constituye la desembocadura del río Sinu ya que es un curso de agua que atraviesa zonas arroceras. Por sus características de cultivo, el arroz es el producto más contaminante de aguas por agroquímicos que pueden estar llegando a los ecosistemas marinos y costeros de la zona, acumulándose en los tejidos de los organismos y por lo tanto en la cadena alimenticia.

2. GOLFO DE URABA (ANTIOQUIA Y CHOCÓ)

2.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En el Golfo se encuentran cinco municipios costeros, cuatro de ellos tienen cabeceras ubicadas junto a la costa: Arboletes, Necoclí, Turbo y Acandí. Su tamaño poblacional y cobertura de alcantarillado se muestran a continuación:

Tabla 5: Población y cobertura de alcantarillado de las principales poblaciones costeras del departamento de Antioquia.

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN (hab.) 2001**	% ALCANTARILLADO
Antioquia	Arboletes	Cabecera	8.371	65
	Necoclí	Cabecera	9.446	25
	Turbo	Cabecera	45.197	60
Chocó	Acandí		4.806	

* Datos extraídos del Sistema de Información de Aguas y Saneamiento Básico (www.sias.gov.co)

** Datos de 1993 (Steer *et al*, 1997)

En Arboletes cuentan con una laguna de oxidación, construída hace más de 15 años. Necoclí también cuenta con una laguna de oxidación pero actualmente no se encuentra en funcionamiento. Al municipio de Turbo se le otorgó una licencia para la construcción de una laguna de oxidación sin embargo no se ha reportado funcionando (Barrera *et al*, 2001).

El Golfo de Urabá recoge la carga de contaminantes del río Atrato y la zona bananera con gran descarga de desechos sólidos (Steer *et al*, 1997).

Los cultivos de banano se encuentran principalmente en Turbo, Carepa, Apartadó y Chigorodó. Sin embargo, no existen reportes actualizados sobre el consumo de agroquímicos (Garay, 2001).

En Turbo se desarrollan actividades portuarias, principalmente para el comercio de banano.

Los principales cuerpos de agua del departamento de Antioquia que vierten sus aguas al golfo son los ríos Caimán, Turbo, León y Atrato.

Chocó posee dos municipios costeros con costas en el golfo: Acandí y Unguía. Sobre la costa se ubican además los poblados de Triganá y Capurganá.

Los principales problemas en la costa del Caribe chocoano son derivados de la minería, el vertimiento de residuos orgánicos y de residuos sólidos (Campos *et al*, 1996). Estos últimos derivados en parte de la actividad turística que se desarrolla en la porción norte de la costa especialmente alrededor de Capurganá.

El vertimiento de residuos orgánicos a las fuentes de agua se debe a la falta de infraestructura en la red de alcantarillado (INVEMAR, 2000).

La actividad minera en conjunto con la sedimentación debida a la explotación forestal incrementa la carga de sedimentos y desechos sólidos que transportan los ríos hasta el mar (INVEMAR, 2000).

2.2 FÍSICOQUÍMICOS

La Corporación posee una amplia red de 22 estaciones en el Golfo más cuatro del Chocó Caribe (Triganá, Capurganá y Acandí). Las estaciones cubren todas las fuentes de agua dulce que drenan hasta el Golfo. Se analizan datos de dos muestreos, realizados durante el primer semestre del año por la Corporación (Figuras 2 a 6).

La región de Urabá presenta una extensa red de información y presenta posibilidades interesantes para el estudio de la dinámica de esta región. En primer lugar, la gran cantidad de ríos, arroyos y riachuelos que desembocan allí, hacen que la salinidad sea en promedio de 5 partes, siendo las fronteras de este sistema amplias. Los niveles de oxígeno se mantienen por encima de 5 mg/l, excepto para el río Necoclí donde se registró hipoxia (0.85 mg/l O₂). Los valores de nutrientes en los ríos y sus desembocaduras son de gran importancia y se encontraron en el rango de 127.8 y 711.9 µg N/l de nitrógeno inorgánico disuelto, mientras que para el fósforo estuvo entre 3.26 y 176 µg P/l. Toda esta dinámica lleva también asociada el transporte de sedimentos (320 mg/l de sólidos sedimentables en la desembocadura de los ríos (Figuras 127 a 131). Al igual que para otras regiones las temporadas climáticas influyen en las características del agua del golfo. En promedio para los registros analizados (febrero a junio de 2001), la salinidad promedio fue de 6.8 y los valores extremos registrados fueron: 0 y 28.8 en los ríos y en el límite con el Chocó respectivamente.

Las condiciones que este sector costero presenta son bastante dinámicas (Molina *et al*, 1992) y reflejan mucha de las actividades que se realizan en el continente, tanto naturales como antrópicas (Rueda *et al*, 1992; Vásquez & Chaparro, 1997). Esta dinámica es importante para entender como interactúan las aguas continentales que descargan en la zona de Urabá (Río Atrato principalmente) con la de Córdoba y (Río Sinú) y la del Magdalena que es la mayor descarga de aguas continentales en el Caribe colombiano, con el accionar de las principales corrientes generadas por los vientos del norte y las contracorriente de Panamá que se hace evidente en temporada de lluvias. Todo el sistema de corrientes contribuye para diluir y dispersar por todo el Caribe, los sedimentos y otras sustancias que ingresan al mar. Como influyen todos estos elementos en los ecosistemas marinos y costeros (Pral, 1985; Bula & Schnetter, 1988)), es la pregunta que aún perdura y que deberos contestar mediante un refinamiento en el análisis de la información colectada.

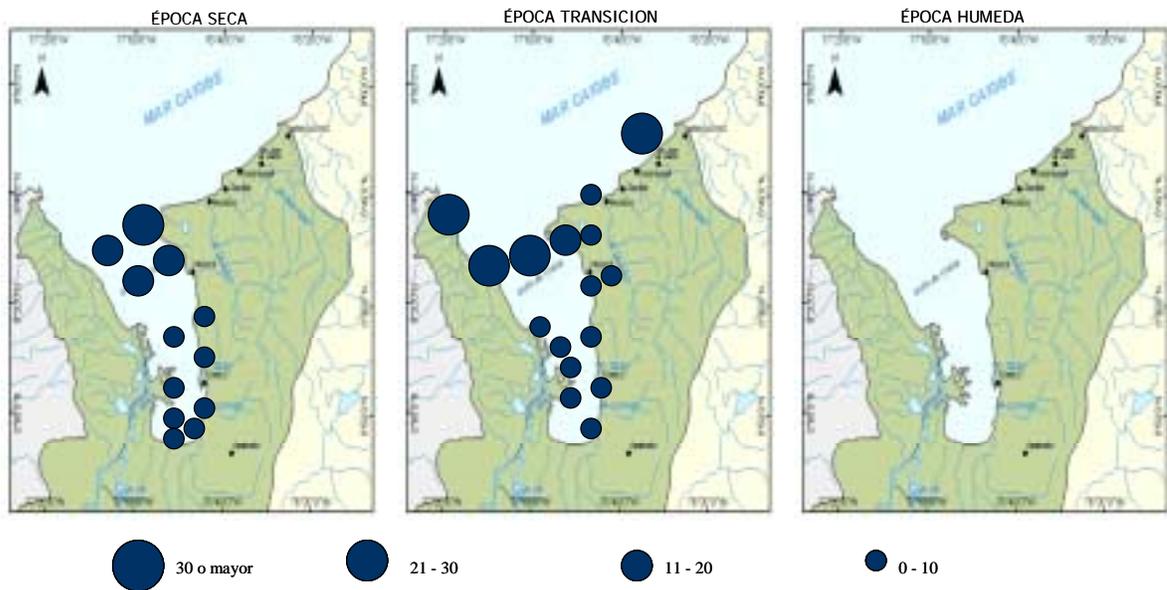


Figura 19. Distribución de la salinidad en la zona costera del departamento de Antioquia.

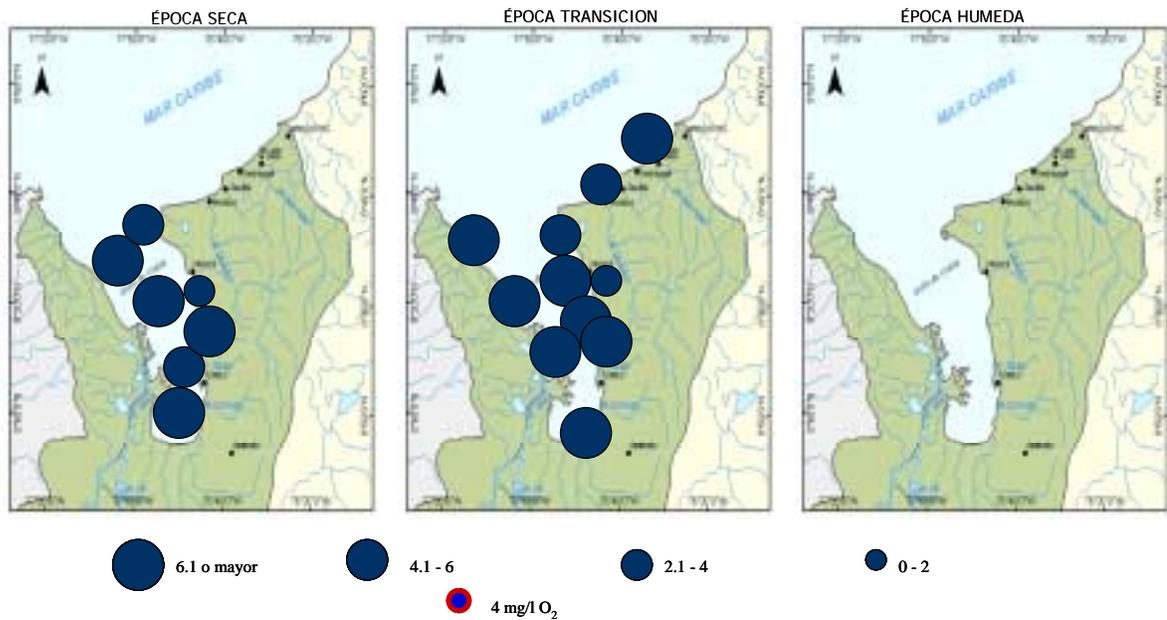


Figura 20. Distribución del oxígeno disuelto en la zona costera del departamento de Antioquia.

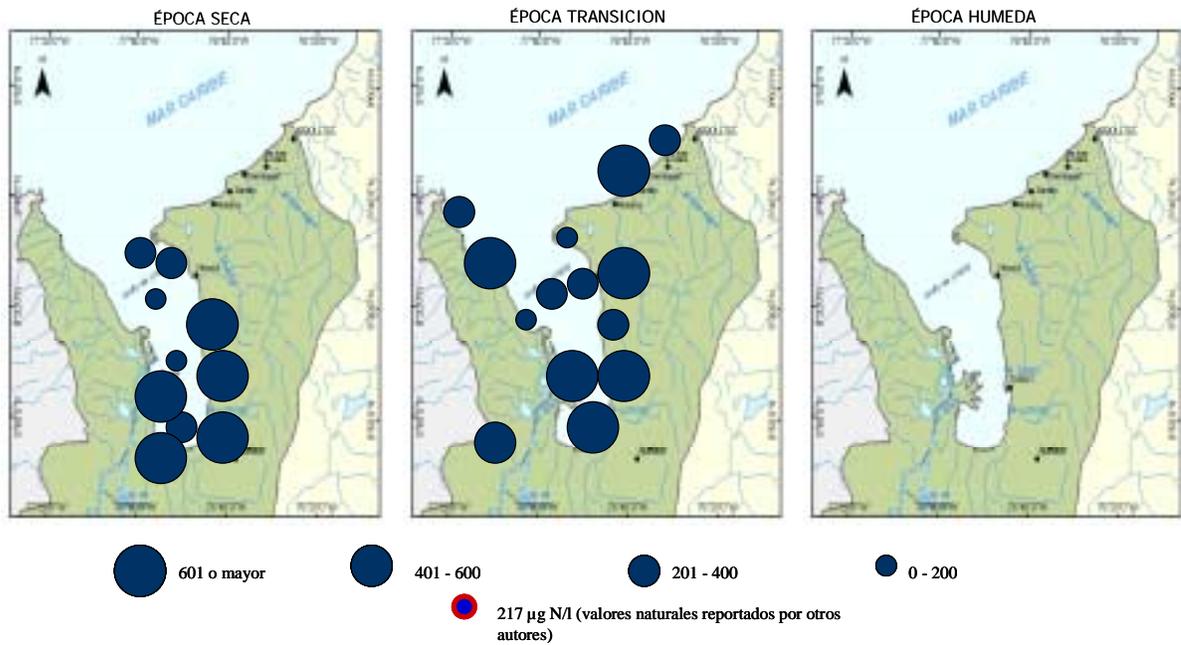


Figura 21. Distribución del nitrógeno inorgánico disuelto ($\mu\text{g/l}$) en la zona costera del departamento de Antioquia.

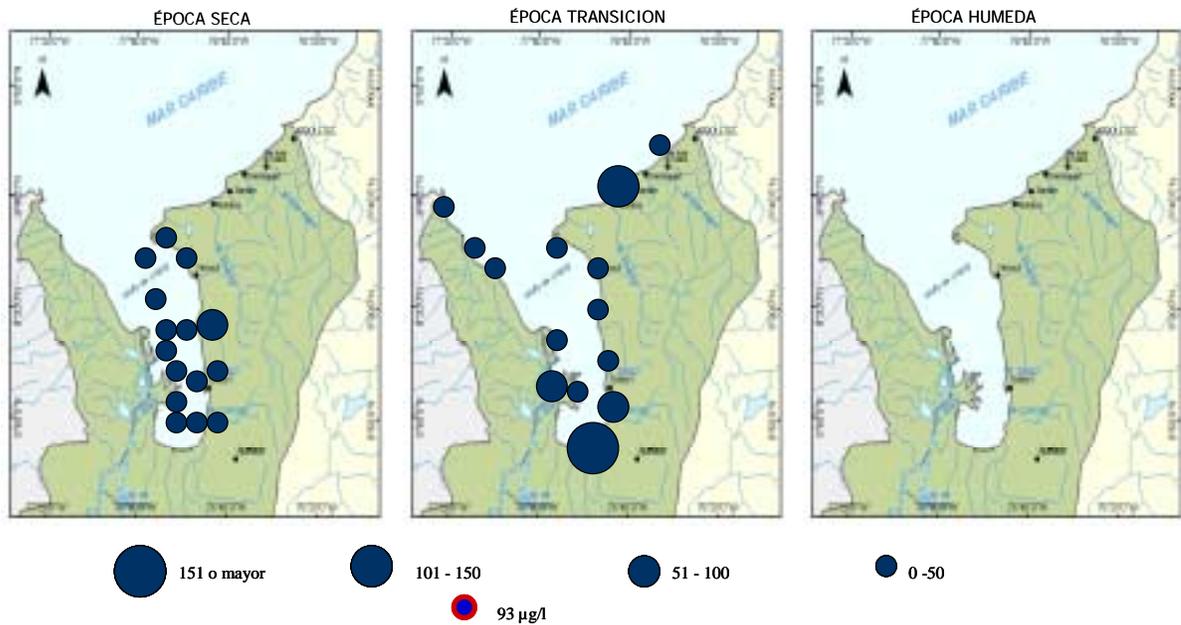


Figura 22. Distribución del fósforo inorgánico disuelto ($\mu\text{g/l}$) en la zona costera del departamento de Antioquia.

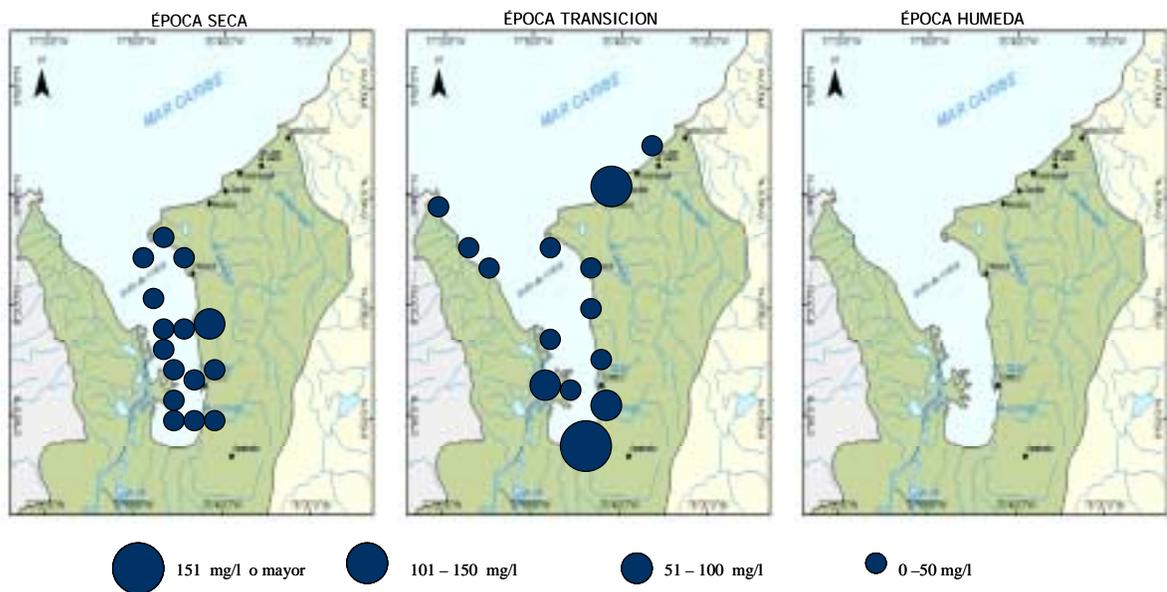


Figura 23. Distribución de sólidos suspendidos en la zona costera del departamento de Antioquia.

2.3 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

En las costas Caribe y Pacífico de Colombia la mayoría de las aguas residuales domésticas e industriales son vertidas sin ningún tipo de tratamiento previo. La contaminación especialmente microbiológica representa el principal riesgo para los ecosistemas acuáticos receptores y para la salud de todas aquellas personas que hacen uso de estos recursos hídricos, ya sea por contacto primario, secundario o mediante el consumo de alimentos marinos provenientes de estas zonas afectadas.

El mayor porcentaje de contaminantes que son descargados en estos ecosistemas costeros es de tipo doméstico, donde la franja del Caribe Colombiano recibe el 70% de estos desechos debido a las concentraciones urbanas que allí se encuentran. Lo cual ha obligado a asumir una mayor responsabilidad sobre la conservación, defensa y calidad de estos ecosistemas, ya que sus aguas son utilizadas para deportes náuticos y como balnearios, colocándose en riesgo la salud del hombre.

El presente capítulo pretende realizar un diagnóstico preliminar microbiológico del estado actual de las aguas marinas y costeras del departamento de Antioquia, evaluando la influencia que ejerce la actividad humana sobre las zonas costeras de este departamento de tal forma que la información analizada permita sugerir las acciones en cuanto al manejo de recursos hídricos que garanticen la conservación y el mejoramiento de la calidad ambiental en la zona costera del país.

Atendiendo a las características de la región se presume que están siendo tributados al Golfo de Uraba una elevada contaminación microbiológica por las descargas de afluentes domésticos que trae como resultado el deterioro de los ecosistemas marinos. (Marín y Garay, 2001).

En esta región no se cuenta con datos históricos de contaminación microbiológica por lo que no se puede establecer una tendencia. Los valores obtenidos en el muestreo realizado durante 2001 revelaron que las concentraciones de Coliformes fecales fluctuaron entre <20 y 7900 NMP/100 ml con un promedio de 747 NMP/100 ml (Tabla 6 y Figura 24).

Tabla 6. descripción de la información microbiológica (Coliformes fecales) en la Zona departamento de Antioquia.

Codigo	Estación	Año	Promedio	datos	Rango- NMP/100mls
C05URACA024	rio Acandi	2001	180	2	140-220
C05URADCA	Desemb Rio Acandi	2001		1	34
C05URBAC014	Km arriba del Río León	2001		1	200
C05URBAC013	Desemb del Río León	2001		1	20
C05URBAC015	Río leon Bahía Colombia	2001		1	340
C05URBAP017	rio Leoncito	2001	600	2	110-1090
C05URBAP016	Desemb rio Leoncito	2001	125	2	110-140
C05URBCG019	Km arriba rio Atrato	2001	165	2	130-200
C05URBCG020	Río Atrato Matuntuqo	2001		1	50
C05URNECERN	Ensenada de Río Negro	2001	10	2	0-20
C05URMUL003	Río Mulatos	2001	5350	2	2800-7900
C05URMUL002	Desemb del Río Mulatos	2001	835	2	270-1400
C05URNEC006	Río Necocli	2001	1110	2	220-2000
C05URNEC005	Desemb de Río Necocli	2001	280	2	20-540
C05URTUR012	Km Arriba rio Currulao	2001	12100	2	200-24000
C05URTUR011	Desemb rio Currulao	2001		1	200
C05URARB001	Playa de Arboletes	2001		2	2780-16000
C05URCAP026	Playa Capúrgana	2001	165	2	0-330
C05URNEC007	Playa de Necocli	2001	253	2	17-490
C05URTOT008	Playa el Totumo	2001	72	2	50-94
C05URTUR010	PLaya de Turbo	2001	165	2	130-200
	P La Martina	2001		1	1700
	P Trigana	2001		1	27

EPOCA SECA

EPOCA HUMEDA

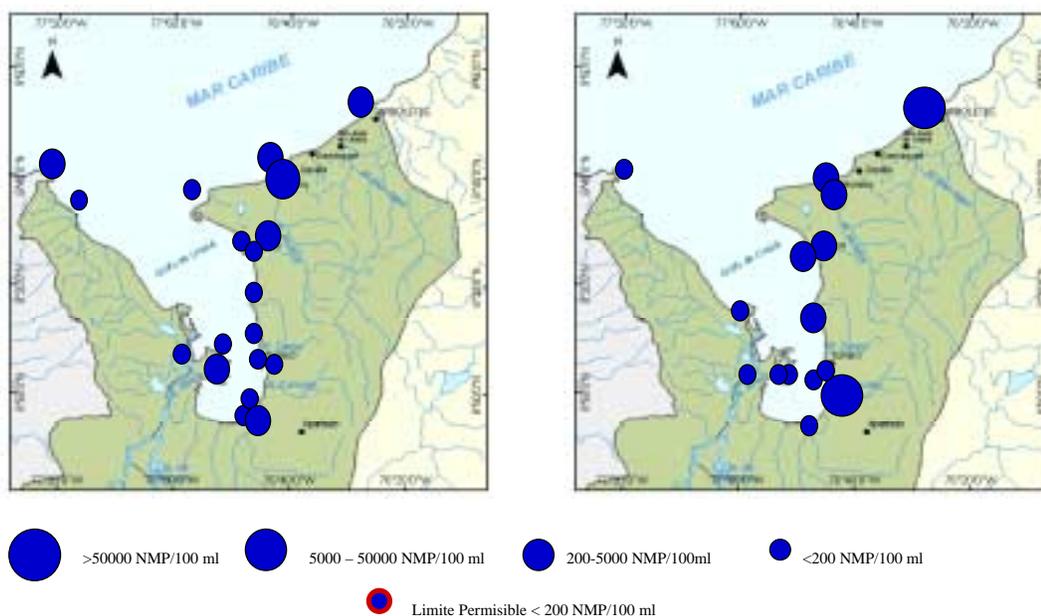


Figura 24. Distribución de coliformes fecales (NMP/100 ml) en la zona costera del Golfo de Urabá.

Para el año 2001 se realizaron dos muestreos durante las épocas significativas del año: época seca y húmeda observando que en la época seca el tributario en donde se encontró una mayor

concentración de Coliformes totales y fecales fue el río Mulatos indicando el vertimiento directo de las aguas negras de origen doméstico provenientes de los asentamientos ribereños.

Los ríos Currulao y Guadalito presentaron una alta población de Coliformes totales, mientras que los Coliformes fecales estuvieron por debajo del límite permisible; en consecuencia se evidenció una contaminación de origen superficial y no de origen fecal (Figura 25).

En la época húmeda se observa un aumento en la concentración en las playas La Martina y Arboletes. Las playas de menor contaminación es la de Capurgana, Necocli Trigana y el Totumo. También se observa que los tributarios continúan siendo fuentes indirectas de contaminación al Golfo de Urabá presentando los mayores niveles en el río Currulao, Mulatos, y Necocli observando un aumento en la concentración por las lluvias que se presenta en esta época que arrastra la contaminación de aguas negras de tipo doméstico y animal teniendo en cuenta que esta zona es ganadera.

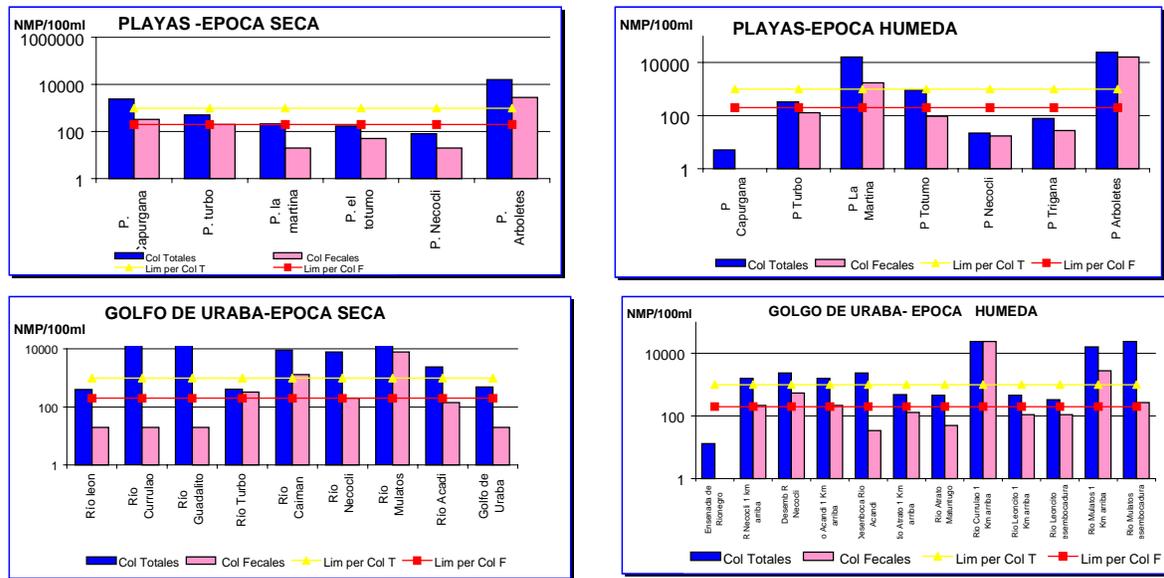


Figura 25. Niveles de Coliformes totales, fecales en la zona costera del Golfo de Urabá en el 2001 y límites permisibles establecidos por la Legislación Colombiana para agua de uso primario.

Teniendo en cuenta la escala conceptual indicativa del grado de contaminación se puede determinar que las muestras analizadas en este departamento el 39% sobrepasaron los niveles permisibles, clasificando según la escala conceptual Marin B, como una zona de CONTAMINACION BAJA (Figura 26).

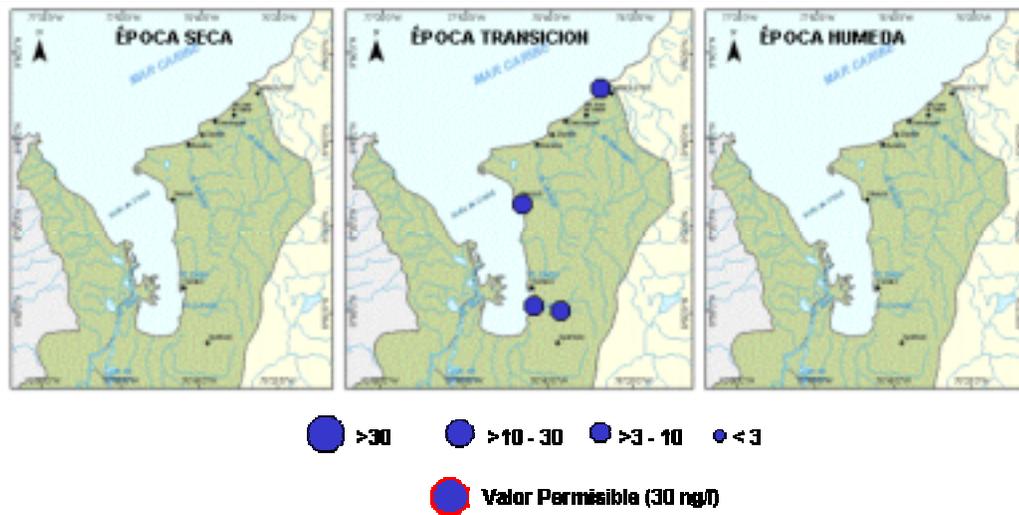


Figura 27. Niveles en ng/l de residuos de plaguicidas organoclorados en el departamento de Antioquia durante 2001.

Las concentraciones de hidrocarburos disueltos y dispersos HDD, se presentan en la Figura 28. Las mayores concentraciones se presentaron en la época de transición, superando en todas las estaciones el valor máximo permisible (<10 ug/l). El promedio de las concentraciones obtenidas para esta época es de 14 ug/l. Estos valores se reducen considerablemente en la época húmeda, donde todos los niveles son inferiores a 1ug/l. Ya que el aumento de las lluvias genera un proceso de dilución, capaz de reducir abruptamente los valores, esto indica que efectivamente la contaminación por HDD no proviene de los afluentes de la zona sino del tráfico marítimo. Con estos resultados, se clasifica el Golfo de Urabá como zona de alto riesgo de contaminación por HDD de origen marítimo.

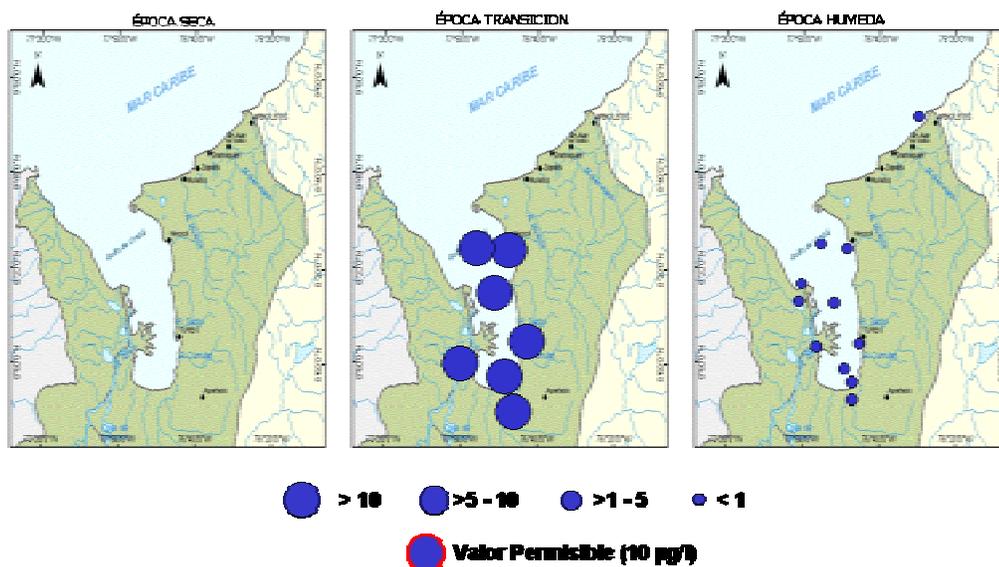


Figura 28. Niveles en ug/l de hidrocarburos disueltos y dispersos en el Golfo de Urabá durante 2001.

2.5 METALES PESADOS

Los resultados se resumen en la tabla. Vale aclarar que estos resultados corresponden al monitoreo de una sola época (marzo del 2001).

Tabla 7. Concentraciones promedio de Cr, Cd y Pb ($\mu\text{g/l}$), rango, desviación estándar (SD) y Coeficiente de Variación (CV%) en aguas del Golfo de Urabá, marzo del 2001.

	Cr ($\mu\text{g/l}$)	Cd ($\mu\text{g/l}$)	Pb ($\mu\text{g/l}$)
Promedio	NM	1.2	6.2
Rango	----	0.2-4.7	1.3-42.8
SD	----	0.0009	0.0086
CV(%)	----	74	138

Como criterio para la realización del diagnóstico de la contaminación metálica en esta zona del país se toman los conceptos establecidos en la escala conceptual propuesta por Marín (2001). Dado que para esta región costera no se encontraron datos históricos de contaminación por metales pesados, serán tenidos en cuenta solo los resultados obtenidos para aguas durante el monitoreo de marzo del 2001.

La concentración promedio de Cd hallada entre todas las estaciones fue de $1.2 \mu\text{g/l}$. El máximo valor de Cd se detectó en la estación localizada en la desembocadura del Río Leoncito así mismo, para este metal se encontraron concentraciones que variaron desde 0.2 hasta $4.7 \mu\text{g/l}$ (Tabla).

El Pb presentó valores de concentración en el rango de 1.3 y $42.8 \mu\text{g/l}$ y un valor promedio de $6.2 \mu\text{g/l}$ (Tabla). Al igual que el Cd, el valor máximo de Pb se presentó en la estación localizada en la desembocadura del Río Leoncito.

Para Cr no se reportan valores puesto que en el estudio de metales pesados en esta zona del litoral caribe, no se tuvo en cuenta para el análisis.

En las figuras () de distribución horizontal se observa que para los metales Cd y Pb las mayores concentraciones se midieron en las estaciones localizadas en la parte sur del Golfo, en tanto que las menores se detectaron en el centro del Golfo y el sector nororiental del mismo. Las altas concentraciones observadas en las estaciones del sector sur del sistema es decir, las que se encuentran cercanas a los ríos que tributan en el Golfo, son favorecidas por los aportes de los mismos, ya que estos generalmente durante su recorrido, arrastran cantidades apreciables de material orgánico en suspensión en donde posiblemente se encuentren adheridos la mayor parte de estos contaminantes. A esto cabe sumar las actividades de carácter antropogénico como en el caso de la explotación minera, vertimientos de industrias, entre otras sobre estos tributarios.

Igualmente se realiza el diagnóstico de la contaminación de esta región costera, con base a los criterios que se establecen en la escala indicativa de contaminación. Los resultados evidencian que las concentraciones de Cd y Pb medidas en la totalidad de las estaciones, se encuentran dentro del rango establecido por la escala conceptual como Contaminación Baja (figuras). Este comportamiento se presentó en la totalidad de las estaciones muestreadas excepto, en la estación localizada en la desembocadura del Río Leoncito, donde se registraron concentraciones que de acuerdo a la escala conceptual se encuentran dentro del rango establecido para Contaminación Media (figura). Lo anterior evidencia la necesidad de profundizar los monitoreos a fin de conocer

la problemática ambiental en el Golfo, de tal manera que permita disponer de argumentos para el control y vigilancia de la calidad ambiental de este ecosistema marino.

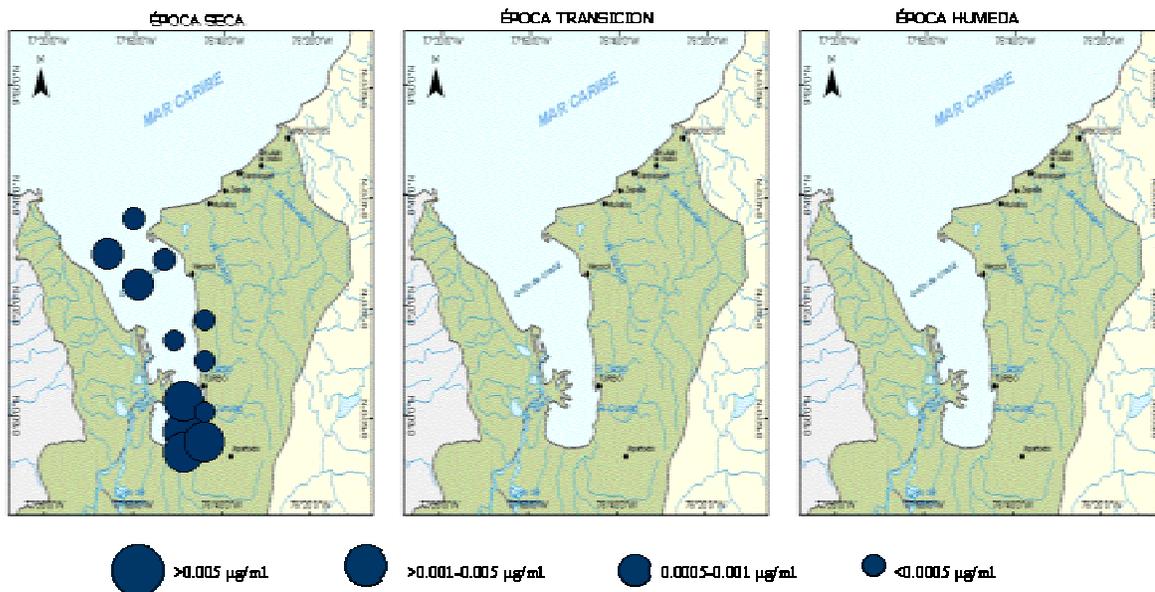


Figura 29. Distribución de Cd ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del departamento de Antioquia.

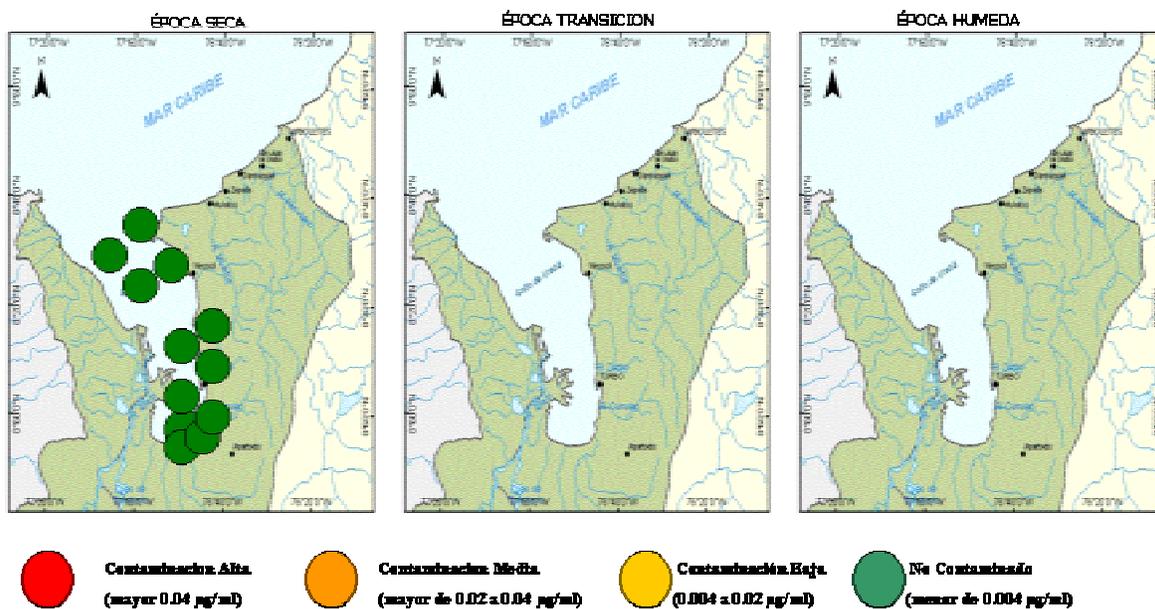


Figura 30. Valoración de la contaminación con Cd ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del departamento de Antioquia.

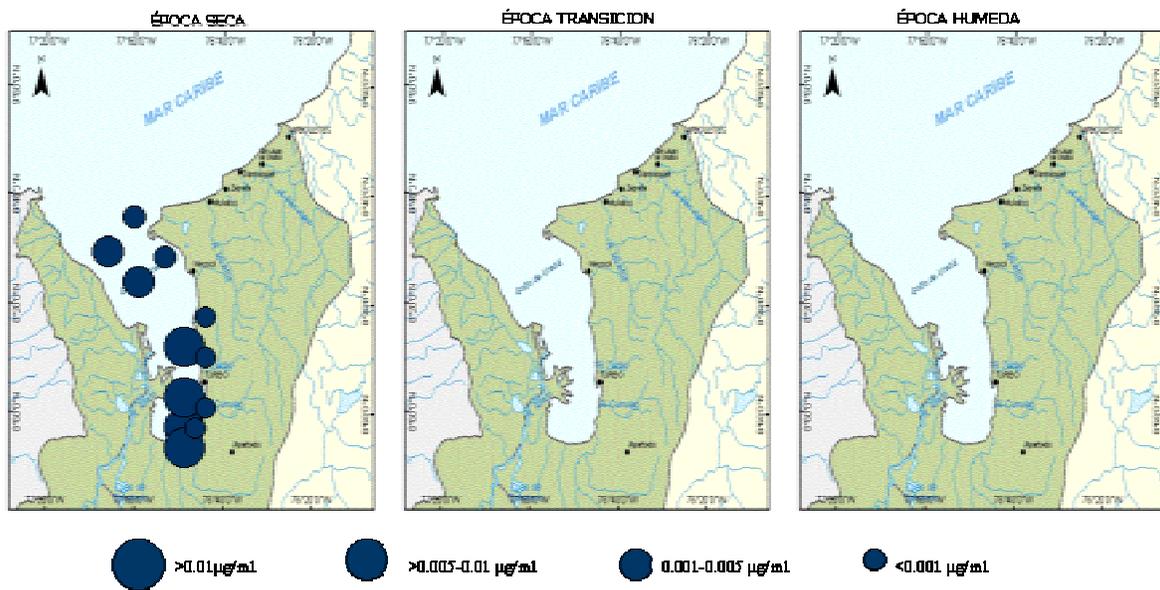


Figura 31. Distribución de Pb en la zona costera del departamento de Antioquia.

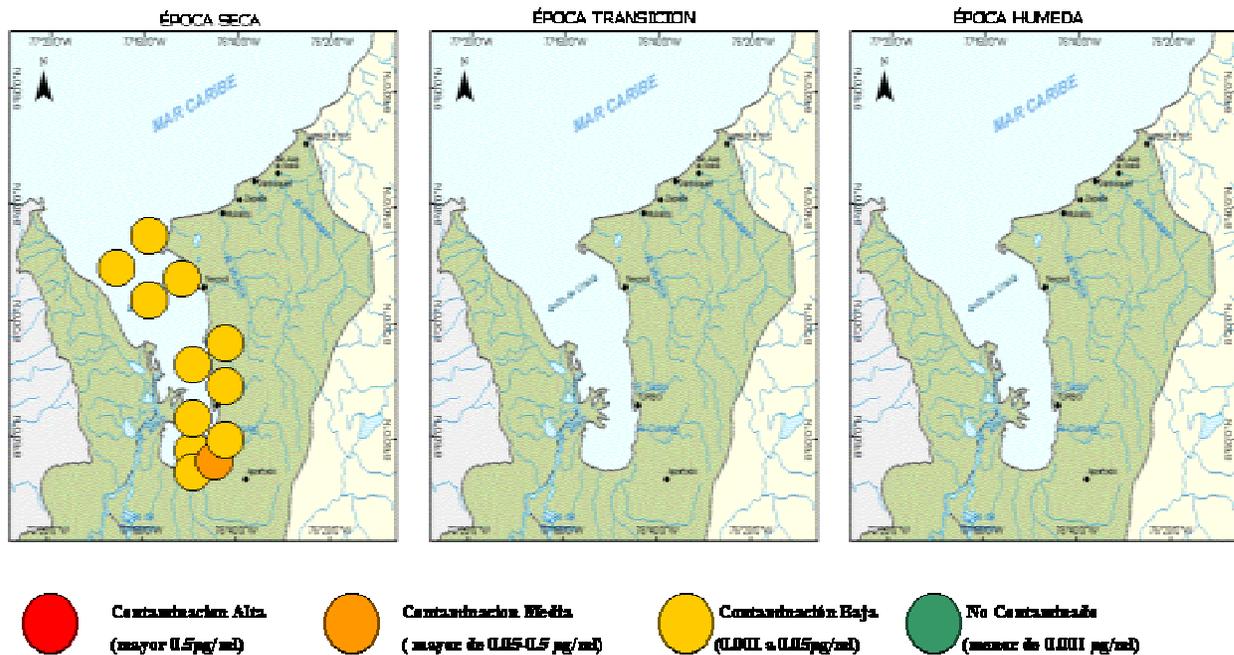


Figura 32. Valoración de la contaminación con Pb en la zona costera del departamento de Antioquia.

2.6 ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

En la zona costera del golfo de Urabá predominan las playas y los pantanos, generalmente cubiertos por formaciones de manglar (Figura 13). Las playas se presentan a lo largo del 50% de la línea de la costa oriental, desde Punta Caribaná hasta la bahía Cenera, al norte de la desembocadura del río Atrato (Sánchez *et al*, 1997)

En el sector noroccidental se presentan formaciones coralinas y praderas de fanerógamas en sectores con presencia de acantilados rocosos, aspecto que ha generado la entrada de recursos económicos provenientes del turismo.

La hidrología está dominada por la desembocadura del río Atrato y pequeños cursos de agua que desembocan en el costado oriental del golfo.



Figura 13. Ecosistemas marinos y costeros en el golfo de Urabá. Zonas afectadas por la contaminación.

2.6.1 Manglares, estuarios y lagunas costeras.

Los manglares de la porción costera oriental se pueden diferenciar en tres zonas: los de la costa norte, que incluye las costas de Arboletes, San Juan de Urabá y Necoclí; la segunda zona corresponde a los manglares de Turbo y Bahía Colombia y la tercera zona comprende los manglares de mayor desarrollo en las bocas del río Atrato (Sánchez *et al*, 1997).

En el sector de Arboletes, en las bocas de los ríos y arroyos existen pequeñas zonas de manglar con árboles de poco porte, principalmente *Rhizophora mangle*, creciendo en estrechas franjas. Entre las lagunas costeras sobresale la del Águila.

En el sector de Turbo los manglares han perdido su área original. Se advierten impactos por contaminación de aguas debido al vertimiento de desechos agroindustriales provenientes de las bananeras y la operación portuaria de Turbo; así mismo, por desechos domésticos y basuras que se suman a las actividades expansivas del municipio hacia los terrenos periféricos, disminuyendo considerablemente las áreas de manglar y colonizando terrenos anegados del mismo, para construcción (Sánchez *et al*, 1997).

Los manglares de Capurganá desaparecieron por la adecuación de terrenos para hoteles. Esta situación ha sucedido en general en toda la costa del Chocó caribeño (INVEMAR, 2000). Actualmente se observan pequeños sectores con árboles de buen porte en las bocas de pequeños arroyos que desembocan en las bahías de Sapzurro, Titumate y Triganá (Sánchez *et al*, 1997).

2.6.2 Vegetación marina.

En la ensenada de Sapzurro, los parches coralinos se hallan rodeados por fondos de arena que sirven de sustrato para praderas de *Thalassia*, *Syringodium* y *Halophila decipiens*. En el costado noroccidental del Golfo de Urabá se ha documentado la presencia de praderas de *Thalassia* cerca de los islotes Napú y Terrón de azúcar, hasta profundidades de 5 m.

2.6.3 Arrecifes de coral.

En las ensenadas de Capurganá y Sapzurro se encuentran formaciones coralinas del tipo franjeante, de escaso desarrollo. En ambos lugares, la complejidad arrecifal, la diversidad y la cobertura viva de coral sobre el fondo se incrementan en sentido suroeste – noroeste (INVEMAR, 2000). Es necesario destacar las formaciones arrecifales dominadas por coral lechuga *Agaricia* spp., al igual que arrecifes de coral masivo *Siderastrea siderea*, los últimos y únicos en cuanto a extensión en el Caribe colombiano.

En general, la cobertura de coral vivo es alta (42,5% con respecto al sustrato duro) en comparación con otras áreas del Caribe colombiano (Díaz *et al*, 2000). La mortandad coralina es significativa (30% con respecto al sustrato duro), así como el blanqueamiento y sobre crecimiento de los arrecifes por algas, particularmente en las zonas dominadas por corales ramificados y foliados (INVEMAR, 2000).

2.7 CONCLUSIONES

- ▶ Debido al ingreso de agua dulce en el Golfo de Urabá, este sector presenta condiciones estuarinas. Los nutrientes inorgánicos ingresan en proporciones importantes al sistema, así como los sólidos suspendidos. El Golfo presenta influencia de la circulación de las aguas marinas, por lo que el ingreso de este material no se acumula permanentemente en el Golfo y así el impacto sobre la calidad de las aguas es moderado.
- ▶ Los estudios microbiológicos realizados durante el año 2001 indican que los cuerpos de agua que desembocan en la zona costera del departamento de Antioquia los de mayor aporte de

contaminación de origen fecal al Golfo de Uraba son los ríos Mulatos, Currulao y Caimán teniendo en cuenta que las poblaciones ribereñas a estos ríos carecen de un adecuado servicio de alcantarillado realizando un vertimiento directo de las aguas residuales de tipo doméstico sin previo tratamiento a estos cuerpos de agua. Las playas más contaminadas son Arboletes y la Martina teniendo en cuenta que son las playas más visitadas por los bañistas contribuyendo en la contaminación y clasificándolas no aptas para el uso primario como es el de recreación.

- ▶ El golfo de Urabá presenta altas concentraciones de HDD, debido a las actividades marítimas y portuarias; lo que permite clasificar la zona como de alto riesgo de contaminación por HDD. Mientras que debido a los bajos niveles de plaguicidas, como zona de bajo riesgo de contaminación por plaguicidas organoclorados.
- ▶ Las concentraciones de Cd y Pb medidas en el Golfo de Urabá durante el muestreo realizado en marzo del 2001, fueron en su mayoría relativamente bajas para la totalidad de las estaciones, excepto en la estación localizada en la desembocadura del río Leoncito donde el Pb reportó un valor que se enmarca dentro del rango establecido como Contaminación Media según se describe en la escala de valores indicativos de contaminación.
- ▶ En la costa del golfo de Urabá los principales registros de deterioro de ecosistemas por causa de la contaminación se han hecho en los alrededores de Turbo, especialmente sobre los manglares. Esta contaminación es causada por el vertimiento de desechos agroindustriales, los vertimientos del casco urbano y el puerto. El río Atrato recorre zonas mineras y bananeras por lo cual se recomienda estudiar la concentración de los contaminantes generados por estas actividades en los organismos de los ecosistemas costeros.

3. CHOCÓ

3.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Los municipios se encuentran ubicados sobre la costa Pacífica son 5: Juradó, Bahía Solano, Nuquí, Bajo Baudó y Litoral del San Juan. Ninguno posee sistema de alcantarillado por lo cual todas sus aguas son vertidas directamente al suelo, las corrientes de agua o el mar. Sus poblaciones se muestran en la Tabla 8..

Tabla 8: Población y cobertura de alcantarillado de las principales poblaciones costeras del departamento de Chocó.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN (hab.) 2001*	% ALCANTARILLADO
Jurado	Cabecera	2.218	NA
Bahía Solano	Cabecera	4.692	NA
Nuquí	Cabecera	2.784	NA
Bajo Baudó	Cabecera	1.268	NA

* Datos proyectados en base al censo de 1993-DANE

Los manglares y estuarios se han visto afectados por la contaminación por pesticidas utilizados en las zonas agrícolas cercanas, por contaminación por metales pesados provenientes de las actividades mineras⁸, por vertimientos de residuos orgánicos y el vertimiento de residuos sólidos (Campos *et al*, 1996).

El vertimiento de residuos orgánicos sin previo tratamiento a las fuentes hídricas, es el tipo de contaminación más frecuente en la región, debido a la falta de alcantarillado en los municipios (Campos *et al*, 1996). Igualmente es problemático el vertimiento que hacen los hoteles de las playas más visitadas. El problema se agrava en épocas de temporada alta. La actividad turística se concentra principalmente en las poblaciones de Nuquí, Bahía Solano y El Valle, pero no se conoce la existencia de sistemas de tratamiento de desechos ni aguas residuales.

La actividad minera se realiza en forma marcada en la región del río San Juan, en los municipios de Tadó, Istmina, Condoto y Novita, trayendo consigo la contaminación del río San Juan por la utilización de mercurio en la separación del oro (Campos *et al*, 1996).

Se realiza actividad portuaria de menor escala en Juradó, Cupica, Bahía Solano, El Valle y Pizano.

El volumen de desperdicio producido por la industria maderera en este departamento ha sido estimado en 68.400 m³, que corresponde al 12% del total que llega a la costa (PNUMA, 1999).

3.2 FISICOQUÍMICOS

Pizarro y Juradó no fueron muestreados debido a problemas de orden público en la zona y el Río San Juan es muestreado por la CVC dentro del programa de monitoreo que realizan. Bahía Solano (quebrada Chocotala) y los ríos El Valle y Nuquí fueron muestreados en junio, con el apoyo de la CVC para la realización de análisis de variables tales como metales pesados, hidrocarburos y

⁸ Steer *et al*, 1997 (INVEMAR, 2000)

nutrientes. Se analizan pocos datos tomados por la Corporación durante un muestreo realizado a principios de junio del presente año (Figuras 141 y 142).

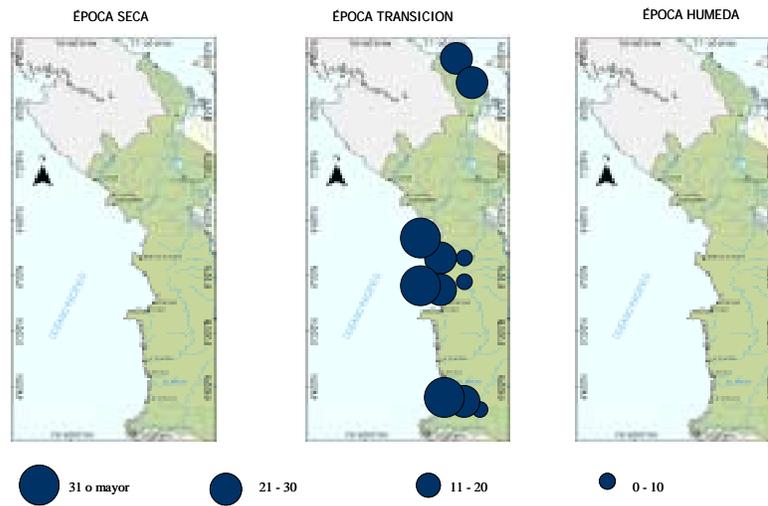


Figura 33. Distribución de la salinidad en la zona costera del departamento del Chocó.

Los tributarios tomados en este departamento fueron en los ríos Nuquí, Valle, San Juan y Quebrada Chokolatal. De estas fuentes la del San Juan es la única con el grupo completo de variables fisicoquímicas, las demás sólo tienen datos tomados en campo. El índice calculado para el Río San Juan resultó normal en los tres sitios de muestreo (marino, estuarino y continental). Para las otras fuentes y según los pocos datos disponibles, se observan condiciones dentro de los rangos normales con excepción de la zona continental y estuarina del Río Nuquí, que mostraron valores bajos para el oxígeno disuelto (1.2 y 1.0 mg/l de O₂. Figura 34).

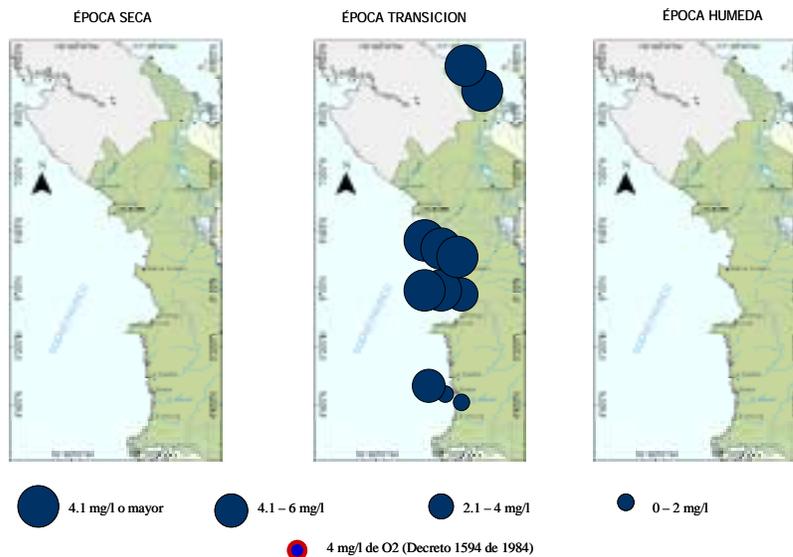


Figura 34: Distribución del oxígeno disuelto (mg/l) la zona costera del departamento del Chocó.

Históricamente se tienen registros de vertimientos desde las zonas mineras a los ríos (CODECHOCO, 1991), donde se reportan datos entre 5.5 – 8.0 mg/l de oxígeno disuelto, 0 – 1.97 mg/l de nitratos, 0.04 – 0.31 mg/l de ortofosfatos y 98 – 22100 mg/l de sólidos totales. Esta información indica que en el departamento la actividad minera es la causante del incremento en los sólidos.

La principal preocupación en la calidad de las aguas costeras de este departamento, es la falta de información, ya que sólo hasta este año se pudo empezar a coordinar esfuerzos para realizar algunos muestreos de manera sistemática. Recordemos la importancia conocer nuestros recursos al estar representada en esta zona, una parte importante de nuestra diversidad biológica (WRM, 2001), conocida para los ecosistemas de bosques que influyen sobre la diversidad marina, que no hemos terminado de estudiar.

3.3 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

En el departamento de Chocó no se han realizado estudios microbiológicos en las zonas de influencia de los ríos y áreas de ciénagas que cubren importantes zonas del Chocó, las cuales vierten sus aguas en el Océano Pacífico; por lo tanto, se recomienda que siendo una región que posee una importante red hidrográfica que se bifurca a través de todo el departamento, se realicen estudios microbiológicos en los cuerpos de agua de los tributarios de mayor importancia y que desembocan en la zona costera del Pacífico Colombiano, dentro de los que se encuentran el río Atrato, Nuquí, Valle, Chori y Coqui, los cuales presentan asentamientos humanos a su alrededor.

3.4 HIDROCARBUROS Y PLAGUICIDAS

No hay disponible información referente a los residuos de plaguicidas organoclorados en la zona costera del departamento del Chocó. Dado que este departamento no ha tenido históricamente una vocación agrícola, por lo menos a nivel costero, se debe presumir que el impacto de agroquímicos al Pacífico regional no ha presentado históricamente, condiciones ambientales preocupantes.

En lo referente a hidrocarburos disueltos y dispersos las mayores concentraciones se presentan en sectores de Bahía Solano (Figura 35), donde tiene lugar la mayor actividad de transporte marítimo en la zona costera departamental. Esta zona alcanza valores de 14 ug/l que supera el valor máximo permisible para aguas marinas y costeras no contaminadas (UNESCO, 1974). En otras zonas costeras los niveles de HDD son relativamente menores a la norma referenciada, y varían en un rango de 5 a 10 ug/l.

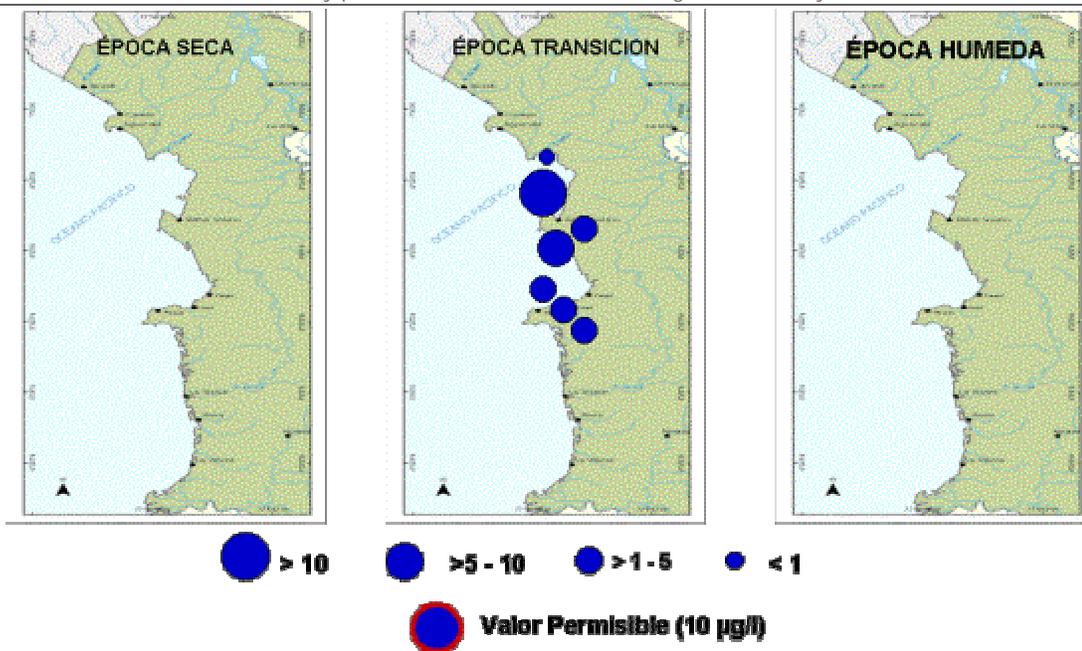


Figura 35. Niveles en ug/l de hidrocarburos disueltos y dispersos en la zona costera del departamento del Chocó durante 2001.

3.5 ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

Como se observa en la Figura 36 en este departamento se encuentran representados todos los principales tipos de ecosistemas del Pacífico tropical americano.



Figura 36: Ecosistemas marinos y costeros del litoral Pacífico del Chocó.

La costa Pacífica chochoana puede dividirse en dos regiones, de acuerdo con sus características geomorfológicas: una zona norte, desde Cabo Corrientes hasta la frontera con Panamá,

caracterizada por la presencia de acantilados rocosos y playas entremezcladas con pequeños pantanos de manglar en las desembocaduras de los ríos. Los ríos de esta zona son de trayecto corto y empinado; entre ellos se destacan Juradó, Valle, Jurubidá, Tribugá y Nuquí. En la zona al sur de Cabo Corrientes aparecen extensas llanuras costeras aluviales, bañadas por los deltas de los ríos Baudó y San Juan.

3.5.1 Manglares, estuarios y lagunas costeras

La cobertura de manglar en el Chocó es de 64.750 ha. Hacia el norte de Cabo Corrientes sólo se observan pequeñas extensiones de manglar en áreas protegidas como Juradó, la ensenada de Utría, Jurubidá, Tribugá, Nuquí y Coquí (Vélez, 1997).

En la zona sur se encuentran grandes planicies costeras con ríos caudalosos como el San Juan y Baudó que favorecen el desarrollo de manglares de ribera borde y cuenca entre los cuales predominan los bosques de *Rhizophora spp.* (INVEMAR, 2000). Prácticamente toda la costa desde Cueva hasta el límite sur se encuentra bordeada por manglares (Sánchez *et al.*, 1997).

No se han registrado procesos de degradación de los manglares asociados con contaminación de origen antrópico. Se han reportado signos de deterioro a causa del aprovechamiento intensivo de la madera y en menor proporción por el cambio de uso del suelo hacia actividades agrícolas y ganaderas (Sánchez *et al.*, 1997).

3.5.2 Playas

Desde Coredó hasta el límite con Panamá las playas son rectilíneas. Las playas de los municipios de Bahía Solano y Nuquí son de ensenada, destacándose Aguacate, Guaca, Nabugá y Bahía Solano (INVEMAR, 2000). En estas playas se presentan todos los años la anidación de tortugas marinas de la especie *Lepidochelys olivacea*. En 1998 se registró la presencia en la playa de La Cueva, al sur del corregimiento de El Valle, de una franja de tarballs que perduró por cerca de un mes. Igualmente en esa misma playa se reportó la arribada de cientos de tortugas marinas muertas, sin que se haya podido identificar la causa; los pobladores relatan que por esos días, el agua tenía una coloración verdosa y un olor penetrante desagradable.

Hacia el sur del departamento las playas se forman principalmente de sedimentos arenofangosos arrastrados por los ríos como el Baudó y San Juan (Steer *et al.*, 1997). No se encontraron registros sobre el deterioro de este tipo de ecosistemas por causa de la contaminación.

3.5.3 Litoral rocoso

De Cabo Corrientes hacia el norte la costa es dominada por las estribaciones de la serranía al Baudó, con acantilados rocosos en una longitud aproximada de 287 km, interrumpidos solamente por cortas extensiones de playas y manglares en las desembocaduras de los ríos (Vélez, 1997). Los acantilados están formados por basaltos en algunas regiones (Cabo Marzo, B. Humboldt, Punta Cruces, Huina, Utría y Cabo Corrientes) y por vulcanitas verdes básicas y ultramáficas en otras (Cupica, B. Solano y Tribugá) (Steer *et al.*, 1997). No se encontraron registros sobre la calidad o el estado de estos ecosistemas.

3.5.4 Arrecifes de coral

Áreas con parches o pequeñas poblaciones coralinas se desarrollan en Punta Ardita, Bahía Octavia, el golfo de Cupica, Tebada y Bahía Solano (Díaz - Pulido, 1997).

La formación coralina de Punta Tebada está dominada por *Psammacora stellata* que alcanza hasta el 80% de la cobertura coralina viva (Díaz *et al.*, 2000).

El área de la ensenada de Utría es extremadamente diversa, con pequeñas islas de coral, formaciones rocosas de lava, playa arenosas, manglares, selva húmeda, estuarios, abundantes cursos de agua y arrecifes coralinos (Vélez, 1993). Se considera que los arrecifes de la ensenada son los más extensos y maduros del litoral Pacífico colombiano, como el arrecife del Riscal de la Chola (INVEMAR, 2000). Muestreos realizados en 1996 en el Riscal de la Chola mostraron que el promedio de cobertura coralina viva y la abundancia relativa de especies de coral no han cambiado sustancialmente desde 1989, cuando se encontró en 33%. En contraste, han ocurrido cambios en la composición de la comunidad que se manifiestan en la redistribución espacial de bloques monoespecíficos de *Pocillopora damicornis* desde el sector próximo a la costa hacia la parte media de la planicie arrecifal. También ha ocurrido un notable incremento en la cobertura de macroalgas (Díaz *et al*, 2000).

Tratar de establecer y caracterizar las causas del deterioro de esta comunidad arrecifal resulta difícil, debido a la falta de datos cuantitativos previos a 1989. Se ha sugerido por lo pronto⁹ que causas naturales y antropogénicas, que incluyen el fenómeno del Niño, sedimentación terrígena, pesca con dinamita, mareas bajas recurrentes y bioerosión, han jugado un papel importante (Díaz *et al*, 2000).

Más hacia el sur, en Cuevita, se presentan parches o pequeñas formaciones coralinas, pero no verdaderos arrecifes. Al parecer se desarrollan comunidades de octocorales sobre las paredes rocosas de las estribaciones de la serranía del Baudó, pero hasta la fecha han sido pobremente estudiados (Steer *et al*, 1997).

3.6 CONCLUSIONES

► En este departamento no se han registrado síntomas notorios de deterioro de la calidad de las aguas marino-costeras y se estima que debido a la poca intervención costera, por parte de las comunidades o asentamientos humanos, las aguas costeras del departamento se encuentran en condición físico-química normal.

El departamento del Chocó presenta niveles altos de HDD, solamente en bahía Solano, lo que representa un impacto significativo sobre la calidad de las aguas marinas y costeras de esta zona. Se clasifica así la zona de bahía Solano de alto riesgo de contaminación por HDD debido a su actividad de transporte marítimo; también se presenta contaminación en Nuquí, pero en proporciones más moderadas. Mientras que el resto de la zona costera del departamento mantiene menores riesgos ambientales de este tipo.

► Los ecosistemas marinos y costeros no presentan síntomas notorios de deterioro por causa de la contaminación. Al parecer tanto los manglares como los arrecifes coralinos y los litorales arenosos y rocosos se encuentran en buen estado. Las mayores presiones provienen de los sitios poblados con afluencia de turistas.

⁹ Vargas-Angel, 1996 (Díaz *et al*, 2000)

4. VALLE DEL CAUCA

4.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

La zona costera de este departamento se encuentra completamente en jurisdicción del municipio de Buenaventura, que cuenta con una población de 257.186 habitantes de los cuales 218.576 viven en la cabecera, y un 35% de cobertura de alcantarillado.

La contaminación de la bahía de Buenaventura se debe fundamentalmente a las actividades industriales (metales pesados, aceites e hidrocarburos), maderera (materia orgánica) portuaria (residuos sólidos, hidrocarburos), pesquera (materia orgánica) y disposición de basuras (sólidos y lixiviados) (INVEMAR, 2000).

Debido a la conjugación del régimen de circulación de corrientes y las descargas de aguas negras a través del alcantarillado sanitario, los emisarios de emergencia y los que se hacen en forma directa sin ningún tratamiento los cuerpos de agua marinos y costeros de Buenaventura sufren alta contaminación microbiológica¹⁰. Las zonas que presentan contaminación microbiológica son las playas de La Bocana, Juanchaco y Ladrilleros que son las zonas turísticas en la costa del Valle del Cauca. La Bocana se clasifica como una región de alto riesgo por poseer una contaminación alta (mayor de 200 NMP/100 ml para fecales y de 1.000 NMP/100 ml para totales), caracterizándose por recibir los vertimientos de aguas residuales (Garay, 2001).

La principal fuente de contaminación por hidrocarburos es el Muelle petrolero, donde atracan mensualmente buques – tanques, con aproximadamente 50.000 toneladas de gasolina y gran cantidad de hidrocarburos aromáticos que abastecen la industria química y gran parte del consumo de refinados del occidente colombiano. Es la zona del Pacífico donde se manejan los mayores volúmenes de derivados del petróleo (Marrugo, 1993). Mediante el análisis de los HTS se encontraron concentraciones comparables con las del golfo de Omán en Arabia y en sitios de las costas norteamericanas altamente contaminados por aromáticos¹¹. Se puede considerar la zona del Muelle Petrolero como crítica por el nivel de contaminación petrogénica (Marrugo, 1993). El cromatograma de HCB de la estación del Muelle petrolero, presentó una serie de picos que evidencian contaminación petrogénica que data de tiempo atrás¹².

En la estación Anchicayá, localizada en la desembocadura del río del mismo nombre, se presentaron altas concentraciones con promedio de 79,6 µg/g. Las posibles fuentes de contaminación en esta área son: primero, el aporte que pueda traer el río Anchicayá en su recorrido, y segundo la proveniente de las actividades marítimas y portuarias de Buenaventura (Marrugo, 1993).

Otros metales altamente tóxicos como el Hg y el Pb se encontraron en diferentes áreas de estudio de la costa Pacífica colombiana en concentraciones de 0.15 µg/g a 3.5 µg/g el primero y de 2.1 µg/g a 52.3 µg/g para el segundo¹³. Los niveles de mercurio en sedimentos para Buenaventura son mayores a 0.51 µg/g considerado como “concentración alta” por la NOAA (1990) (Garay, 2001).

Según PNUMA (1999), Buenaventura produce 250 TM/día de residuos sólidos, de los cuales recogen 180 TM/día, lo que evidencia un déficit de recolección de 70 TM/día. No existen sistemas

¹⁰ Garay, 1997 (Garay, 2001)

¹¹ NOAA, 1990 (Marrugo, 1993)

¹² Marrugo, 1992 (Marrugo, 1993)

¹³ Calero & Casanova, 1997 (Garay, 2001)

de disposición o tratamiento de residuos sólidos por lo que, una vez colectados se convierten en nuevos focos de contaminación, al ser dispuestos a cielo abierto.

La industria maderera en el departamento produce un estimado de 79.800 m³, que corresponde al 14% del total de la costa (PNUMA, 1999).

4.2 FÍSICOQUÍMICOS

Fueron muestreadas las siguientes estaciones: Bahía de Buenaventura, playas de Juanchaco, Ladrilleros y la Bocana; los tributarios San Juan, Anchicayá, Dagua, Potedó y el Raposo.

Las zonas de muestreo de los principales tributarios en este departamento, mostraron la fuerte influencia de las descargas de agua continental sobre las costas del Pacífico, donde la salinidad fluctuó entre 0 y 2.23 (Figuras 145 y 149), el oxígeno registró valores por encima de 6 mg/l, el nitrógeno entre 600 y 1040 µg/l, el fósforo inorgánico se encontró por debajo del límite de detección y los sólidos suspendidos no fueron mayores a 50 mg/l.

Para la Bahía de Buenaventura la situación es muy similar al de los tributarios citados en el párrafo anterior. Las playas son la que presentan salinidades mayores 25 partes. Con estos valores medidos se considera que las aguas del Pacífico Valle Cauca presenta condiciones normales de sus aguas, para las variables físicas y químicas.

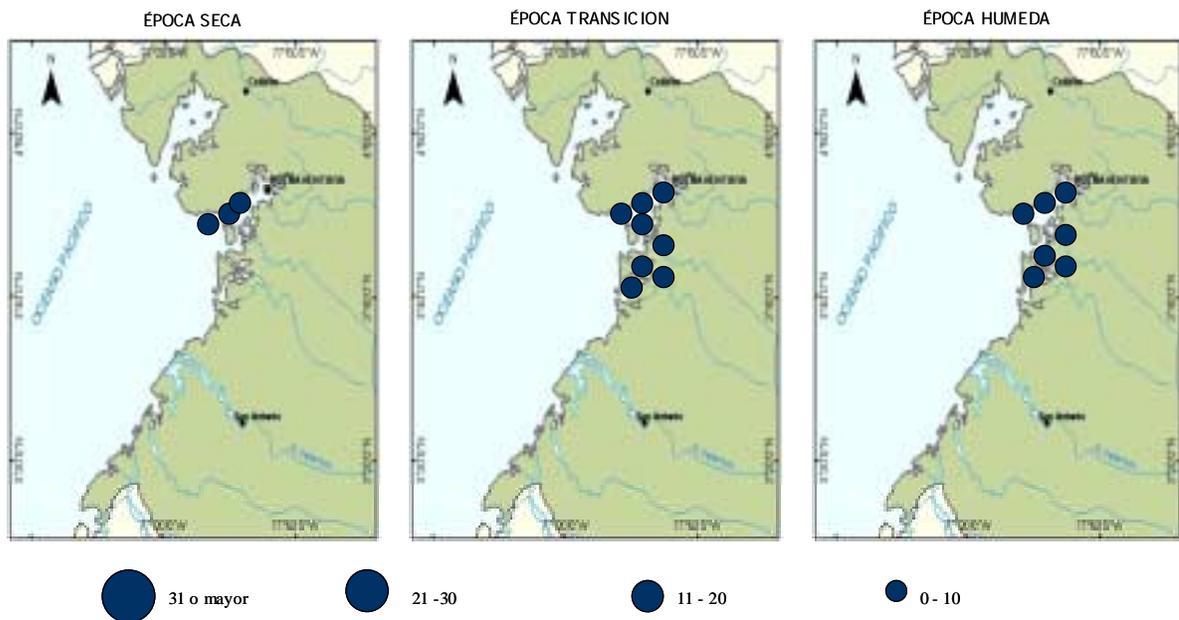


Figura 37: Distribución de la salinidad en la Zona Costera del Departamento del Valle del Cauca

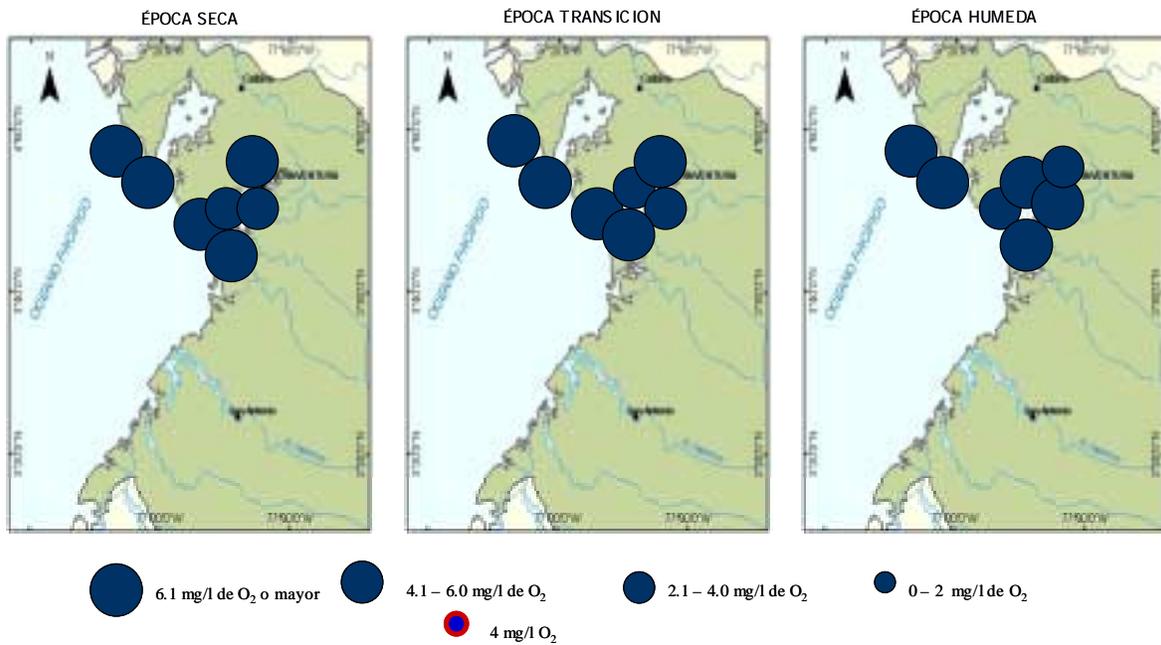


Figura 38: Distribución del oxígeno disuelto (mg/l) en la Zona Costera del Departamento del Valle del Cauca

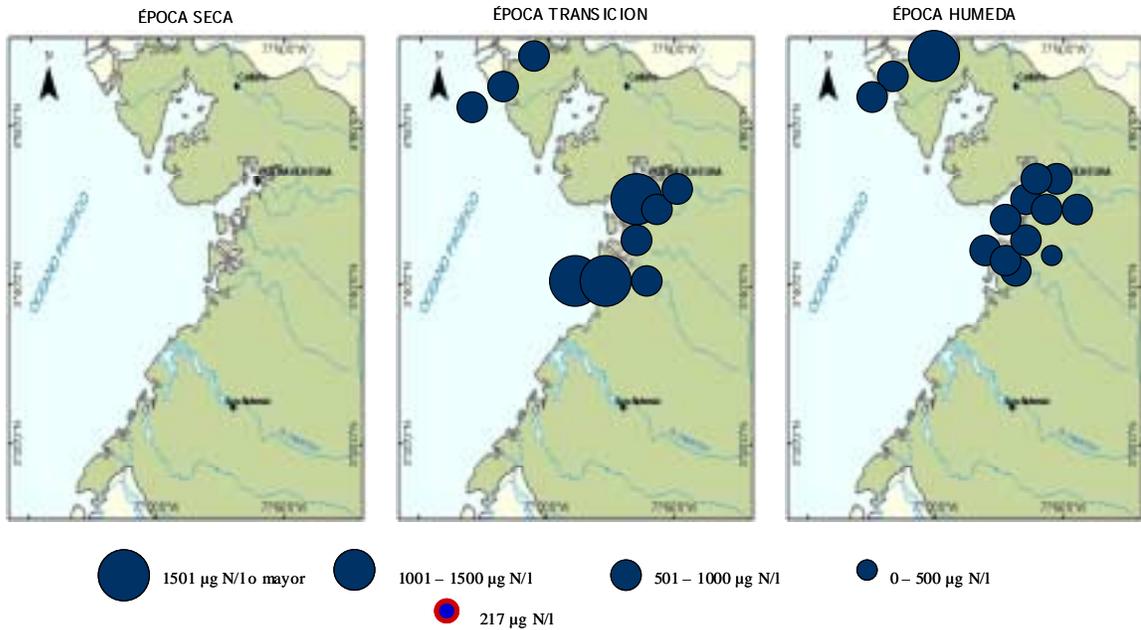


Figura 39. Distribución del nitrógeno inorgánico disuelto (µg/l) en la Zona Costera del Departamento del Valle del Cauca

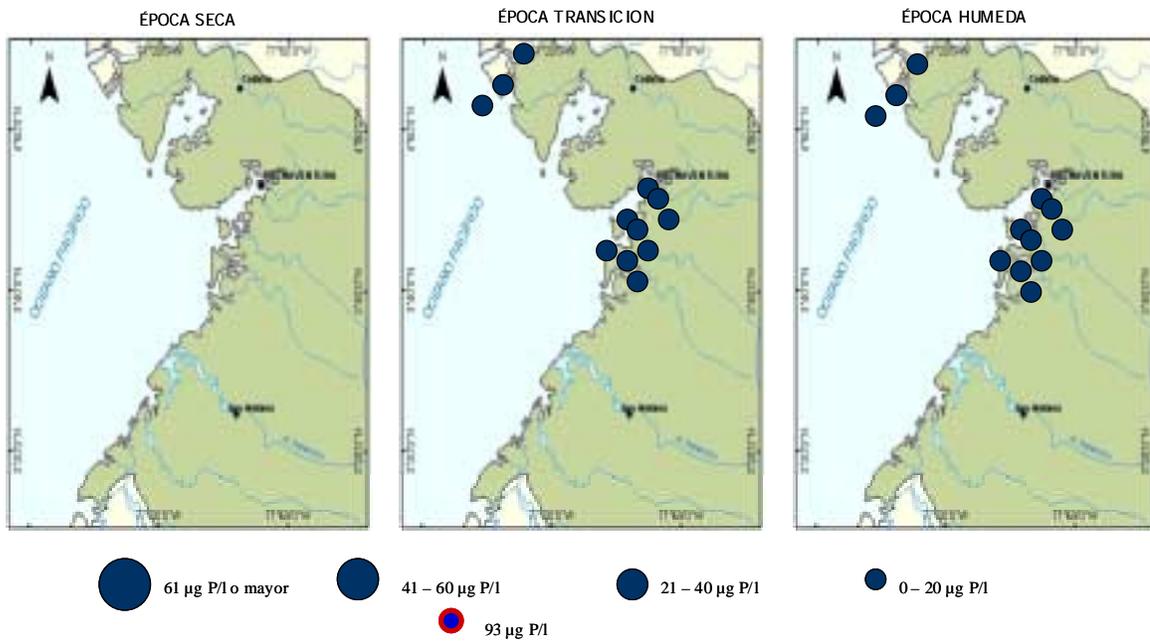


Figura 40. Distribución del fósforo inorgánico disuelto ($\mu\text{g/l}$) en la Zona Costera del Departamento del Valle del Cauca

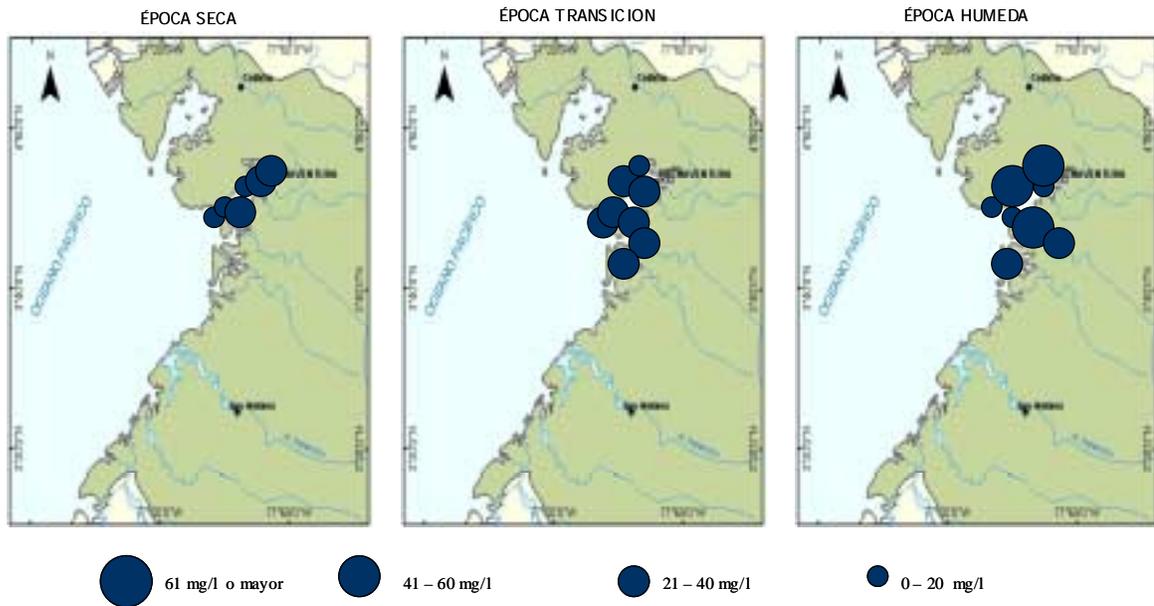


Figura 41. Distribución del sólidos suspendidos (mg/l) en la costa del Departamento del Valle del Cauca

4.3 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

Para el presente estudio se cuenta con información microbiológica entre 1999 y 2001 que corresponde a la Bahía de Buenaventura y la desembocadura de los ríos Dagua, Anchicayá, Potedo, Raposo y San Juan, revelando concentraciones de coliformes fecales entre 3 y 2400000 NMP/100 ml; que en promedio, superaron los niveles permisibles (Figuras 150 y 151 y Tabla 9). La Bahía de Buenaventura, presentó los niveles más altos de coliformes fecales durante la época húmeda del año 1999, con un valor promedio de 454244 NMP/100ml, de donde se destacan los ríos San Juan y Potedo como los mayores aportantes de contaminación fecal; posiblemente debido a que los asentamientos humanos ribereños no cuentan con un adecuado servicio de alcantarillado, y se ven obligados a verter directamente las aguas domésticas a los cuerpos de agua.

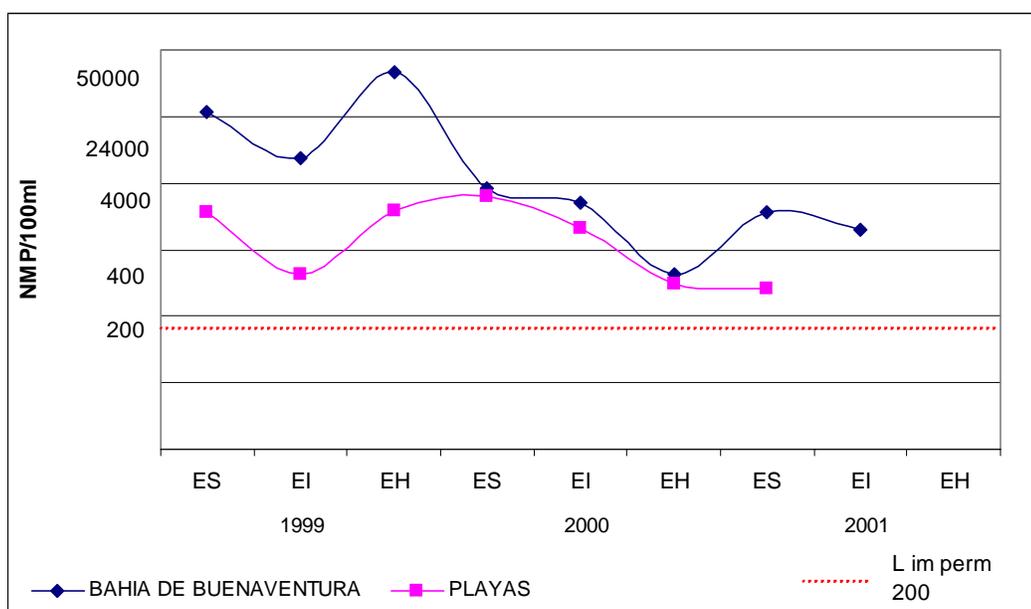


Figura 42. Tendencia de coliformes fecales para los años 1999-2001 en el departamento de Valle del Cauca

En los sectores de la Bocana, Ladrilleros, y Juanchaco (playas de mayor atractivo turístico), se registraron los niveles más elevados de coliformes fecales durante los meses de Marzo, Mayo, Noviembre y Diciembre; eventos que coinciden con el incremento del turismo. Durante el estudio en éste sector, las mayores concentraciones de coliformes fecales se presentaron en la época seca del año 2000, con un valor promedio de 6468 NMP/100ml (Figuras 150, 151 y 153).

Tabla 9. Información microbiológica en la zona costera del departamento de Valle del Cauca

Código	Estación	Año	Promedio	Datos	Rango
	Bahía de Buenaventura				
P76BV000003	Bahía de Buenaventura	2000-2001	238	3	43-240
P76BV000069	Bahía de Buenaventura	2000-2001	1023	3	240-2400
P76BV000132	Bahía de Buenaventura	2000-2001	468	3	43-930
P76BV000178	Bahía de Buenaventura	2000-2001	1123	3	240-2400
P76BV000190	Bahía de Buenaventura	1999-2000	142625	4	1500-430000
P76BV000191	Bahía de Buenaventura	1999-2001	500732	5	430-2400000
P76BV000197	Bahía de Buenaventura	2000-2001	3145	3	43-9300
P76BV000200	Bahía de Buenaventura	1999-2001	32265	5	24-93000
P76BV000204	Bahía de Buenaventura	1999	2400	2	2400-2400
P76BV000206	Bahía de Buenaventura	1999-2000	3183	4	430-7500
P76BV000211	Bahía de Buenaventura	2000-2001	1743	3	430-2400
P76BV000213	Bahía de Buenaventura	2000-2001	11410	3	930-24000
P76BV000217	Bahía de Buenaventura	1999-2001	26889	5	43-93000
P76BV000227	Bahía de Buenaventura	1999-2001	11655	5	43-29000
P76BV000232	Bahía de Buenaventura	1999-2001	7793	5	24-29000
P76BV000239	Bahía de Buenaventura	1999-2001	353345	5	24-1100000
	TRIBUTARIOS				
P76TR000BRA	Boca R. Anchicayá	2001	670	2	240-1100
P76TR000BRD	Boca R. Dagua	2001	880	2	1100-6600
P76TR000BRP	Boca R. Potedo	2001	1950	2	1500-2400
P76TR000BRR	Boca R. Raposo	2001	340	2	23-660
P76TR000BRJ	Boca R. San Juan	2001	1320	2	240-2400
P76TR000FRA	Frente a R. Anchicayá	2001	1210	2	23-2400
P76TR000FRD	Frente a R. Dagua	2001	3800	2	75-7500
P76TR000FRP	Frente a R. Potedo	2001	340	2	23-660
P76TR000RAN	Rio Anchicayá	2001	1300	2	1100-1500
P76TR000RDA	Rio Dagua	2001	3900	2	1100-6600
P76TR000RPO	Rio Potedo	2001	2155	2	390-2400
P76TR000SRA	San Rafael (Rio San Juan)	2001	772	2	1100-6600
P76TR000RRA	Rio Raposo	2001	795	2	660-930
	PLAYAS DE BUENAVENTURA				
P76PY002FAM	Frente al muelle	1999-2001	2092	21	43-24000
P76PY002HPV	Diagonal Hotel Palm View	1999-2001	1403	24	4-20000
P76PY003FHB	Frente hotel Bocana	1999-2001	3466	22	7-66000
P76PY001FHM	Hotel Medellín	1999-2001	4120	21	4-24000
P76PY001FHM	Frente Hotel Medellín	1999-2001	562	2	23-2100
P76PY001FCA	Frente Cabaña Amarilla	1999-2001	2289	24	6-36000
P76PY001FCC	Frente a cabañas Carvajal	1999-2001	2372	21	4-24000
P76PY001FCC	Frente Cabañas Carvajal	1999-2001	1025	3	15-2400
P76PY001FHB	Frente Hotel Bocana	1999-2001	794	3	43-2100
P76PY003FAM	Frente al muelle	1999-2001	2677	27	4-24000
P76PY002PT	Puente Juanchaco -Ladrillero	1999-2001	3476	20	4-9300
P76PY002FPT	Frente Pte Juanchaco-Ladrillero	1999-2001	191	3	93-240
P76PY001BAR	La Barra - Ladrilleros	1999-2001	201	23	4-930
P76PY003PIA	Piangúita	1999-2001	3182	24	636.000

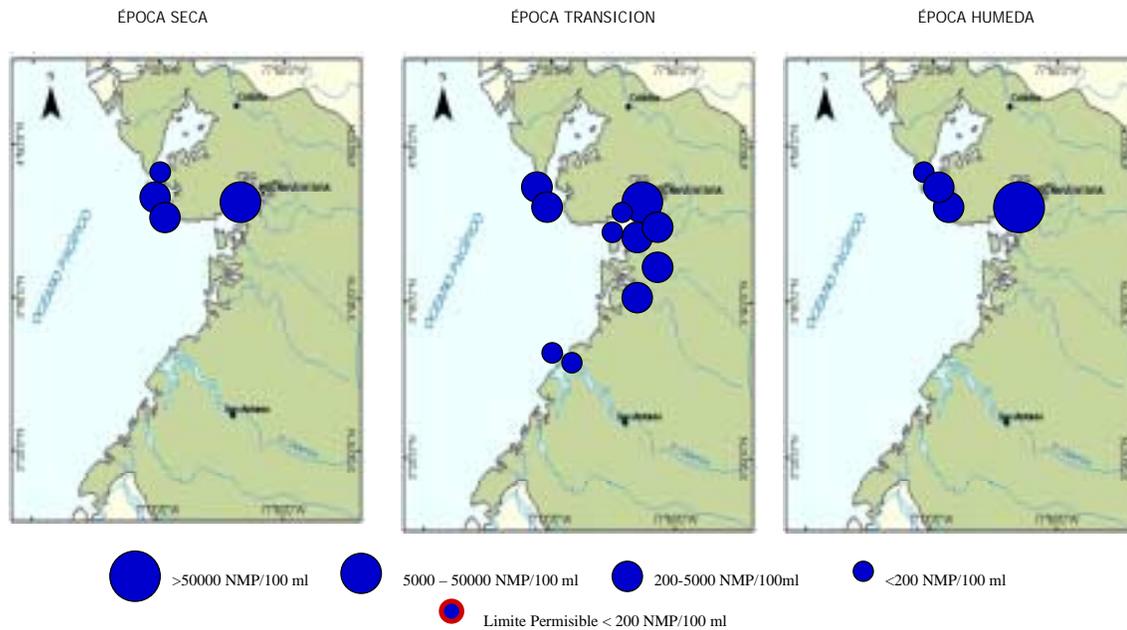


Figura 43. Distribución de Coliformes Fecales (NMP/100 ml) en la zona costera del departamento de Valle del Cauca. Datos puntuales año 2001.

Teniendo como base la escala conceptual y tomando cada una de las épocas climáticas de cada año, se deduce que durante la época seca, la contaminación microbiológica en las playas recreativas La Bocana, Ladrilleros y Juanchaco, pasaron de una CONTAMINACION MEDIA a una CONTAMINACION BAJA, para luego incrementarse nuevamente a niveles de contaminación MEDIA, entre los años 1999, 2000 y 2001 (Figura 44), con niveles de riesgo del 50, 75 y 50 % respectivamente.

En la época intermedia la contaminación microbiológica se ha incrementado según la escala conceptual, pasando de una contaminación MEDIA con un 60% de las muestras dentro de los límites permisibles, a una contaminación ALTA tanto en el año 2000 como en el 2001, presentando niveles de riesgo que corresponden 20 y 1 %.Figura 44

Durante la época húmeda la contaminación que se presentó durante los años de estudio, tendió a disminuir, pasando de una contaminación ALTA con un 20%, a una contaminación MEDIA para los dos últimos años, presentando en ambos casos un 55% de las muestras dentro de los límites permisibles. Figura 44

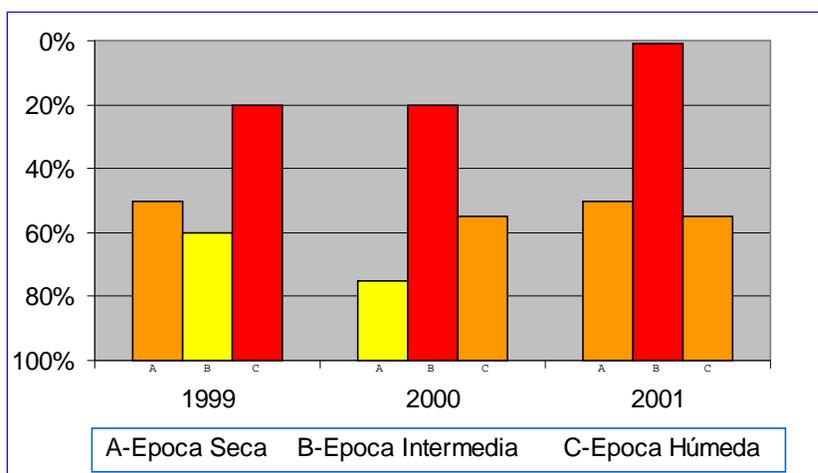


Figura 44. Grado de Contaminación Microbiológica en las Playas del departamento de Valle del Cauca.

En la Bahía de Buenaventura la contaminación fecal durante los años 2000 y 2001, ha presentado constantemente niveles ALTOS. Durante las épocas seca y húmeda de 2000 mostró un 13 y 33 % respectivamente, de las muestras dentro de los límites permisibles. Para el presente año, los niveles de riesgo fueron de 23 y 26 %, correspondientes a las épocas seca y húmeda. Figura 45

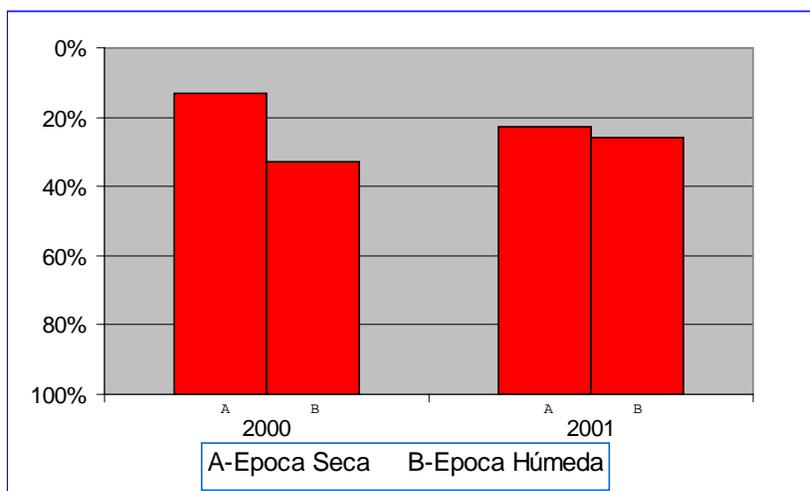


Figura 45. Grado de Contaminación Microbiológica en la Bahía de Buenaventura

Los ríos que desembocan en la Bahía de Buenaventura fueron muestreados durante las épocas de transición y húmeda del presente año.

Al tener en cuenta el aporte de contaminantes fecales que hacen los ríos de ésta zona, se puede indicar que en promedio, todos sobrepasan los límites permisibles, debido a las características de éstas aguas, las cuales favorecen la incidencia de microorganismos de éste tipo. Se nota además, que a medida que las aguas de los ríos entran en contacto con aquellas que poseen algún grado de salinidad, las concentraciones de CF disminuyen, es decir que los conteos son más altos en el río que frente a este. Figura 46

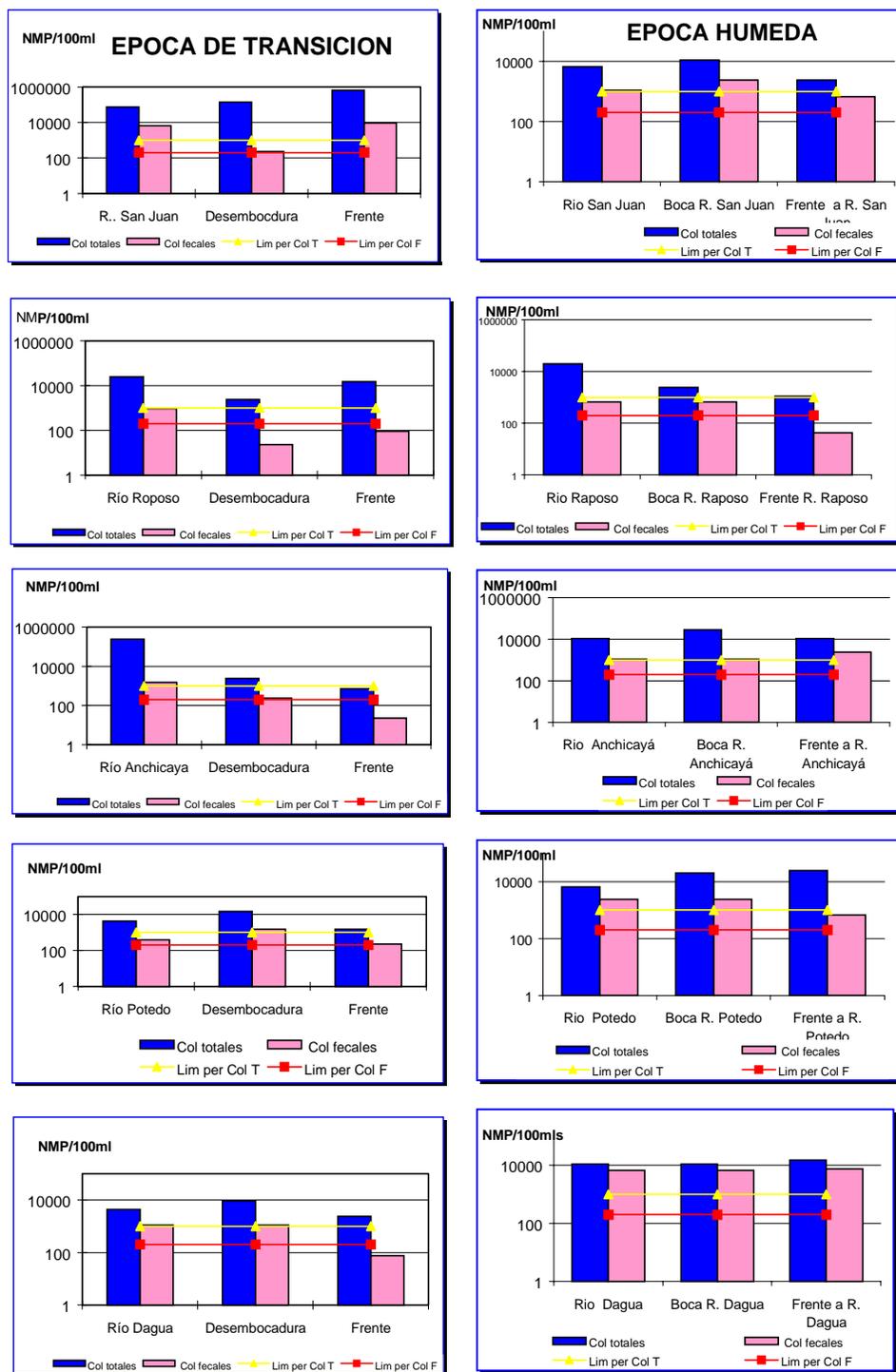


Figura 46. Niveles de coliformes totales y fecales. Límites permisibles establecidos por la legislación Colombiana. Zona costera del departamento del Valle del Cauca

4.4 HIDROCARBUROS Y PLAGUICIDAS

En la Figura 47 se presentan los valores encontrados para hidrocarburos disueltos y dispersos en la zona costera del departamento del Valle del Cauca. 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 muy bajas y no superan 1 $\mu\text{g/l}$, lo que indica que no hay impacto ambiental debido a las descargas de los afluentes de la zona (río Dagua, San Juan, Raposo, Poteto y Anchicaya). Debido a los altos niveles en los afluentes, se consideran como la principal fuente de descarga de HDD al mar en este departamento. Debido a lo anterior se clasifica esta zona como de riesgo medio de contaminación por HDD, mientras que a nivel marino, como zona de bajo riesgo.

No se dispone de valores históricos de concentración para residuos de plaguicidas organoclorados en agua. La información disponible se refiere solamente a análisis previos realizados en sedimentos y organismos del sector, como se describió inicialmente en este documento para el Pacífico colombiano.

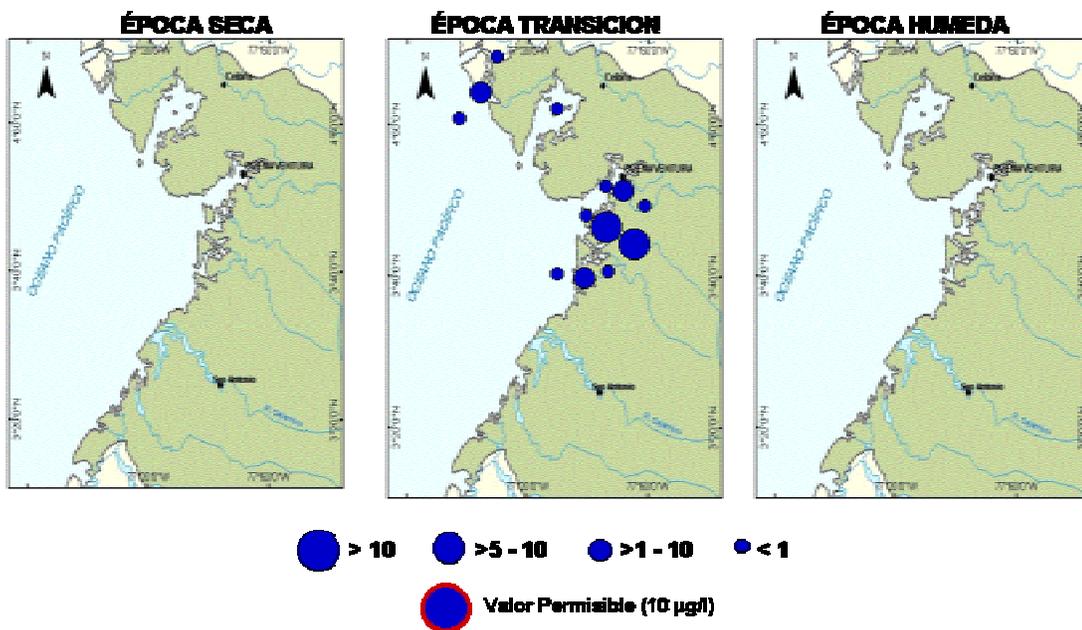


Figura 47 Niveles en $\mu\text{g/l}$ de Hidrocarburos Disueltos y Dispersos en la zona costera del departamento del Valle del Cauca

4.5 METALES PESADOS

Durante el periodo comprendido entre marzo y diciembre de 2001, se colectaron muestras de aguas en todas las estaciones distribuidas en las diferentes áreas de estudio. Los muestreos se realizaron durante las épocas climáticas correspondientes a cada región: época seca y época de lluvias.

En cada una de las estaciones y en cada época climática, se tomaron muestras de agua superficial. Las muestras fueron colectadas en botellas plásticas blancas se acidificaron para

efectos de preservación, luego se rotularon y transportaron bajo refrigeración a las instalaciones de los laboratorio de INVEMAR.

En el laboratorio las muestras fueron tratadas con Ditiocarbamato de Pirrolidín Amonio (APDC) a pH 4 y Metil isobutil cetona (MIBK) y posterior extracción con HNO₃ 4N. Se determinaron las concentraciones totales de metales en el agua. Las mediciones de los extractos se realizaron en un Espectrómetro de Emisión Atómica de Plasma Acoplado (ICPs) marca *SPECTRO* el cual utilizó como fuente de emisión atómica el plasma de argón.

De otro lado, se realizó el diagnóstico preliminar sobre la calidad de las aguas marinas y costeras del país a partir del procesamiento de información secundaria, así como de los datos primarios obtenidos de los monitoreos que se adelantaron. Para tal propósito fue necesario realizar la revisión de revistas especializadas, libros, informes u otros trabajos de investigación.

Entre los primeros estudios de contaminación metálica en el litoral pacífico y más exactamente sobre la Bahía de Buenaventura, se encuentra el de Niño y Panizzo (1989). Para tal propósito se determinaron los contenidos de Cd y Zn en sedimentos colectados en la Bahía de Buenaventura, en las zonas más influenciadas por las actividades realizadas en el Terminal Marítimo, los vertimientos domésticos, las industrias de pesca y madera y los aportes continentales del río Dagua. Los metales fueron analizados en las diferentes fracciones del sedimento mediante procedimientos de extracción selectiva, los cuales permitirán estimar la disponibilidad y los riesgos potenciales de estos contaminantes bajo determinadas condiciones del medio. Los resultados concluyeron que solo el Zn estuvo en la mayoría de los casos presente en la fracción reducible, lo cual desde una perspectiva ambiental, generaba preocupación para el sistema al poderse constituir en un riesgo potencial debido a que las condiciones anóxicas del sistema pudieran favorecer la disponibilidad biológica de este metal (Tabla 15)

Tabla 10. Promedio y rango de las concentraciones de metales pesados en la Fracción Total de sedimentos, de la Bahía de Buenaventura (Niño y Panizzo, 1989)

	Zn		Cd	
	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa
Promedio	142	141	2.8	3.0
Rango	74-212	102-180	1.0-4.1	1.1-4.2

Otro estudio de interés, fue adelantado por INGEOMINAS entre 1992 y 1993, donde se determinaron las concentraciones de Cd y Cu en aguas de la Bahía de Buenaventura (Calero y Casanova, 1997). Se encontraron concentraciones de Cd que oscilaron entre <10 µg/l y 20 µg/l y para el Cu estuvieron entre <10 µg/l y 30 µg/l. Sin embargo, el Cu estuvo por encima del rango establecido por la Surface Water Quality Standards (menor o igual a 2.9 µg) (Calero y Casanova, 1997) (Tabla 16)

Posteriormente, entre los años 1994 y 1996 en el estudio de Cortes se realizaron mediciones de Cd, Cu, Hg y Pb en el agua y sedimento de la bahía de Buenaventura (Calero y Casanova, 1997). El estudio se realizó tomando como referencia un total de 10 estaciones que fueron distribuidas a través del área de estudio. De los elementos analizados en aguas, solo el Pb y el Hg generaron preocupación al encontrarse concentraciones que superaron los valores límites han sido utilizados como referencias (Tabla 11)

Tabla 11. Rango de las concentraciones ($\mu\text{g/l}$) de metales en aguas de la Bahía de Buenaventura (Tomado de Calero y Casanova, 1997)

Cd	Cu	Hg	Pb	Año	Autor
10-20				1992-1993	INGEOMINAS (1992-1993)
0.1-8.2	0.04-0.1	0.05-0.87	7.0-55	1994-1995	Cortes (1997)

4.6 ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

La franja costera del departamento del Valle está irrigada por ríos caudalosos que forman en su desembocadura extensos deltas y zonas anegadizas donde se desenvuelven las actividades económicas prioritarias de sus pobladores. En esta vertiente del Pacífico se destacan las cuencas de los ríos San Juan (con las subcuencas del Calima y Las Vueltas), Dagua, Anchicayá, Raposo, Cajambre, Yurumanguí y Naya¹⁴.



Figura 48: Ecosistemas del departamento del valle del cauca. Zona afectada por la contaminación.

¹⁴ IGAC, 1988 (Sánchez *et al*, 1997)

La costa se puede dividir en tres sectores de acuerdo con sus características geomorfológicas (Sánchez *et al*, 1997):

- Entre las bocas del San Juan y la ensenada del Tigre se extiende una costa de acantilados rocosos, con una isla barrera de 8 km de longitud¹⁵. En la plataforma continental frente a Bahía Málaga, dominan los fondos arenosos¹⁶.
- Entre la ensenada del Tigre y la isla Santa Bárbara se encuentran bordes acantilados al norte de la bahía de Buenaventura. El costado sur de la bahía es una costa baja cubierta por manglar, disectada por canales mareales sinuosos.
- Entre la isla de Santa Bárbara y la desembocadura del Naya se presentan islas barrera, con mayores desarrollo hacia el norte.

En este departamento se presentan los ecosistemas de manglar, litoral rocoso y arenoso y fondos arenosos. Se tiene noticia de la presencia de pequeñas formaciones coralinas en Bahía Málaga (Díaz - Pulido, 1997) pero hasta el momento no se ha encontrado registrada ninguna descripción sobre su composición y estructura.

4.6.1 Manglares, estuarios y lagunas costeras

Los manglares del Valle del Cauca ocupan 41.961 ha. Las principales formaciones se encuentran en las zonas del delta del río San Juan, Bahía Málaga, Juanchaco, entre la desembocadura del río Dagua y el Golfo Tortugas y de Cajambre hasta el límite sur del departamento. Estructuralmente sobresalen los rodales dominados por *Rhizophora spp.* y *Mora megistosperma* (INVEMAR, 2000). La bahía de Buenaventura está ubicada en un área de manglar atravesada por canales y esteros; sus aguas están diluidas notablemente por el aporte continental de ríos, quebradas y corrientes menores que descienden de la cordillera Occidental. Esta situación causa la formación de deltas y numerosos esteros con notable sedimentación, alteración de nutrientes y presencia de metales pesados y otras sustancias contaminantes en los sedimentos (PNUMA, 1999). La geomorfología de la zona crea condiciones para el desarrollo de manglares de ribera y de borde, pero debido al alto nivel de intervención por aprovechamiento forestal, proliferación de asentamientos humanos y contaminación por residuos líquidos y sólidos, determinan la presencia de manglares muy bajos y poco desarrollados (Sánchez *et al*, 1997).

Para 1997 se reportó una reducción de 345 ha de manglar (INVEMAR, 2000).

4.6.2 Playas

Las playas son arena fangosas, formadas por los sedimentos arrastrados por los ríos San Juan, Dagua y Anchicayá principalmente (Steer *et al*, 1997).

Se han reportado playas contaminadas en la bahía interna de Buenaventura, la zona de Juanchaco, Ladrilleros, la Bocana, Punta Soldado y ciénagas interiores, Isla Costera, la desembocadura del río Dagua, El centro y Pueblo Nuevo, entre otras¹⁷.

En la porción sur de la costa las geformas externas principales son las islas barrera que se encuentran relativamente alineadas, pero que no presentan el mismo desarrollo a todo lo largo del sector, pues este es mayor hacia el norte de este sector (Sánchez *et al*, 1997).

¹⁵ Martínez & Carvajal, 1990 (Sánchez *et al*, 1997)

¹⁶ Díaz *et al*. 2000 (INVEMAR, 2000)

¹⁷ Informe nacional de Colombia, 1997 (PNUMA, 1999)

4.6.3 Litoral rocoso

Los acantilados rocosos aparecen como formaciones discontinuas en la región sur de la desembocadura del río San Juan, bahía Málaga, la bahía de Buenaventura y el golfo de Tortugas (Steer *et al*, 1997). Los acantilados activos, cuya altura promedio es de 15 m, presentan en su mayoría un perfil vertical con su tope cubierto de pastos y arbustos (Sánchez *et al*, 1997). No se encontraron registros sobre su composición biológica o su estado.

4.7 CONCLUSIONES

- ▶ La entrada de nutrientes y materiales a las aguas costeras del Valle del Cauca, esta sectorizada a las bahía de Buenaventura, donde los aportes urbanos e industriales son significativos. De igual modo algunos de los ríos que tributan a esta bahía también tienen influencia de las actividades agropecuarias e industriales por donde atraviesan. Estas dos fuentes mantienen la calidad de las aguas costeras en condiciones estuarinas durante gran parte del año.
- ▶ Se puede concluir que en promedio la contaminación fecal en el estuario de la Bahía de Buenaventura tiende a disminuir, sugiriendo que los aportes de éste tipo de contaminantes se han visto mitigados durante los últimos dos años, por las precipitaciones que los ha caracterizado, incidiendo directamente sobre las concentraciones de salinidad y radiación solar, y por ende, en el crecimiento de los microorganismos en mención, sin embargo los niveles se mantienen por encima de los límites permisibles. Las playas recreativas también perfilan el mismo comportamiento, aunque los rangos se incrementan durante la temporada de turismo, indicando que los mayores riesgos para la salud humana se presentan durante ésta época, y en consecuencia el agua de éstas playas no es adecuada para contacto primario.
- ▶ El departamento del Valle del Cauca, presenta bajos niveles de HDD en las aguas marinas y costeras, siendo los tributarios la principal fuente de descarga de HDD pero sin generar un impacto significativo sobre la calidad de las mismas. Se clasifica este departamento como zona de bajo riesgo de contaminación por HDD.
- ▶ El deterioro de los ecosistemas en este departamento se relaciona principalmente con la contaminación proveniente de la bahía de Buenaventura. Se reportaron contaminadas las playas y las formaciones de manglar que presentan signos de estrés ambiental. Por otro lado, en años recientes la CVC desarrolló monitoreos sobre un área de 52000 ha, donde evaluó el estado de los bosques después de cinco años de veda. Estos programas de veda mostraron una recuperación sensible del ecosistema, por lo que el proyecto sugiere continuar con estos programas ampliando a lapsos de tiempo mayores y establecer programas permanentes de monitoreo (Casas, 2001). Los ecosistemas de las porciones norte y sur de la costa al parecer no presentan este grado de afectación antrópica.

5. CAUCA

5.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

El departamento del Cauca cuenta con 3 municipios costeros; Guapi, Timbiquí y López de Micay, pero solamente las cabeceras de Timbiquí y Guapi se ubican en la zona costera. La relación de la cantidad de pobladores se muestran en la Tabla 12

Tabla 12: Población y cobertura de alcantarillado de las principales poblaciones costeras del departamento de Cauca.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN (hab.) 2001**	% ALCANTARILLADO
López de Micay	Cabecera	2.811	67
Timbiquí	Cabecera	5.054	44
Guapi	Cabecera	12.808	19

*Datos extraídos del Sistema de Información de Aguas y Saneamiento Básico (www.sias.gov.co)

** Datos proyectados en base al censo de 1993-DANE

Las principales fuentes de contaminación reportadas en el departamento se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Principales fuentes de contaminación en el Cauca.

FUENTE CONTAMINANTE		TIPO DE CONTAMINACIÓN	TRIBUTARIOS AFECTADOS
Minería (efluentes mineros)	Extracción de Oro	Física (Sólidos suspendidos, sólidos sedimentables). Química (metales)	Río Timbiquí, río Bubuey, río Saija, río Micay
Agro (escorrentía por uso del suelo y residuos sólidos)	Cocoteras	Química (nitrógeno, fósforo, pesticidas). Residuos agrícolas (estopa)	Río Saija, río Micay
	Extracción y Transformación de Madera (Aserríos)	Física (Sólidos suspendidos, sólidos sedimentables). Residuos forestales (restos de madera, aserrín, retales)	Río Guapi, río Guajui, río Timbiquí, río Bubuey, río Saija, río Micay
	Trapiches (artesanal)	Física (sólidos suspendidos). Orgánica (materia orgánica). Residuos agrícolas (bagazo de caña)	Río Saija, río Micay
Industria (efluentes y residuos industriales)	Producción de Harina de pescado	Física (sólidos suspendidos). Química (materia orgánica, grasas y aceites)	Estero Chanzará
Instituciones (residuos hospitalarios)	Hospital, Puestos de salud	Física (sólidos suspendidos), Química (materia orgánica). Biológica (virus y bacterias patógenos)	Río Micay, río Timbiquí, río Guapi

FUENTE CONTAMINANTE		TIPO DE CONTAMINACIÓN	TRIBUTARIOS AFECTADOS
Hidrocarburos	Almacenamiento y Expendio de Combustible	Química (microcontaminantes : hidrocarburos, aceites y grasas)	Río Guapi, Río Guajú , Río Timbiquí , Río Saija, Río Micay
Doméstico (residuos sólidos y aguas residuales domésticas)	Guapi, Temuey, Limones, Joanico, Playa Blanca, Quiroga	Física (sólidos suspendidos). Química (materia orgánica, nitrógeno, fósforo, grasas, metales).	Río Guapi
	San Antonio de Guajú, Guare, el Carmelo, el Cantil	Biológica (virus y bacterias patógenos).	Río Guajú
	Timbiquí , Santa María, San José, Coteje, Chete, San Miguel, Chacón		Río Timbiquí
	Puerto Saija, Camarones, Santa Rosa, San Bernardo, Pete		Río Saija
	San Pablo, Tambor, Boca Grande, Noanamito, López de Micay, San Antonio de Chuare, Zaragoza		Río Micay

Información suministrada por la CRC, 2001.

La contaminación litoral es producida fundamentalmente por el inadecuado manejo de las aguas servidas y disposición de los residuos sólidos. Así mismo, la actividad minera y la deforestación de manglar para la obtención de madera y sustitución por cultivos de coco generan problemas de sedimentación y contaminantes. (INVEMAR, 2000).

Se ha estimado que este departamento produce el 8% del volumen total de desperdicio de la industria maderera de la costa, equivalente a 45.600 m³ (PNUMA, 1999).

5.2 FÍSICOQUÍMICOS

Este departamento mostró condiciones estables de las principales variables físicas y químicas del agua muestreada. Las características de salinidad (de 0 a 29.9), oxígeno disuelto (entre 3.9 y 9.5 mg/l), sólidos suspendidos (9 a 325 mg/l) y temperatura no presentan amplias variaciones entre los dos períodos de muestreo. Pero en el caso del nitrógeno y fósforo inorgánicos disueltos, si encontraron cambios desde la temporada de seca a la de lluvias. Los valores de nitrógeno aumentaron 14 veces en promedio para la época de lluvias, mientras que los valores del fósforo aumentaron en una proporción de 6 con respecto a los registros tomados en febrero. Valores promedio de estos iones nutritivos fueron de 26.8 µg/ N/l y de 3.6 µg P/l para las estaciones examinadas en esta zona (Tabla 14Figura 49Figura 50Figura 51Figura 52Figura 53).

Tabla 14. Valores de los principales parámetros estadísticos, para algunas de las variables físico-químicas en Cauca.

Parámetro/variable	Salinidad	Oxi (mg/l)	pH	Nitrógeno (µg/l)	Fósforo (µg P/l)	Seston total(mg/l)
Promedio	15.61	6.73	7.40	26.84	3.66	57.00
Mínimo	0.00	3.90	6.20	1.75	0.00	9.40
Máximo	31.20	9.50	8.20	84.01	93.06	325.77
n	33	33	33	33	33	33
Desv. Stand.	12.20	1.17	0.58	28.70	16.13	72.07

Las principales fuentes en este departamento son los ríos y poblaciones que utilizan estos ríos y costas como vertederos de las aguas servidas. Sin embargo no debemos olvidar la gran cantidad de materia orgánica que estos ríos arrastran desde la parte alta, como consecuencia de la actividad natural (como se observa en la bocana del río Micay y en el río Saija: 308 y 325 mg/l respectivamente, durante la temporada de lluvias). Por último es importante continuar con el seguimiento a las pequeñas industrias, para que desde ya entren a colaborar en la protección del ambiente costero, mediante la optimización de las aguas servidas antes de desecharlas al medio acuático natural.

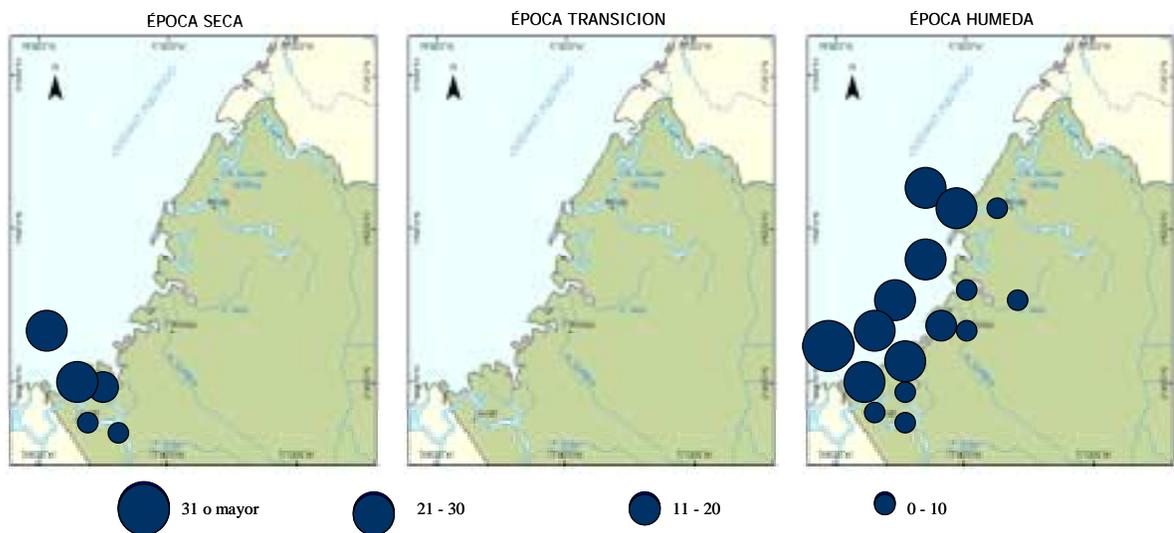


Figura 49: Distribución de la salinidad en la Zona Costera del Departamento del Cauca.

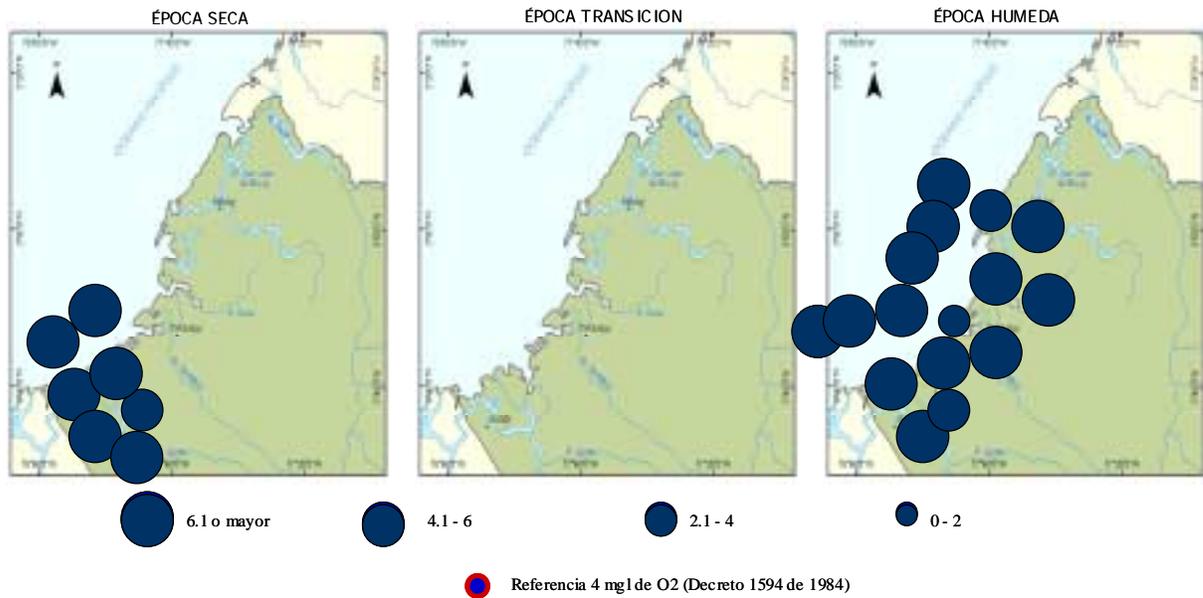


Figura 50: Distribución del oxígeno disuelto (mg/l) en la Zona Costera del Departamento del Cauca

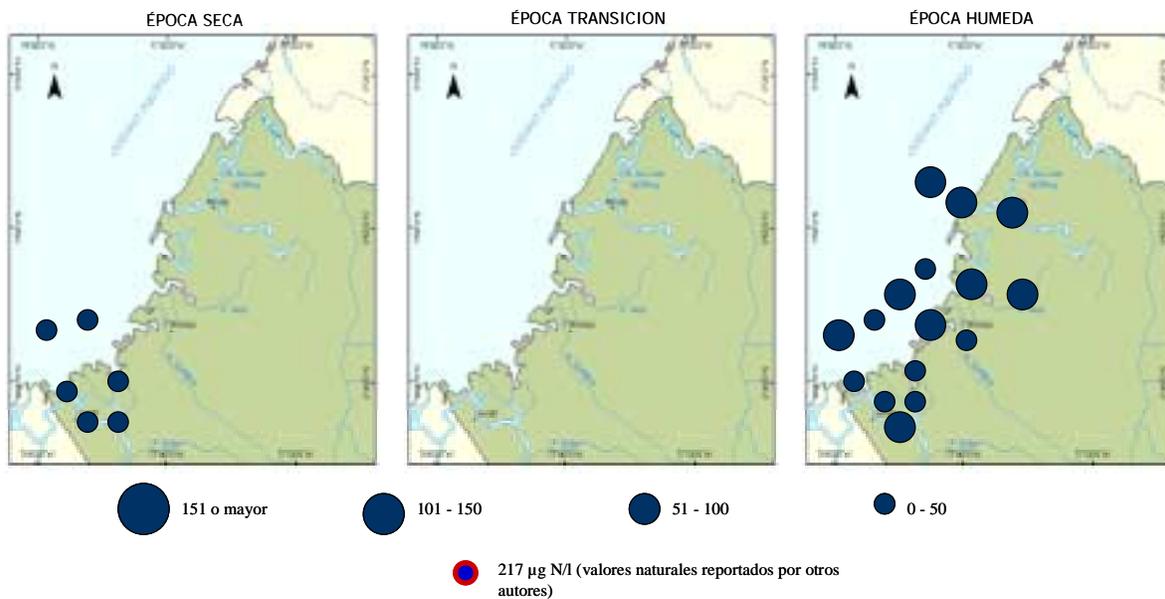


Figura 51: Distribución del nitrógeno inorgánico disuelto (µg/l) en la Zona Costera del Departamento del Cauca

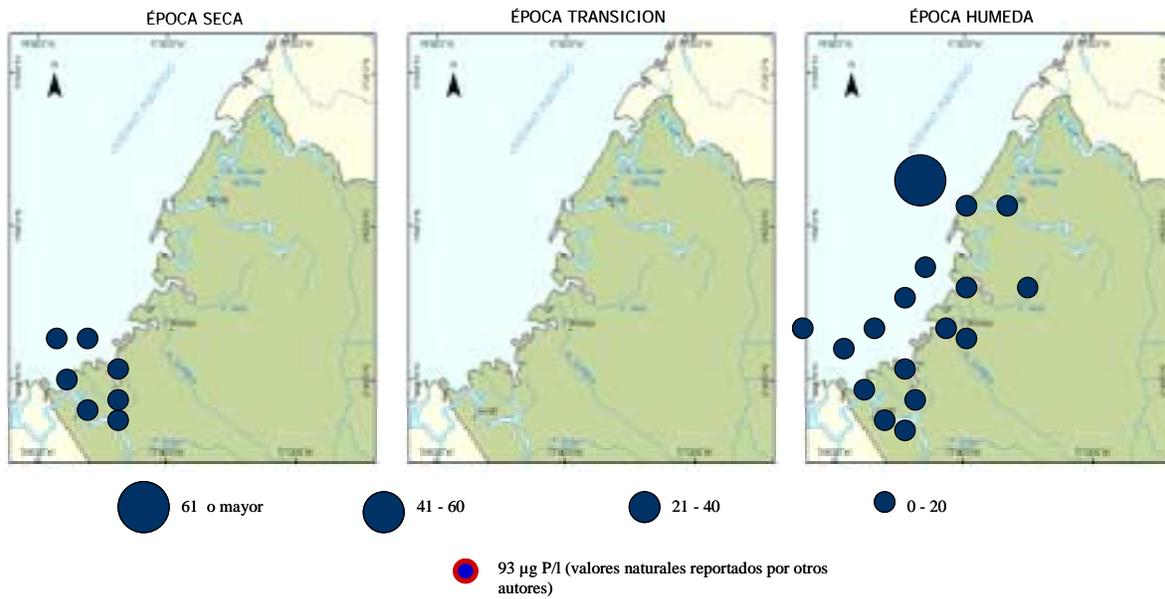


Figura 52. Distribución del fósforo inorgánico disuelto ($\mu\text{g/l}$) en la Zona Costera del Departamento del Cauca

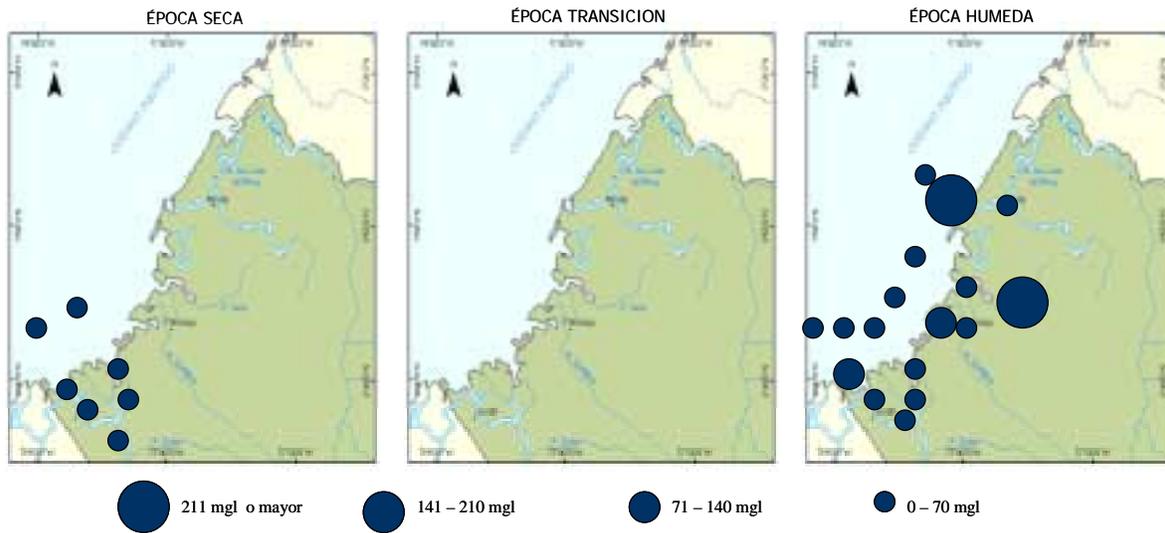


Figura 53: Distribución de los sólidos suspendidos (mg/l) en la Zona Costera del Departamento del Cauca: Distribución de los sólidos suspendidos (mg/l) en la Zona Costera del Departamento del Cauca

5.3 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

El diagnóstico microbiológico de esta región se basa en la información obtenida durante el muestreo del segundo semestre del año 2001, debido a que no se cuenta con datos en los años anteriores. Teniendo en cuenta que esta región posee una amplia red hidrográfica que drena la cuenca Pacífica del departamento, y que el 64% de la población vive en la área rural siendo el hábitat donde también se desarrolla las principales actividades económicas, además, que la cobertura de manglares es alta en su franja litoral; se efectuó una valoración del estado microbiológico en los principales Ríos que desembocan en el Pacífico para determinar la carga bacteriana que arrastran hasta su desembocadura, así como el vertimiento de aguas residuales por los asentamientos ribereños.

Los rangos de las concentraciones de coliformes fecales oscilaron entre 2400 y 16000 NMP/100ml, sobrepasando los límites permisibles, de donde los niveles más altos se encontraron en el río Iscuandé, frente al pueblo La Soledad.

En la Figura 54 se observa que las concentraciones de coliformes fecales en los Ríos Guapi, Micay, Iscuandé, Guajui, Saija, Timbiquí y las aguas de la cabecera municipal influidas por el basurero de Guapi, sobrepasan los límites permisibles; indicando que hay un vertimiento directo de aguas residuales en estos cuerpos de agua sin previo tratamiento por las poblaciones ribereñas a estos ríos.

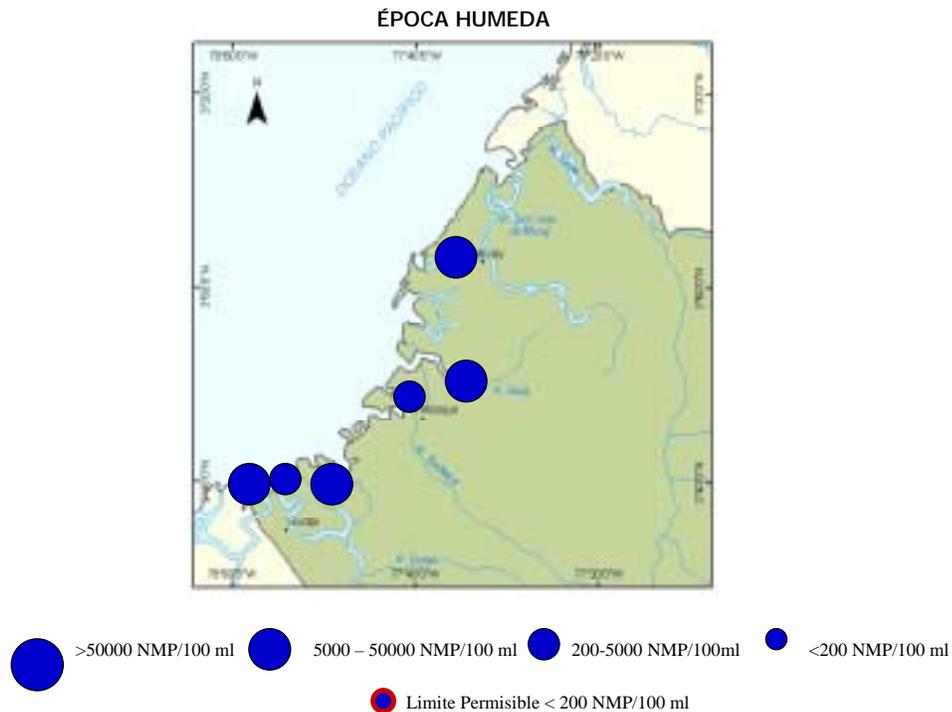


Figura 54. Distribución de coliformes fecales (NMP / 100 ml) en la zona costera del Cauca

El análisis de la información de la época húmeda, determinó de acuerdo a la escala de valores indicativa, el grado de contaminación microbiológica según Marín (2000). En consecuencia, teniendo en cuenta que el 99% de las muestras analizadas sobrepasaron los límites permisibles

para coliformes fecales, ésta región se clasifica dentro de la escala de Niveles de Riesgo como una zona de alta contaminación.

La mayor concentración se encontró en el río Iscuandé y Saija poniendo en riesgo sanitario a las poblaciones de Soledad y Puerto Saija. Figura 55

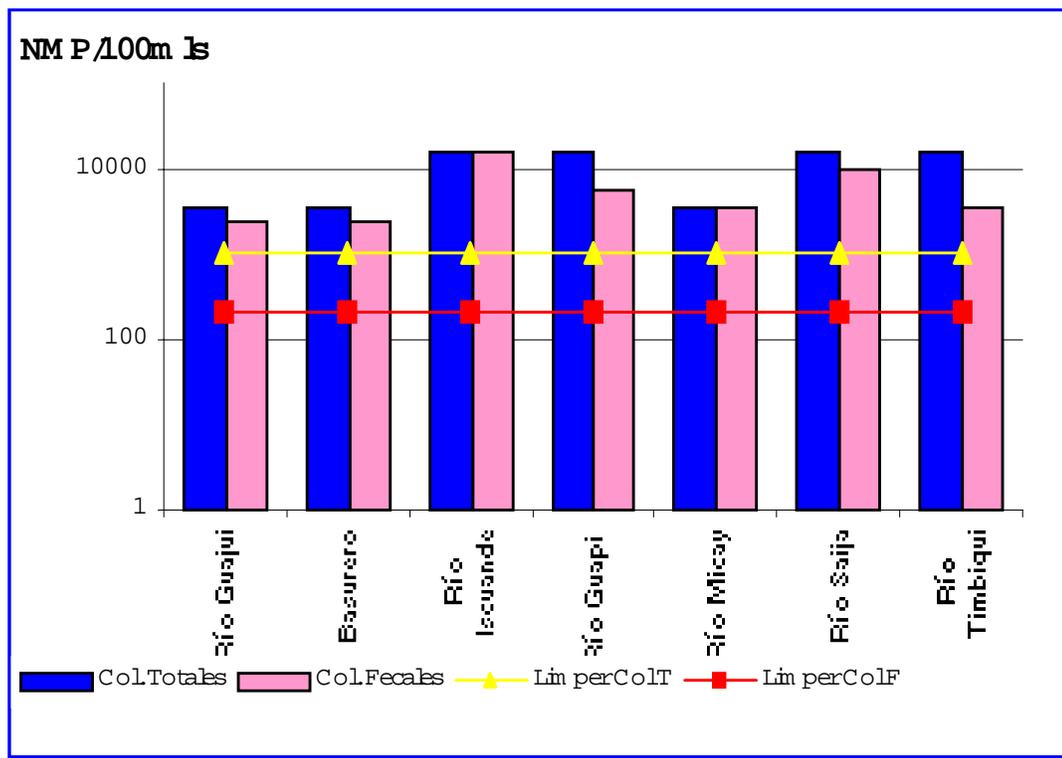


Figura 55. Niveles de Coliformes totales y fecales. Límites permisibles por la legislación Colombiana para agua de uso primario. Zona costera del departamento de Cauca.

5.4 HIDROCARBUROS Y PLAGUICIDAS

La distribución espacial de HDD y de plaguicidas se presentan en la Figura 56 y Figura 57 el diagnóstico ambiental del departamento del Cauca 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 presentan valores de hasta 33ug/l para HDD y de 34 ng/l de plaguicidas sobrepasando los niveles máximos permisibles tanto para HDD (>10 ug/l) como para plaguicidas (>30 ng/l). En otros sectores costeros del departamento los niveles son bajos, tipificando contaminación y riesgos poco significativos.

En el área de Guapi, el mayor impacto por residuos de HDD y de plaguicidas se explica por el mayor desarrollo y por la actividad humana, escorrentías terrestres del río Guapi y por la movilización marítima de cabotaje y tensores locales.

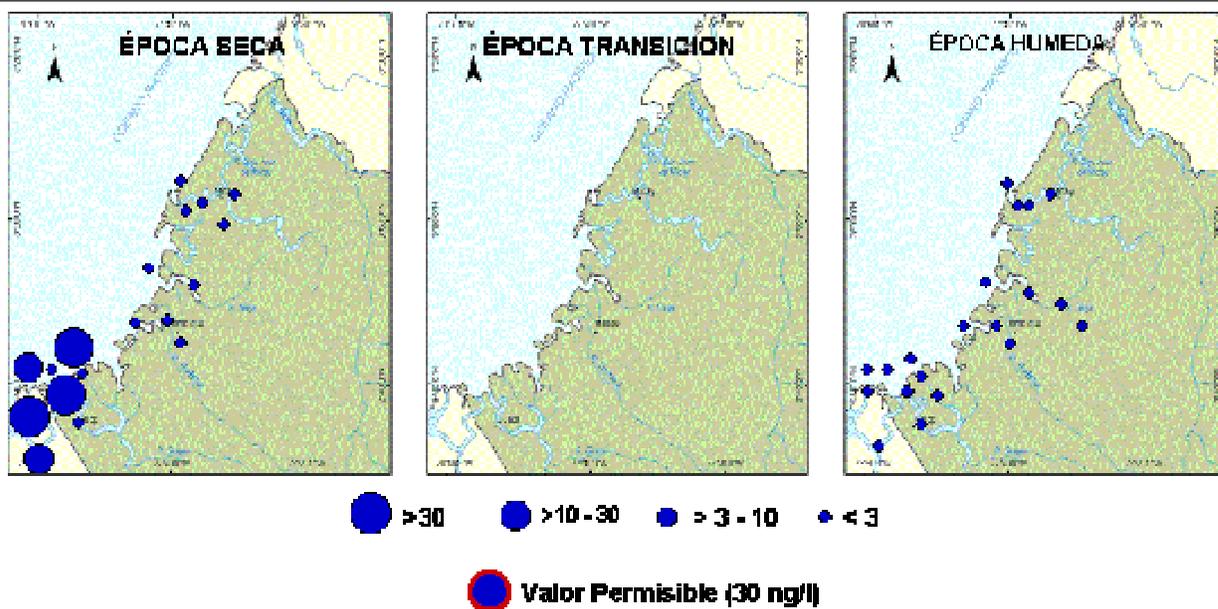


Figura 56. Niveles en ng/l de residuos de plaguicidas organoclorados en la zona costera del Cauca.

En la época húmeda se observa un reducción considerable de las concentraciones de contaminantes de petróleo y de plaguicidas en esta zona costera de Guapi, debido a un fenómeno de dilución por el aumento de las lluvias.

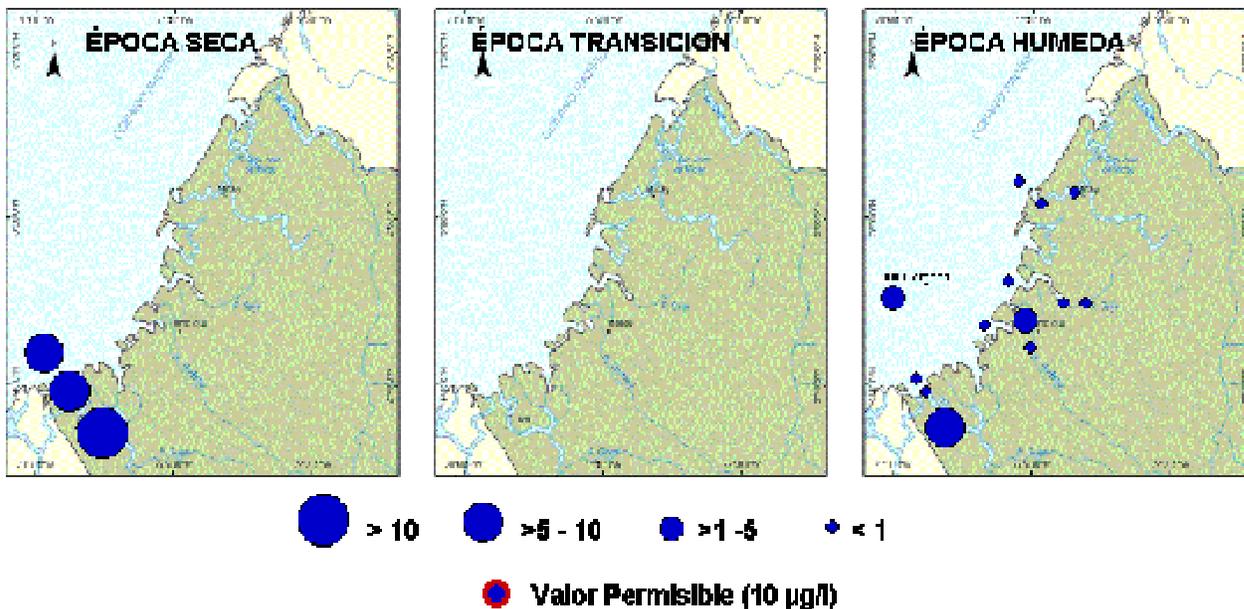


Figura 57. Niveles en ng/l de hidrocarburos disueltos y dispersos en la zona costera del Cauca durante 2001 (Isla Gorgona 1987 - 1988)

5.5 METALES PESADOS

Las concentraciones promedio obtenidas para esta zona del litoral pacífico Caucaño se encuentran en la Tabla 15

Tabla 15 Concentraciones promedio de Cr, Cd y Pb ($\mu\text{g/l}$), rango, desviación estándar (SD) y Coeficiente de Variación (CV%) en aguas de región costera del Departamento del Cauca, febrero y septiembre de 2001.

	Cr ($\mu\text{g/l}$)	Cd ($\mu\text{g/l}$)	Pb ($\mu\text{g/l}$)
Promedio	<LD	1.85	56
Rango	---	1.7-2.0	46-62
SD	---	0.0001	0.004
CV(%)	---	4.2	5.7
Nº de Datos		14	14

Los valores de Cd para las aguas costeras del Departamento del Cauca, varían entre 1.7 y 2.0 $\mu\text{g/l}$ con un promedio total hallado para todas las estaciones y épocas de muestreo, de 1.85 $\mu\text{g/l}$.

El Cr presenta en todos los casos concentraciones por debajo del límite de detección (<2.1 $\mu\text{g/l}$)

El Pb presenta concentraciones que oscilan entre 46 y 62 $\mu\text{g/l}$ y un promedio total hallado entre todas las estaciones y épocas de muestreo, de 56 $\mu\text{g/l}$.

En las figuras de distribución horizontal realizadas para cada uno de los metales analizados, se observa que en el caso del Cd las concentraciones no variaron significativamente entre una estación y otra, manteniéndose en el mismo rango de concentración durante las dos épocas. Este comportamiento se observó en la totalidad de las estaciones, excepto en la estación de la Bahía de Guapi donde se registró un ligero aumento para este metal durante la época húmeda Figura 58

Para el Pb se presentan cambios en la concentración, con disminución desde la época seca hacia la época húmeda pero solo en el sector de la Bahía de Guapi. Igualmente se observa que las concentraciones de este elemento durante la época húmeda del año, mostraron variaciones entre una estación y otra, siendo mayores los valores en las estaciones que se localizan en el sector norte de esta región costera. Figura 60

Según los resultados expuestos y atendiendo a los criterios establecidos en la escala indicativa de contaminación, las zonas costeras del Departamento del Cauca, no presentan riesgos de contaminación con respecto al Cr y el Cd. También, se registran concentraciones de Pb que se enmarcan dentro de los límites que han sido establecidos como indicativos de Contaminación Baja en la escala por consiguiente, el nivel de riesgo de Pb en esta área costera, es Bajo Figura 59 Figura 61

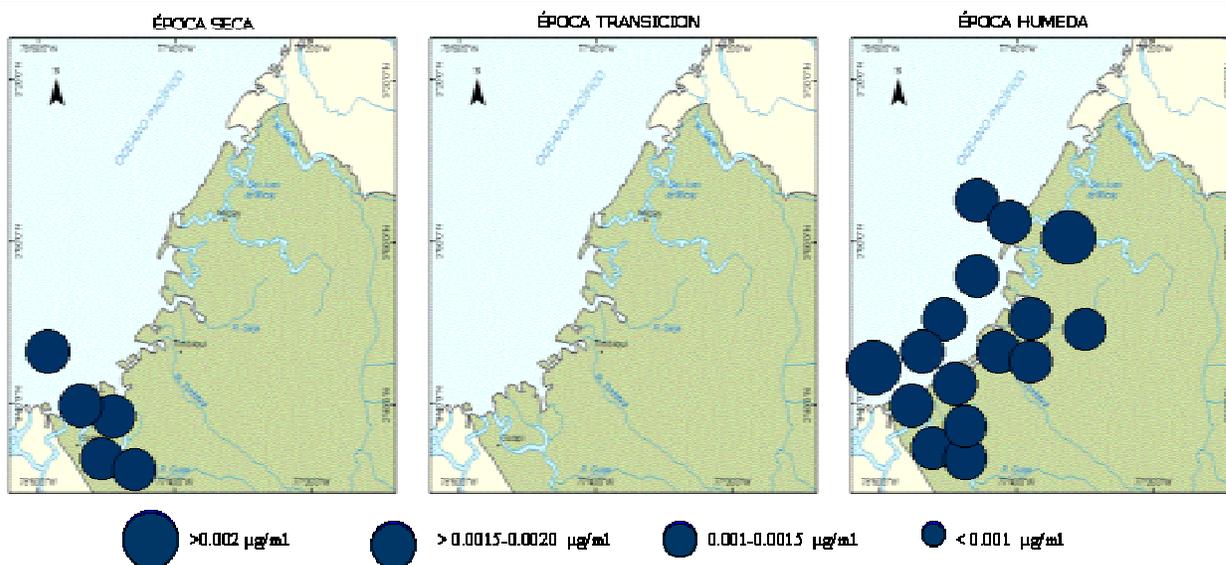


Figura 58. Distribución de Cd ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del departamento del Cauca.

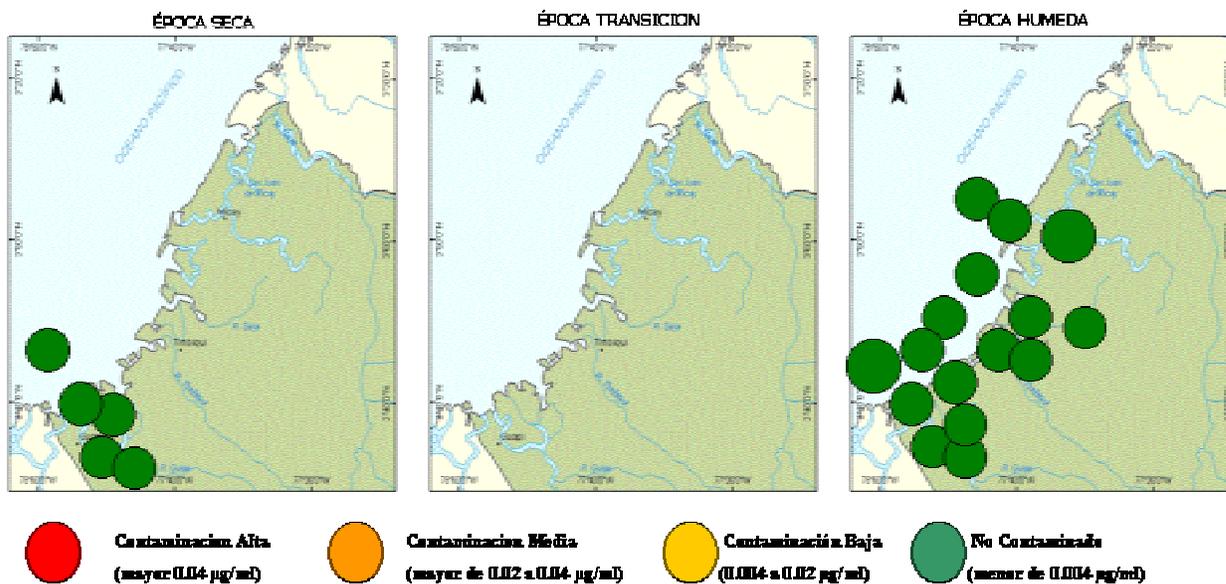


Figura 59. Valoración de la contaminación con Cd ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del departamento de Cauca.

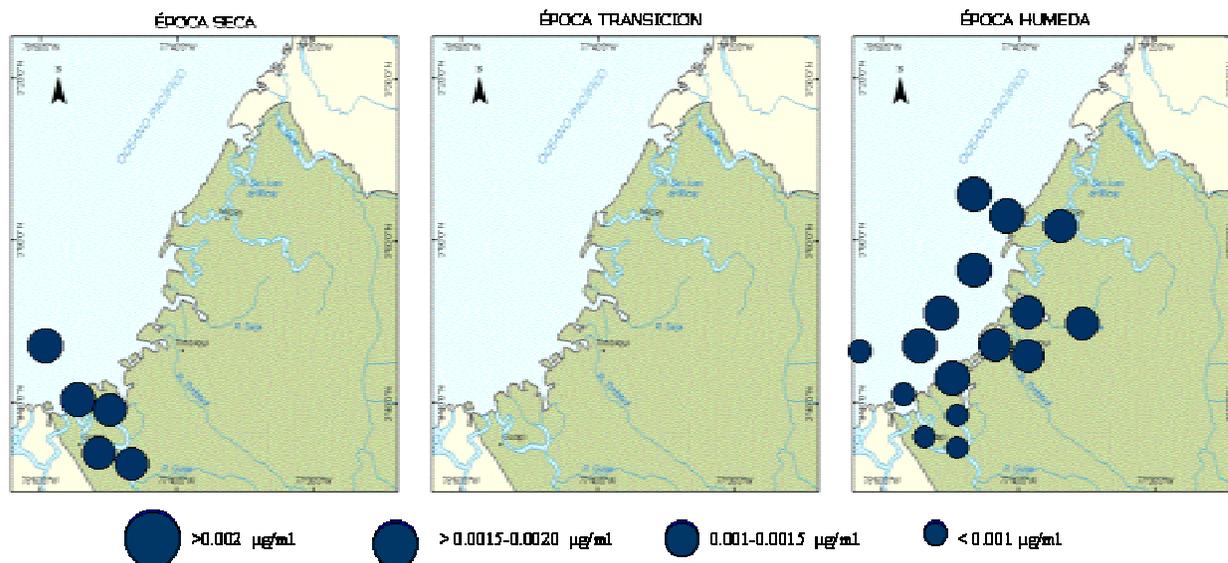


Figura 60. Distribución de Pb ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del departamento de Cauca.

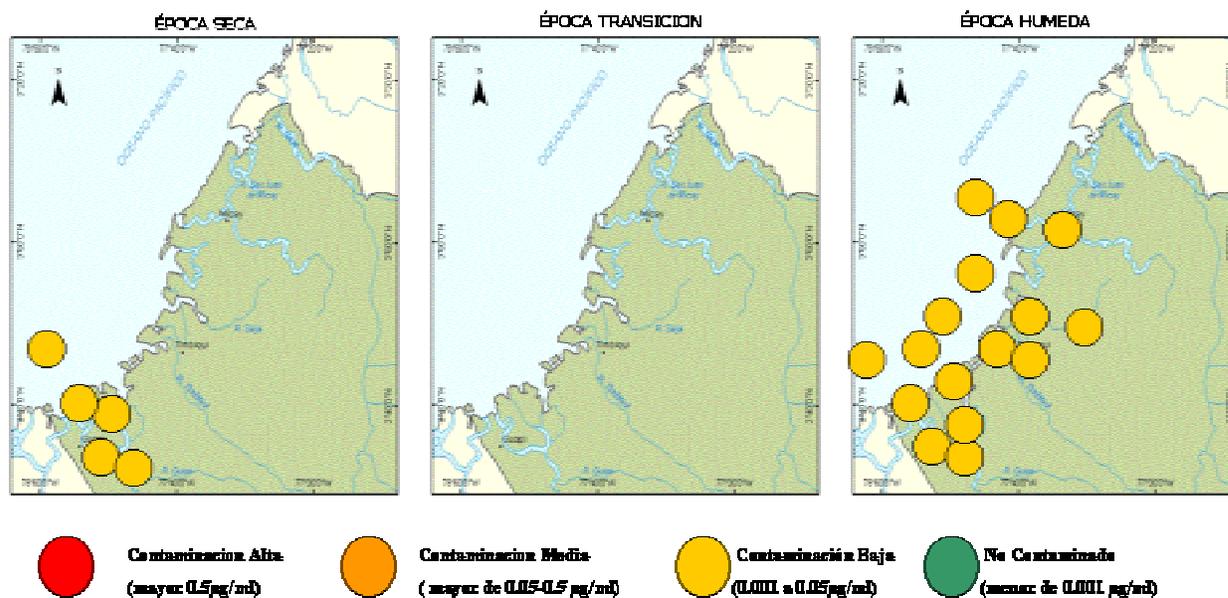


Figura 61. Valoración de la contaminación con Pb ($\mu\text{g/ml}$) en la zona costera del departamento de Cauca.

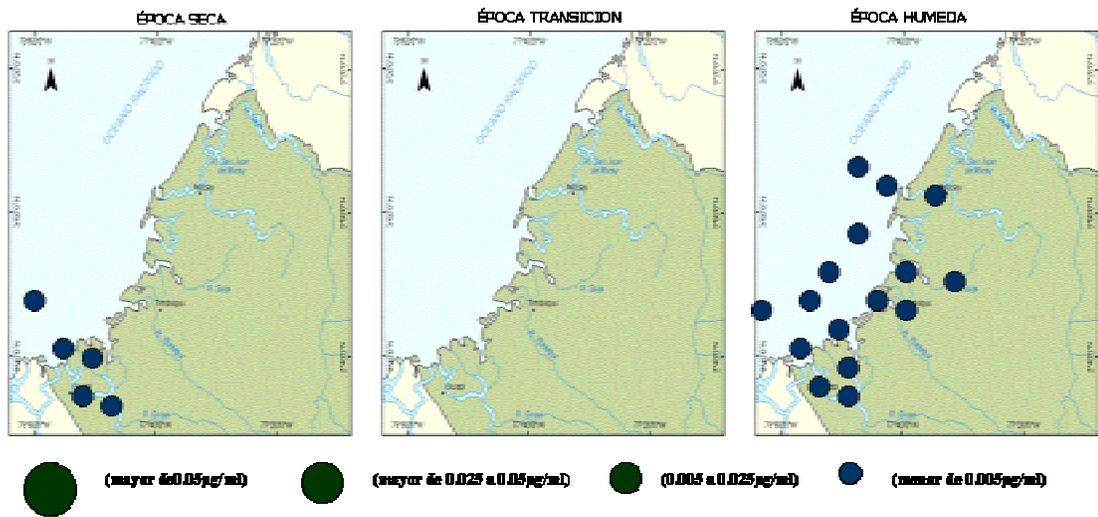


Figura 62. Distribución de cr ($\mu\text{g}/\text{ml}$) en la zona costera del departamento de Cauca.

5.6 ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

En este departamento sobresale por su extensión y desarrollo el ecosistema de manglar, que ocupa toda la costa continental. Frente a esta costa se presentan dos pequeñas islas, una continental y otra oceánica que están incluidas dentro del Sistema de Areas Protegidas: Gorgona y Malpelo. En ellas se desarrollan arrecifes rocosos y coralinos muy significativos por su extensión y riqueza.



Figura 63: ecosistemas marinos y costeros del departamento del Cauca.

Las playas se forman por los aportes de los ríos y son de tipo arenofangoso. En la isla Gorgona se presentan algunas playas en la parte noroeste, como Playa Bonita y La Azufrada y al suroeste como Gorgonilla y La Camaronera (Steer *et al*, 1997). Así mismo, se pueden observar acantilados, especialmente en la isla Malpelo cuyos acantilados bajan casi verticalmente hasta 90 m de profundidad¹⁸.

La hidrología de este departamento comprende, en la parte norte, los ríos Micay, Saija, Bubuey y Timbiquí, con un patrón de drenaje paralelo que al llegar a las zonas bajas se torna meandriforme. Hacia el sur se encuentra la cuenca hidrográfica del río Guapi, caracterizada por un drenaje subparalelo de tendencia radial. Al llegar a las zonas inundables se vuelven meándricos, conformándose islas barrera alargadas y paralelas a la línea de costa¹⁹.

5.6.1 Manglares, estuarios y lagunas costeras

El litoral del departamento del Cauca es bajo, está en proceso de consolidación y avance, sometido a la influencia de fuertes mareas y presenta una faja de manglares casi continua que penetra hasta unos 20 o 30 km tierra adentro (Steer *et al*, 1997). La cobertura de manglar es de 36.276 ha (INVEMAR, 2000). Un gran porcentaje del área de manglares se encuentra intervenido y algunas zonas presentan alto nivel de explotación (Sánchez *et al*, 1997). Se ha calculado una reducción de 8.384 ha de bosque de manglar que ha sido sustituido en su mayoría por cultivos de palma de coco y frutales (INVEMAR, 2000).

Por otro lado, se encuentran algunos bosques en estado primario, especialmente en zonas centrales, en sectores como El Loro y Cuerval, entre Bubuey, Saija y Candelaria, con árboles de 40 m de altura y diámetros hasta 100 cm, ocupando una extensión de 1300 a 1500 ha. En general, los manglares más conservados se encuentran al norte, e inclusive la zona norte fue designada como zona con capacidad de producción por el proyecto Manglares del Ministerio del Medio Ambiente (Sánchez *et al*, 1997).

En el límite externo, donde no se presentan barras de arena, los manglares quedan expuestos a la acción del oleaje y por esto es común observar hileras de árboles muertos a lo largo del frente de la costa (Sánchez *et al*, 1997).

Una característica relevante a lo largo de la costa es la presencia de cultivos de coco *Cocos nucifera* en zonas de manglar, a los que se les han acondicionado sistemas de drenaje para mejorar la aptitud del suelo, con detrimento de los manglares (Sánchez *et al*, 1997).

Otro de los problemas grandes que enfrentan los manglares en este departamento es la extracción de madera, especialmente de *Mora oleifera*. La sobreexplotación y el deterioro de los natales ha ocasionado que la principal fuente de obtención de madera para ser procesada en aserraderos provenga del bosque aluvial (Sánchez *et al*, 1997).

La zona entre el brazo Quiroga y el río Guajú, sobre unas 3.360 ha, presenta superficies ocupadas por bosques de manglar con media y alta intervención por la explotación comercial del recurso forestal y cambio de uso del suelo (Sánchez *et al*, 1997).

5.6.2 Arrecifes de coral

Alrededor de la isla Gorgona se desarrollan arrecifes coralinos con varios grados de complejidad, incluyendo comunidades coralinas, arrecifes incipientes y franjeantes bien estructurados

¹⁸ Pral., 1990 (INVEMAR, 2001)

¹⁹ Martínez & Carvajal (Sánchez *et al*, 1997)

(INVEMAR, 2000) de hasta 1 km de longitud y 15 km de ancho, como es el caso del arrecife La Azufrada²⁰.

En el monitoreo SIMAC se ha registrado desde el inicio una cobertura coralina considerablemente mayor que en las localidades del Caribe. En el 2000 se observó un incremento significativo de esta variable respecto al año anterior, del 65% al 80%, y una reducción similar en la cobertura de las algas del 21% a menos del 8%. Después de una ligera reducción en la cantidad de superficie coralina, luego de un fenómeno de blanqueamiento en 1998, entre 1999 y 2000, los corales recuperaron sus niveles normales de cobertura, los cuales llegan al 80% en el frente arrecifal de la Azufrada²¹, en el cual se hallan ubicados los transectos SIMAC. En el 2000 tampoco se observó la presencia de enfermedades o síndromes asociados en los corales (INVEMAR, 2001).

En la isla Gorgona, el blanqueamiento coralino alcanzó proporciones catastróficas para junio de 1983²², con deterioros cercanos al 85% en todos los arrecifes de la isla luego del fenómeno de El Niño de 1982 – 1983. El blanqueamiento fue acompañado de una reducción en la producción de mucus, principalmente en corales pocilloporidos y reducción de otros organismos simbioses²³. Para julio de 1983, la mayoría de las colonias en el arrecife de La Azufrada habían muerto y estaban cubiertas por algas. La recuperación de los arrecifes coralinos en Gorgona desde 1983 ha sido lenta, debido a las bajas tasas de crecimiento y reclutamiento coralino, y a las perturbaciones ambientales²⁴. En noviembre de 1984, se registró una recuperación en la cobertura cercana al 15%, debida principalmente a la regeneración de las colonias de pocilloporidos. En octubre de 1985 aún se observaban grandes extensiones de coral muerto, y para diciembre de 1987, especies como *Psammacora stellata* y *Pocillopora damicornis* habían recolonizado la mayoría de los corales muertos²⁵. Para 1995, la cobertura coralina se había recuperado allí totalmente, alcanzando coberturas de 78%²⁶; sin embargo, esta recuperación casi total no ocurrió en todos los arrecifes de la isla Gorgona. Actualmente, se encuentran todos los corales masivos, incluyendo especies de los géneros *Pavona*, *Porites* y *Gardineroseris*, pero en baja abundancia²⁷ y las tasas de crecimiento son bajas comparadas con las registradas antes del evento de calentamiento de 1982 - 1983²⁸. Sin embargo, la baja tasa de crecimiento coralino que se ha registrado en los últimos años puede ser el efecto de otros factores tales como la fuerte surgencia de aguas frías ocurrida en el golfo de Panamá en 1985²⁹.

En la isla Malpelo, los corales no alcanzan a formar arrecifes verdaderos; sólo existen comunidades bien desarrolladas en sectores de suave pendiente. Tienen un buen desarrollo hasta los 30 m de profundidad³⁰. El sector de El Arrecife exhibe un claro patrón de zonación (INVEMAR, 2000); la cobertura coralina viva parece haberse reducido en un 20% desde 1972 cuando se registraba un valor promedio de 65%. Estimaciones de mortalidad coralina reciente resultaron en

²⁰ Glynn *et al.*, 1982; Zapata, 1994 (Díaz - Pulido, 1997)

²¹ Zapata & Vargas-Angel, 2001 (INVEMAR, 2001)

²² Prah, 1983b (Díaz *et al.*, 2000)

²³ Prah, 1985 (Díaz *et al.*, 2000)

²⁴ Zapata & Vargas-Angel, en prensa (Díaz *et al.*, 2000)

²⁵ Prah. *et al.*; Zapata & Vargas-Angel, en prensa (Díaz *et al.*, 2000)

²⁶ Bárcenas *et al.*, 1996 (Díaz *et al.*, 2000)

²⁷ Zapata & Vargas Angel, en prensa (Díaz *et al.*, 2000)

²⁸ Glynn & Stewart, 1973; Prah., 1985 (Díaz *et al.*, 2000)

²⁹ Legeckis, 1988; guzmán *et al.*, 1990 (Díaz *et al.*, 2000).

³⁰ Birkeland *et al.*, 1975; Prah, 1990; Zapata, 1994 (Díaz - Pulido, 1997)

un valor promedio de 23%. En este arrecife se registró por primera vez la presencia de enfermedades coralinas en el Pacífico colombiano, de las cuales la más frecuente se observó atacando las especies de *Pocillopora* y parece corresponder con la "banda blanca", con 1 a 10% de afección del tejido (nivel bajo) (Garzón - Ferreira, 1999).

En la isla de Malpelo se ha documentado recientemente también una reducción de la cobertura coralina, de valores cercanos al 65% (respecto del total de sustrato), a comienzos de los años setenta, a niveles actuales de 45%³¹.

5.7 CONCLUSIONES

► La contaminación de las aguas costeras en el Departamento del Cauca, parece estar localizada en los ríos Micay y Saija, por los valores de fósforo inorgánico y sólidos suspendidos en estos cursos de agua. Para el resto de la zona costera no se detectaron fuentes significativas, aunque se conoce el que el aporte de aguas servidas de las poblaciones costeras en su conjunto pueden estar generando algún tipo de impacto sobre la calidad de las aguas del Departamento.

En el departamento del Cauca, el análisis realizado refleja unos niveles de coliformes fecales elevados, con lo cual se considera que sus aguas costeras son de alto riesgo para la salud humana, sin embargo, se debe tener en cuenta que hasta el momento se ha realizado un solo muestreo y fue durante la época húmeda. Considerando que en estas condiciones los niveles de coliformes aumenta por la disminución de la salinidad y de la radiación solar, entonces, su presencia será a un comportamiento normal, por lo cual se recomienda seguir monitoreando esta zona para tener un perfil más claro del comportamiento de estos microorganismos.

► En general, el departamento del Cauca presenta un impacto significativo sobre la calidad de las aguas marinas y costeras debido a los altos niveles de HDD y plaguicidas que para la época seca son particularmente significativos, especialmente localizados en la zona de Guapí. Se considera esta zona como de alto riesgo de contaminación por HDD y por residuos plaguicidas. En la época húmeda, se considera como zona de bajo riesgo de contaminación tanto por HDD como por plaguicidas.

► Para el Departamento del Cauca se presentaron concentraciones de Cd en el rango de 1.7 y 2.0 µg Cd/l. Estos valores se encuentran dentro de los límites establecidos para Contaminación Baja en la escala de valores indicativos de contaminación, por lo tanto no representan riesgo de gran significancia para el sistema. Las concentraciones de Pb presentaron variaciones entre estaciones y épocas sin embargo, se mantienen dentro de los rangos descritos para Contaminación Baja siendo igualmente sus niveles de riesgo sobre el sistema bajos.

► No se encontraron reportes de deterioro de los ecosistemas marinos y costeros de este departamento por causa de la contaminación. Al parecer es una zona costera con una relativamente alta calidad ambiental que solamente se ha visto afectada por fenómenos climáticos y por actividades extractivas sin control.

³¹ Garzón-Ferreira & Pinzón, 1999 (Díaz *et al*, 2000)

6. NARIÑO

6.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En este departamento se encuentran 6 municipios costeros con sus cabeceras cercanas a la costa. Tabla 16

Tabla 16: Población y cobertura de alcantarillado de las principales poblaciones costeras del departamento de Nariño.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN (hab.) 2001**	% ALCANTARILLADO*
Santa Bárbara	Cabecera	4.441	NA
El Charco	Cabecera	5.481	NA
Mosquera	Cabecera	3.426	NA
Olaya Herrera	Cabecera	14.485	NA
Francisco Pizarro	Cabecera	5.519	0
Tumaco	Cabecera	77.986	56.8
La Tola	Cabecera	1.844	

* Datos extraídos del Sistema de Información de Aguas y Saneamiento Básico (www.sias.gov.co)

** Datos proyectados en base al censo de 1993-DANE

NA: No Aplica

La región costera no dispone de los servicios básicos (acueducto, alcantarillado, recolección y disposición de basuras), lo cual conlleva a que todos los desechos domésticos y gran parte de los desechos industriales se viertan finalmente a los cuerpos de agua (Campos *et al*, 1996). Tabla 17

Tabla 17: Información Regional sobre fuentes de contaminación, tipos de contaminación y principales tributarios en Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Nariño "CORPONARIÑO"

	FUENTE CONTAMINANTE	TIPO DE CONTAMINACIÓN	TRIBUTARIOS AFECTADOS
Minería	Minería en municipios Barbacoas, Magui, Iscuandé, Tumaco, Sotomayor, Cumbitara, Samaniego	Inorgánica, contaminación por hidrocarburos, pérdida de suelo, aumento de sólidos en suspensión	R. Mataje, R. Mira, R. Iscuandé, R. Patía
Agro	Cultivos ilícitos	Agroquímicos	Ríos Mataje, Mira, Iscuandé, Patía, Tapaje, Sanquianga, Caunapí, Rosario, Chagui.
	Palma aceitera	Agroquímicos y aguas residuales industriales	R. Caunapí, R. Mira, R. Rosario
	Ganadería	Heces	R. Mira, R. Patía
	Transformación de madera	Residuos sólidos (aserrín, retales, costaneras)	Ríos Tapaje, Mira, Iscuandé, La Tola, ensenada de Tumaco, esteros Salahonda y Brazo Largo, brazo Guandipa, R. Patía

	FUENTE CONTAMINANTE	TIPO DE CONTAMINACIÓN	TRIBUTARIOS AFECTADOS
	Aprovechamiento de coco	Residuos sólidos (estopa de coco)	Ríos Mejicano, Chagui, Rosario, Mira, Gualajo, ensenada de Tumaco, Litoral Mosquera y San Juan
Industria	Industria pesquera	Residuos orgánicos, aguas residuales	Ensenada de Tumaco, Iscuandé
	Industria camaronera	Aguas residuales industriales	Ensenada de Tumaco
	laboratorios de larvas de camarón	Aguas residuales industriales	Ensenada de Tumaco
	Extracción de material de arrastre	Sólidos en suspensión, grasas y aceites	R. Mira, R. Patía
Puertos	Terminal marítimo de Tumaco	Aguas de sentinas, mantenimiento de barcos (lijado, pintura, aceites, entre otros)	Ensenada de Tumaco
Instituciones	Hospitales, centros de salud	Aguas residuales	ensenada de Tumaco, Ríos La Tola, Iscuandé, Tapaje, Mira, Patía
	Sacrificio de ganado vacuno, bovinos	Residuos sólidos (retazos de pieles, cascos, grasas entre otros, aguas residuales)	Ríos La Tola, Tapaje, Iscuandé, ensenada de Tumaco, R. Patía
Hidrocarburos	Estaciones de servicio	Aceites y derivados de petróleo	ensenada de Tumaco, R. Iscuandé, R. Tapaje, R. Mira, R. Patía
	Conducción y cargue de petróleo crudo	Hidrocarburos	ensenada de Tumaco, R. Rosario, Tabacal, R. Mira (E. Guandarajo)
Domésticos	Asentamientos palafíticos municipios, veredas	Aguas residuales domésticas, basuras, alcantarillado	
	Candelilla de la Mar y Puerto Palma		R. Mataje
	Candelilla, Imbili, Peña Colorada, Cajapí del Mira, San Isidro, Descolgadero, isla grande, Guabal, Teran, Cabo Manglares, Milagros, Congal y población fronteriza del Ecuador		R. Mira
	Chapilar, san francisco, Vuelta larga, Corriente grande, El Coco, Santa maría, El Gallo, isla grande, Candelo		R. Rosario
	Nuevo Retorno, San José Guayabo, Santa Rosa, Tablones, Alto Buenos Aires		R. Mejicano
	Chajal, Majagua, Palambí, La Sirena, Cuarasanga, El Chorro		R. Chagui
	Olivo, Soledad, Curar		R. Curay
	M de la Tola		R. La Tola
	Barro Colorado, Gualajo		R. Gualajo
	M de Francisco Pizarro		Estero Salahonda
	M de Tumaco		Ensenada de Tumaco
	M de Satinga, M de San José Roberto Payán, asentamientos R. Telembí		R. Patía

Información suministrada por Marcela Caviedes y con correcciones de Javier López, funcionarios de la Corporación Autónoma Regional de Nariño

Las principales descargas contaminantes que se aportan al mar son:

- Desechos industriales generados por las empresas procesadoras de productos hidrobiológicos, harineras de pescado, empresas camaroneras, laboratorios de larvas de camarón, empresas extractoras de aceite de palma africana. En este tipo de industrias se produce una fuerte descarga de materia orgánica.

- Hidrocarburos residuales de las estaciones de servicio y ventas flotantes de combustibles y el distrito sur de ECOPETROL (Campos *et al*, 1996).
- Desechos domésticos. Representan un aporte importante en la contaminación del medio marino, por la carencia de servicios básicos en las poblaciones costeras y zonas rurales. Sumado a esto, las características de la mayoría de las viviendas de la zona (construcciones palafíticas) conllevan a que gran parte de los desechos sanitarios se viertan al mar (Campos *et al*, 1996).
- Desechos de la industria maderera: debido a que en la región costera se desarrolla una marcada explotación maderera, los desechos de esta actividad constituyen una fuente de contaminación, porque son arrojados directamente a los cuerpos de agua, produciendo olores nauseabundos y condiciones anóxicas para el ecosistema marino (Campos *et al*, 1996). Se ha estimado que en el departamento se produce el 66% de los desechos totales de esta industria para el Pacífico colombiano, representados en 376.200 m³ (PNUMA, 1999).
- Desechos institucionales: aquí se agrupan los desechos provenientes de las oficinas privadas y estatales, mataderos, plazas de mercado, y hospitales, sitios donde aún no existen los sistemas de tratamiento adecuados (Campos *et al*, 1996).
- Aguas residuales domésticas e industriales.
- Desechos de actividades mineras y agrícolas.

En Tumaco se concentra el mayor porcentaje de estas actividades. El terminal de ECOPETROL, que recibe un promedio de 800 mil barriles de petróleo al mes, generando unos 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 piscinas³². Otras fuentes son los buque tanques que al llegar al puerto a cargar el crudo, vierten parte de su lastre con hidrocarburos, a menos de 3 millas de la costa (Marrugo, 1993).

Al Patía vierten corrientes que drenan los cultivos de papa de Túquerres, Pasto e Ipiales, uno de los principales productos agrícolas del departamento, así como también uno de los que más requiere el uso de agroquímicos,

Dentro de las áreas extractoras de oro se encuentran los Municipios de Barbacoas, Magüí, Sotomayor y Cumbitara, que contaminan el río Patía. Los ríos Mira y Curay también presentan altas concentraciones de mercurio; estos ríos vierten sus aguas a la ensenada de Tumaco (PNUMA, 1999)

Tumaco cuenta con sistema de tratamiento y disposición de residuos sólidos urbanos, consistente en una planta para clasificación de residuos, reciclaje y aprovechamiento de materia orgánica mediante compostaje. Los residuos no utilizables se disponen en un microrelleno sanitario; produce aproximadamente 70 TM/día, de las cuales 40% se quedan sin recolección y son dispuestas a cielo abierto en playas y otros espacios abiertos (PNUMA, 1999).

6.2 FISICOQUÍMICOS

Nariño posee un importante puerto en la ensenada de Tumaco, el cual es de gran importancia para el comercio de la región. En esta zona se encontraron valores típicos estuarinos, por las condiciones alta dinámica impuesta por los ritmos de las mareas y los aportes de los ríos.

³² Marrugo, 1993 (Marrugo, 1993)

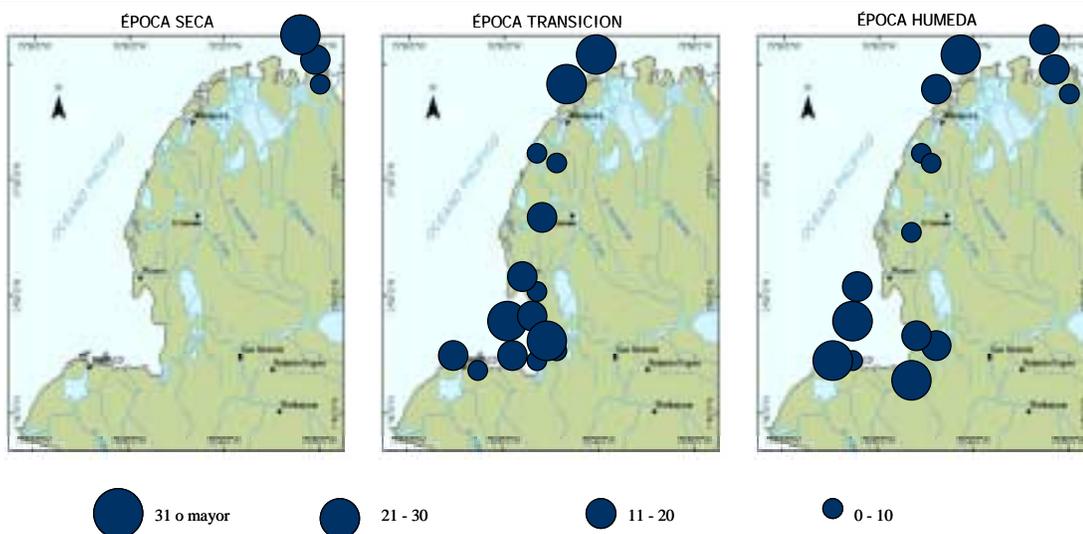


Figura 64. Distribución de la salinidad en la zona costera del departamento de Nariño

La salinidad reportó valores entre 0 y 29.6 (ups) con un promedio general de 3.6 (Tabla 18), estos valores corresponden a los ríos y frente a las costas respectivamente, por que son valores “normales” en este tipo de sistemas. El oxígeno disuelto se encontró en el rango de 3.4 a 8.9 mg/l, siendo los menores registros para el río La Tola durante los dos muestreos realizados. Los sólidos suspendidos presentaron valores promedio de 30 mg/l, lo que es representativo para el grupo de datos analizados en donde menos de 10 de los 52 datos analizados, fueron mayores de 50. Los nutrientes inorgánicos presentaron rangos promedios y se destaca que los máximos de nitrógeno (98.46 $\mu\text{g N/l}$) y de fósforo (16.28 $\mu\text{g P/l}$) se dieron en el río La Tola (Figura 64 a Figura 68). Se deduce por estos datos que en este río se presentan concentraciones significativas de materia orgánica, que es oxidada y mineralizada rápidamente por lo que los valores de oxígeno disueltos son afectados.

Tabla 18. Valores de los principales parámetros estadísticos, para algunas de las variables físicoquímicas en Nariño.

Parámetro/variable	Salinidad	Oxi	pH	Nitrogeno ($\mu\text{g N/l}$)	Fósforo ($\mu\text{g P/l}$)	Seston total(mg/l)
Promedio	13.64	6.14	7.34	35.94	7.50	30.63
Mínimo	0.00	3.44	6.25	0.00	0.12	1.80
Máximo	29.60	8.92	8.34	98.46	16.28	114.20
n	52	44	51	52	52	52
Desv. Stand.	9.95	1.23	0.43	34.28	4.05	25.86

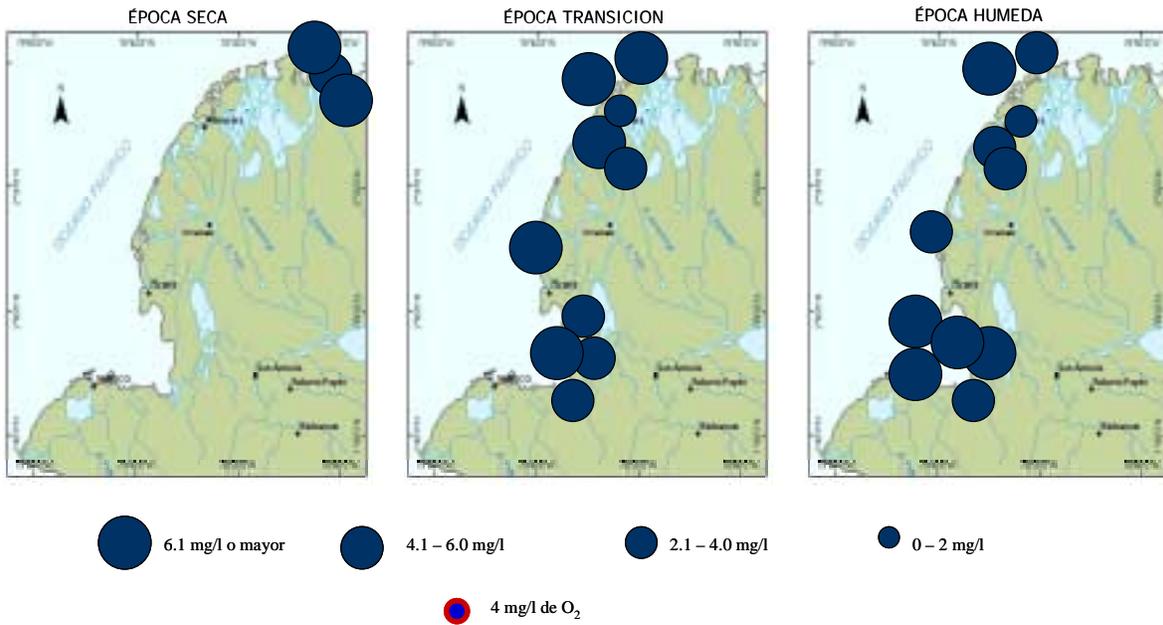


Figura 65: Distribución del oxígeno disuelto (mg/l) en la zona costera del departamento de Nariño

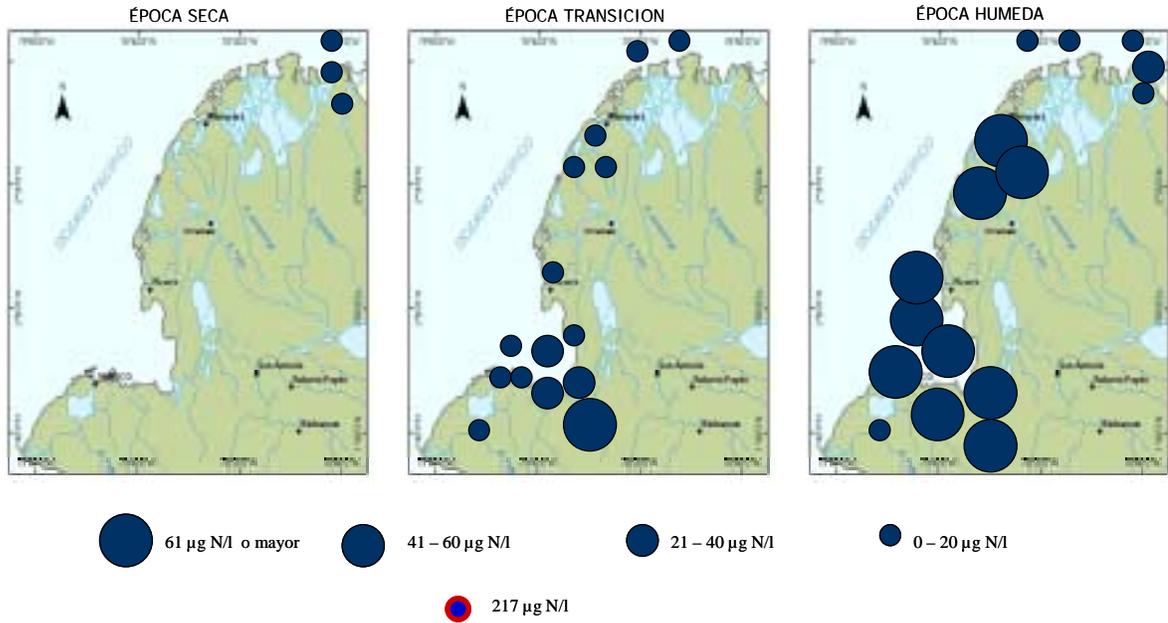


Figura 66: Distribución del nitrógeno inorgánico disuelto (µg N/l) en la costa del departamento de Nariño

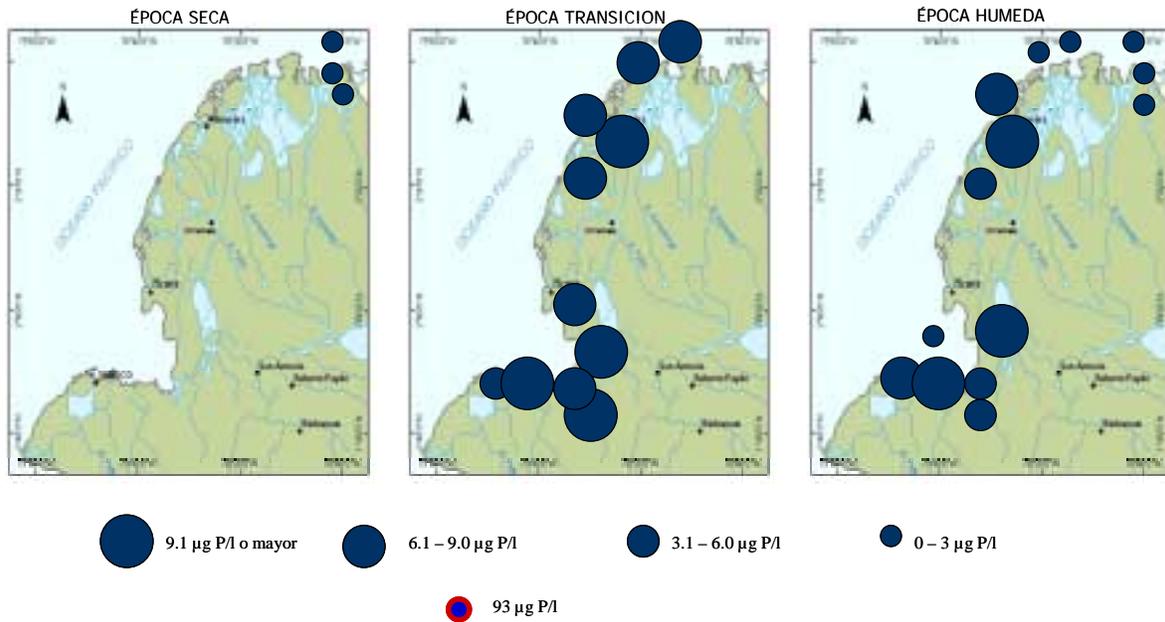


Figura 67: Distribución del fósforo inorgánico disuelto ($\mu\text{g P/l}$) en la zona costera del departamento de Nariño

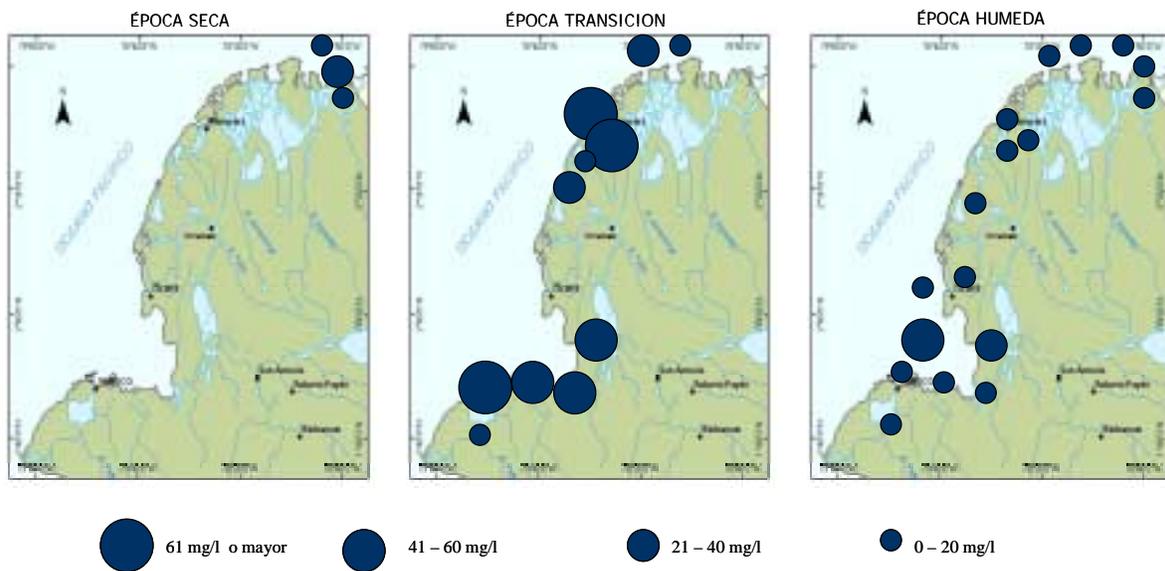


Figura 68: Distribución de los sólidos suspendidos (mg/l) en la zona costera del departamento de Nariño

6.3 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL

La zona costera del departamento de Nariño cuenta con información obtenida durante el año 2001, con el desarrollo del presente proyecto (Tabla 19). Para la época Intermedia, los niveles de coliformes fecales se encontraron entre 40 y 5400 NMP/100ml y en la época Húmeda los rangos oscilaron de 20 a 5400 NMP/100ml.

Tabla 19. Información microbiológica en la zona costera del departamento de Nariño

Codigo	Estación	Año	Promedio	datos	Rango- NMP/100mls
P5200000RCU	Río Curey	2001		1	140
P5200000BCU	Boca Río Curey	2001		1	700
P5200000RCH	500 MTS Río Changui	2001		1	340
P5200000BCH	Boca Río Changui	2001	1595	2	790-2400
P5200000FCH	Frente Río changui	2001	370	2	40-700
P5200000RME	Río Mejicano	2001	125	2	80-170
P5200000BME	Boca Río Mejicano	2001	255	2	50-460
P5200000FME	Frente Río Mejicano	2001		1	170
P5200000RRO	Río Rosario	2001		1	70
P5200000BRO	Boca Río Rosario	2001	30	2	20-40
P5200000FRO	Frente Río Rosario	2001	45	2	20-70
P5200000BRM	Boca Río Mataje	2001	95	2	20-170
P5200000RMA	Río Mataje	2001	2250	2	1700-2800
P5200000FMA	Fte Río Mataje	2001		1	1100
P5200000RMI	Río Mira	2001	1020	2	340-1700
P5200000BMI	Boca Río Mira	2001	3600	2	1800-5400
P5200000FMI	Fte Río Mira	2001		1	2400
P5200000CMI	Caba Río Mira	2001	1915	2	330-3500
P5200000BCRM	Boc caba Río Mira	2001	340	1	
P5200000FCRM	Fte Cba Río Mira	2001	130	1	
P5200000RAC	Río A quas Clara	2001	330	1	
P5200000PSS	Union Patinga - Sanguiangá	2001	1330	2	260-2400
P5200000BPA	E. desemb patianga-saquianga	2001	715	2	330-1100
P5200000RTO	Tola Arriba	2001	3095	2	790-5400
P5200000LTO	Boca Tola	2001	530	2	270-790
P5200000FNOV	Brazo Largo Frente Novilla	2001		1	5400
P5200000BNOV	Boca brazo largo Zaráonda	2001	1750	2	1100-2400
P5200000NOV	Arriba brazo largo	2001		1	1700
P5200000CG	Centro golfo de Tumaco	2001		1	20
P5200000FAM	Fte a Amarrales	2001		1	20
P5200000BIG	Fte Vigía	2001		1	20

En la Figura 69 y Figura 71 se observa que las estaciones ubicadas en el río Mira y Mataje, muestran los niveles más altos de coliformes fecales, sobrepasando los límites permisibles; esta contaminación es arrastrada por las corrientes hasta sus desembocaduras incidiendo en las aguas

de la ensenada de Tumaco, donde su impacto a largo plazo puede afectar la biota marina y la salud humana. Por otra parte, los niveles más bajos se encontraron en las estaciones de los ríos Rosario y Mejicano, cuyos valores se mantuvieron dentro de los límites permisibles.

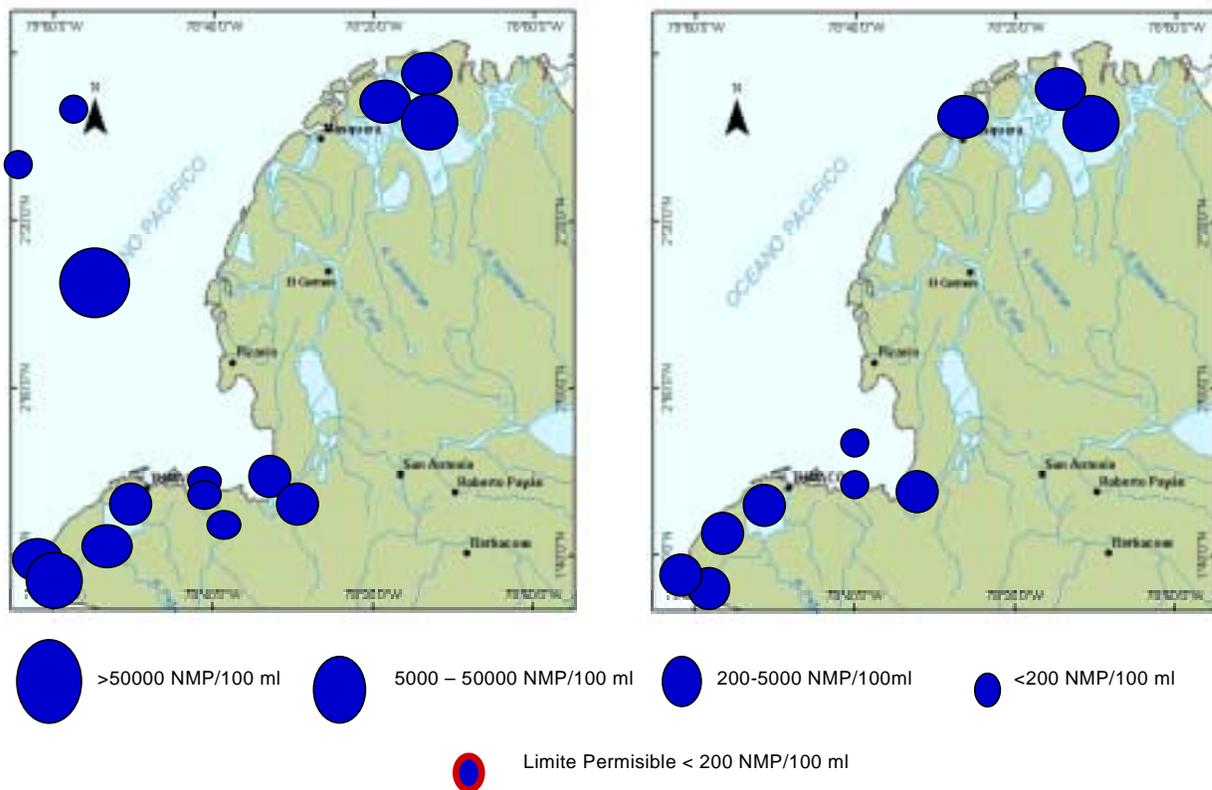


Figura 69. Distribución de Coliformes Fecales (NMP/100 ml) en la zona costera del departamento de Nariño. Datos puntuales año 2001.

El análisis de la información se valoró de acuerdo a la escala de valores, en la época seca el 70% de las estaciones registraron valores que sobrepasaron los límites permisibles, en consecuencia se enmarca dentro del nivel de CONTAMINACIÓN ALTA (Figura 70); riesgo que se relaciona con el aporte de los tributarios que influyen en la cuenca, adicionalmente la incidencia del vertimiento de desechos domésticos de las poblaciones circundantes. Por otra parte, en la época húmeda la contaminación disminuyó a una CONTAMINACION MEDIA, suceso que puede ser inducido por el incremento en los volúmenes de agua que tributan los ríos.

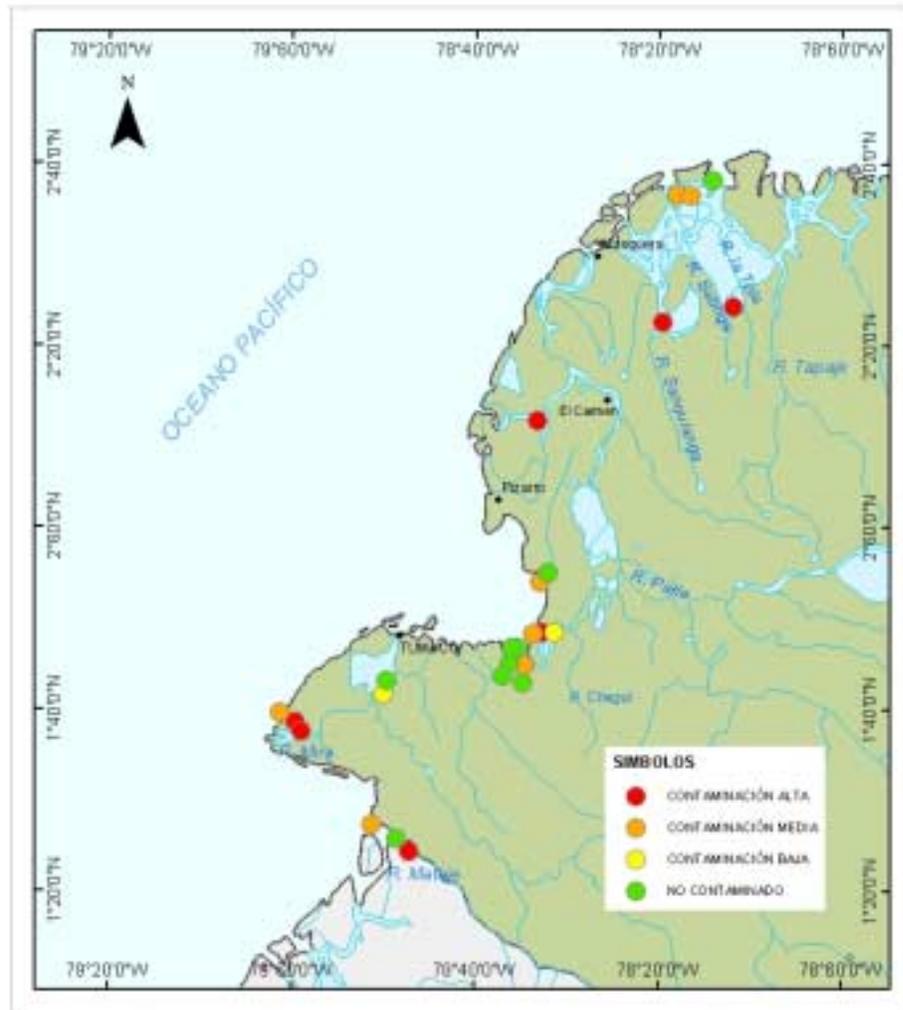


Figura 70. Niveles de Riesgo de Contaminación Microbiológica para la zona costera del departamento de Nariño.

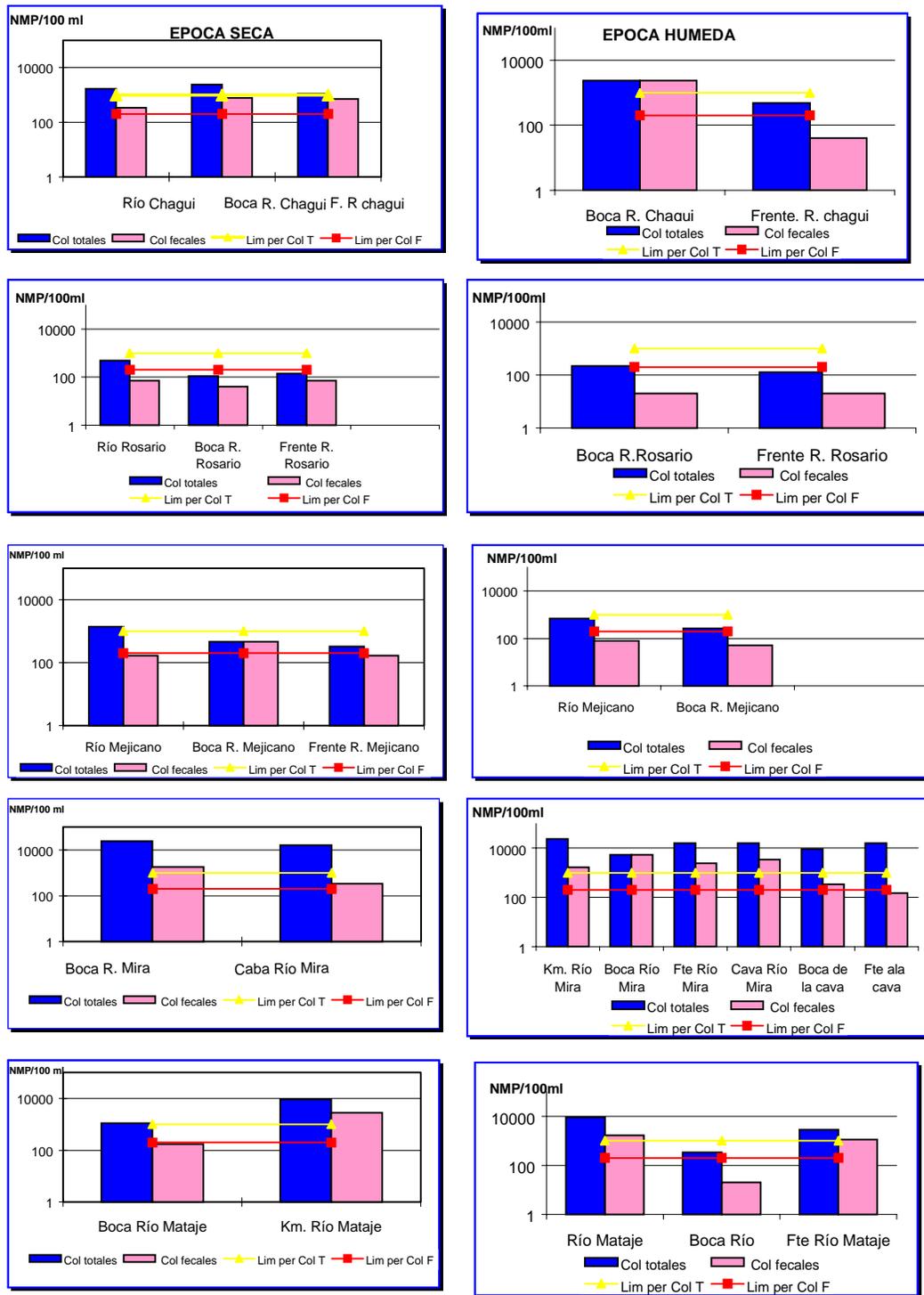


Figura 71. Niveles de Coliformes totales y fecales. Límites permisibles por la legislación Colombiana. Zona costera del departamento de Nariño.

6.4 HIDROCARBUROS Y PLAGUICIDAS

Los resultados de los niveles de plaguicidas organoclorados OC para el departamento de Nariño para el 2001 se presentan en la Figura 72. En general se encuentran valores bajos para las dos épocas de transición y húmeda. En la época de transición los valores no sobrepasan los 3ng/l y en la época húmeda solo la estación sobre el río La Tola presenta una concentración de 15.6 ng/l, el resto de las estaciones estudiadas presentan los niveles inferiores a los 10 ng/l. Los afluentes con el mayor aporte de plaguicidas son el río Mira, Mataje, chaguí y mexicano.

El diagnóstico de contaminación en la zona costera de Nariño indica en líneas generales, bajas concentraciones respecto a los contaminantes químicos estudiados.

La distribución espacial en este departamento de los niveles de contaminación revela contaminación baja por residuos de plaguicidas organoclorados, siendo media en el sector costero norte del departamento en época húmeda, relacionado con drenajes terrestres de los tributarios. Por lo anterior este departamento se clasifica con riesgo medio de contaminación por plaguicidas.

Por su parte, la contaminación por hidrocarburos disueltos y dispersos parece concentrarse mayormente en el sector sur del departamento, aguas arriba del río Mira y Mataje (Figura 73). La concentración en el río Mataje fue de 21 ug/l y para el río Mira de 11 ug/l durante la época de transición, superando el nivel máximo permisible de 10 ug/l.

En la época húmeda, estos valores se reducen significativamente por debajo 3 ug/l, debido a procesos de dilución por aumento del caudal de los ríos. Los demás niveles varían en un rango inferior a 1 ug/l durante ambas épocas del año. De acuerdo a estos niveles se clasifica a este departamento como zona de riesgo medio de contaminación por HDD, debido las contribuciones por descargas de hidrocarburos en los ríos Mataje y Mira, y a la actividad marítima de la ensenada de Tumaco.

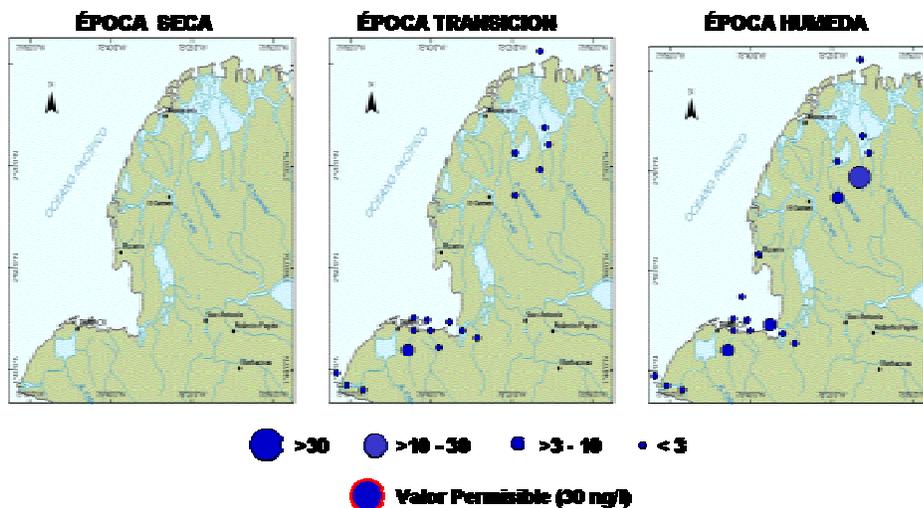


Figura 72. Niveles en ng/l de residuos de plaguicidas organoclorados en la zona costera del departamento de Nariño.

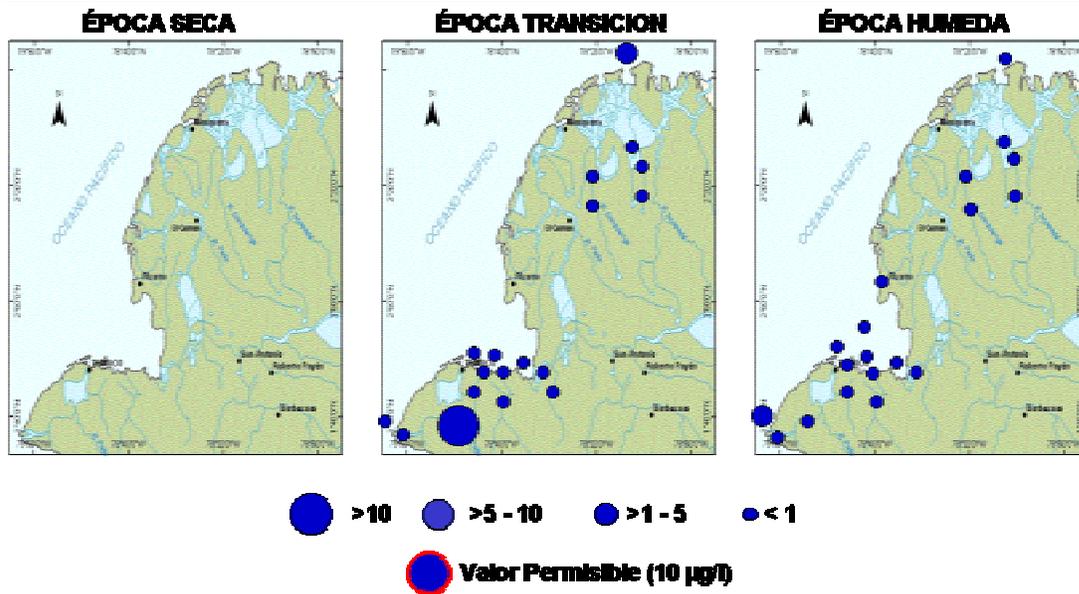


Figura 73. Niveles en ug/l de hidrocarburos disueltos y dispersos en la zona costera del departamento de Nariño.

6.5 METALES PESADOS

Durante 1994, el Centro Control de Contaminación del Pacífico (CCCP-DIMAR) dentro del programa de seguimiento de la contaminación en el Pacífico colombiano realizó un estudio donde evaluó la contaminación por metales pesados en las aguas continentales, estuarinas y marinas, organismos y sedimentos de los ríos Telembí, Patía, Mira y sus estuarios así como también la Ensenada de Tumaco. Este estudio revistió interés debido a las condiciones dinámicas del sistema y las condiciones fisicoquímicas del medio. Para la Ensenada de Tumaco, se muestreo un área de aproximadamente 350 km², los sitios de muestreo se ubicaron en dirección Noroeste desde la desembocadura de los ríos Rosario y el Mexicano hasta inmediaciones de la Bahía Interna de la Isla Tumaco y la estación el Viudo, esta última marcaba el límite entre la ensenada y el mar abierto (Bustos *et.al.*, 1996).

El muestreo se realizó durante la época de baja escorrentía. De todos los elementos analizados en las aguas de relave, se hizo énfasis en el mercurio debido a su problemática como principal elemento en los vertimientos antropogénicos procedentes del beneficio del oro en la localidad de Barbacoas.

La máxima concentración obtenida para este contaminante, fue registrada en la estación de B. Telembí con 3.6 µg/l. En general, los resultados estuvieron en su mayoría en rangos por debajo de los criterios establecidos para los criterios de calidad de aguas (10 µg/l) (Tabla 20)

Tabla 20. Concentraciones de Hg en aguas y sedimentos colectadas en la ensenada de Tumaco, durante 1994 (Tomado de Rojas, 1996)

ESTACION	AGUAS (µg/l)	SEDIMENTO (µg/g)
----------	--------------	------------------

El Morro	1.3	0.48
Damian	3.3	0.38
Confluencia Pambana	3.1	0.31
Boca Rio Telembí	3.6	0.27
Salahonda	---	0.33
Desembocadura R. Patia	2.4	<LD
Puente el Pindo	2.1	0.69

Otros metales como el Cd registró concentraciones por debajo de los valores establecidos como permisibles para preservación de la vida acuática marina según la EPA (5.0 µg/l). Contrariamente, el Cu y el Zn superaron los valores establecidos por algunos autores como concentraciones naturales en agua de mar, evidenciando la posible contaminación del sistema con estos elementos. Tabla 21

Tabla 21. Concentraciones promedio de metales en aguas de la Bahía de Tumaco, (Bustos, *et. al.*, 1994)

ESTACION	Cd	Cu	Zn
1	0.40	12.5	17
2	---	15	19
3	---	5	50

Hacia 1992 y 1993, INGEOMINAS también llevo a cabo un estudio sobre la contaminación metálica en la Ensenada de Tumaco donde se reportaron concentraciones en aguas para Cd y Cu (Calero y Casanova, 1997). Las concentraciones de Cd fueron en todos los casos <10 µg/l, en tanto que para el Cu los valores oscilaron entre < 10 µg/l y 30 µg/l, valores que según los criterios establecidos por el decreto 1594/84 de la legislación colombiana como CL₅₀ están debajo de la misma (Tabla 22). Otro componente analizado de manera conjunta fueron los sedimentos y los cuales reportaron valores de Cd desde <0.01 µg/g hasta 10 µg/g y para el Cu desde <0.01 µg/g hasta 52 µg/g.

En el caso de sedimentos, los resultados obtenidos para el Cd estuvieron dentro del intervalo normal de Cd en sedimentos de Bahías y Costa (0.1 – 1.5 µg/g) por lo que se consideró que el área no presentaba problemas de contaminación por este metal.

Tabla 22. Rango de las concentraciones (µg/l) de metales en aguas de la Ensenada de Tumaco (Tomado de Calero y Casanova, 1997)

Cd	Cu	Hg	Pb	AÑO	AUTOR
---	10-30	---	---	1992-1993	INGEOMINAS (1992-1993)
0.5-4.1	0.7-3.8	0.1-0.42	11.7-37.1	1994-1995	Cortes (1997)

Otro estudio de relevancia para la Ensenada de Tumaco fue el llevado a cabo por Cortes entre 1994 y 1996, donde se realizaron algunas mediciones de Cd, Cu, Hg y Pb tanto en aguas como en sedimentos colectados en una red de 10 estaciones.

En la Ensenada las concentraciones de Cd en aguas fueron menores de 10µg/l, valor que ha sido establecido por MINSALUD como criterio para la preservación de Flora y Fauna de las aguas

marinas y estuarinas. Los niveles de Cu y Hg detectados en aguas también estuvieron por debajo de los valores límites establecidos en el Decreto 1594/84 de la Legislación colombiana como CL₅₀. Contrariamente las concentraciones de Pb estuvieron por encima de lo establecido por esta legislación, lo cual hizo suponer la contaminación por Pb en las aguas marinas de este ecosistema costero (Tabla).

Se realizó el diagnóstico preliminar sobre la calidad de las aguas marinas y costeras del país a partir del procesamiento de información secundaria, así como de los datos primarios obtenidos de los monitoreos que se adelantaron en el 2001.

Las concentraciones promedio de los metales analizados así como los rangos encontrados en el monitoreo se resumen en la Tabla 23

Tabla 23. Concentraciones promedio de Cr, Cd y Pb ($\mu\text{g/ml}$), rango, desviación estándar (SD) y Coeficiente de variación (CV%) en aguas de la región costera del Departamento de Nariño (Ensenada de Tumaco), junio y septiembre del 2001.

	Cr ($\mu\text{g/ml}$)	Cd ($\mu\text{g/l}$)	Pb ($\mu\text{g/l}$)
Promedio	<LD	2.77	27.4
Rango	---	1.9-19.5	0.7-317
SD	---	0.004	0.057
CV(%)	---	18	17
Nº de Datos	22	22	22

Para el Departamento de Nariño se detectaron concentraciones promedio de Cd de 2.77 $\mu\text{g/l}$ y de 27.4 $\mu\text{g/l}$ para Pb. Para el Cr las concentraciones estuvieron en todos los casos, por debajo del límite de detección (Tabla). Así mismo, en la tabla se observa que los valores de Cd varían entre 1.9 y 19.5 $\mu\text{g/l}$ en tanto que los de Pb se encuentran en el rango de 0.7 a 317 $\mu\text{g/l}$.

Las máximas concentraciones de Pb y Cd se registran durante la época de lluvias en la estación localizada en la desembocadura Río Patía, Las mínimas se reportan en la estación localizada en la Desembocadura del Río Mataje para el Pb, y en las estaciones ubicadas en la Desembocadura del Río Rosario y Salahonda para Cd.

En la figura de distribución horizontal, se observa que las concentraciones de Cd halladas se mantienen en el mismo rango durante las dos épocas, es decir no se muestran cambios considerables en la concentración de este metal entre estaciones de muestreo. Contrariamente el Pb presentó variaciones en la concentración durante las dos épocas, mostrando como tendencia a aumentar hacia la época de lluvias. Este comportamiento fue observado en la totalidad de las estaciones. Figura 74 y Figura 76

Los resultados de Cr y Cd no presentan un nivel de riesgo significativo que permita predecir contaminación por estos metales en esta región costera es decir, los rangos de concentración registrados durante este monitoreo, corresponden a un grado de No Contaminación, según lo expuesto en la escala de valores indicativos de contaminación. EL Pb en la mayoría de las estaciones se encontró dentro del rango establecido para Contaminación Baja por tanto se presenta un nivel de riesgo bajo para este metal Figura 75, Figura 77 y ***

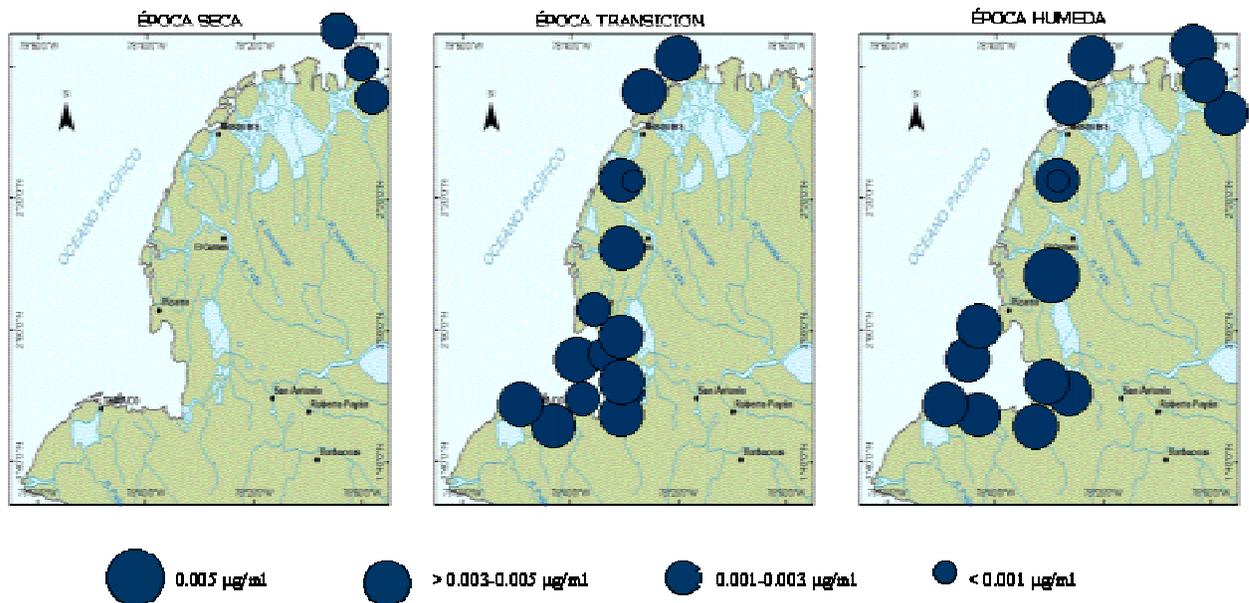


Figura 74. Distribución de Cd (µg/ml) en la zona costera de Nariño.

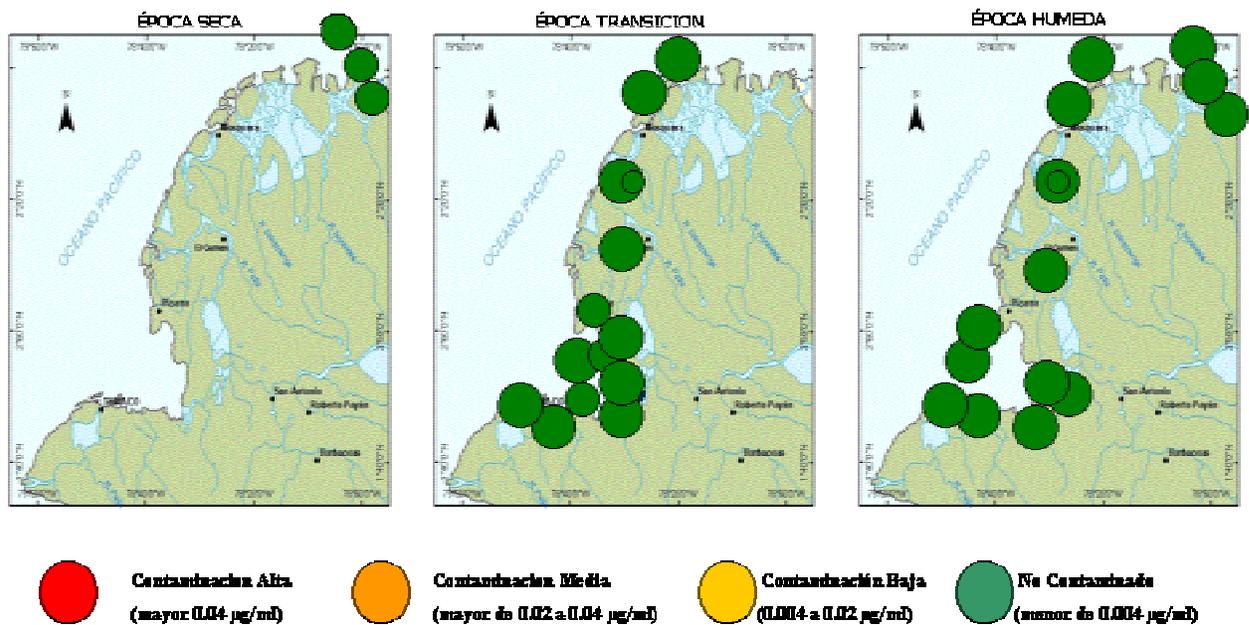


Figura 75. Valoración de la contaminación con Cd (µg/ml) en la zona costera de Nariño.

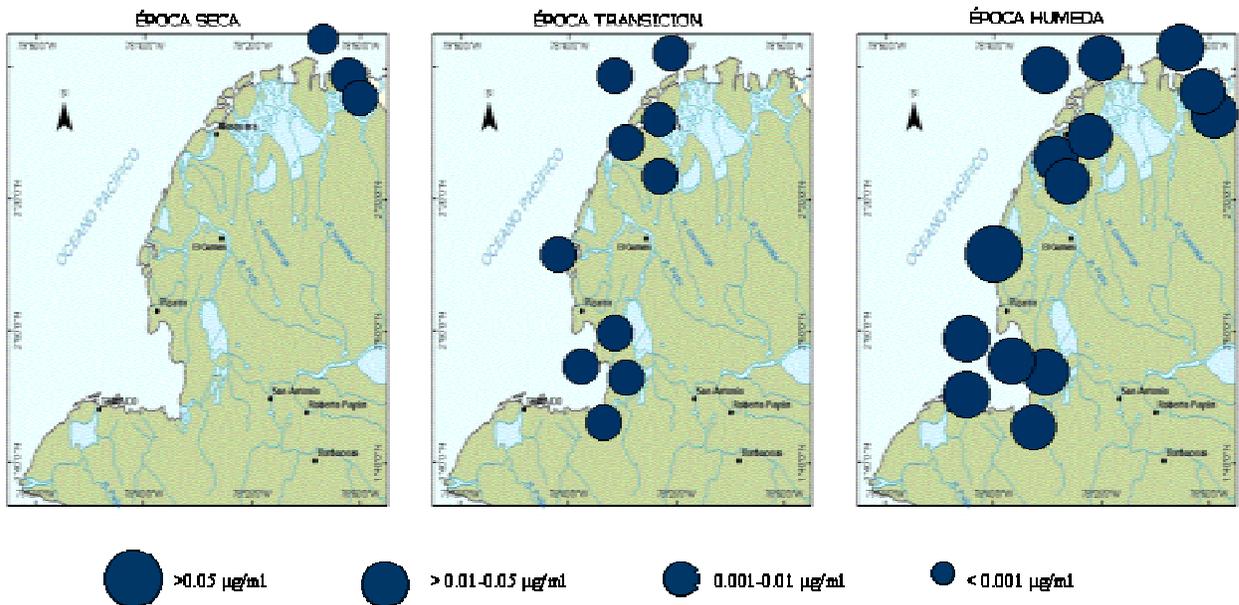


Figura 76. Distribución de Pb (µg/ml) en la zona costera de Nariño.

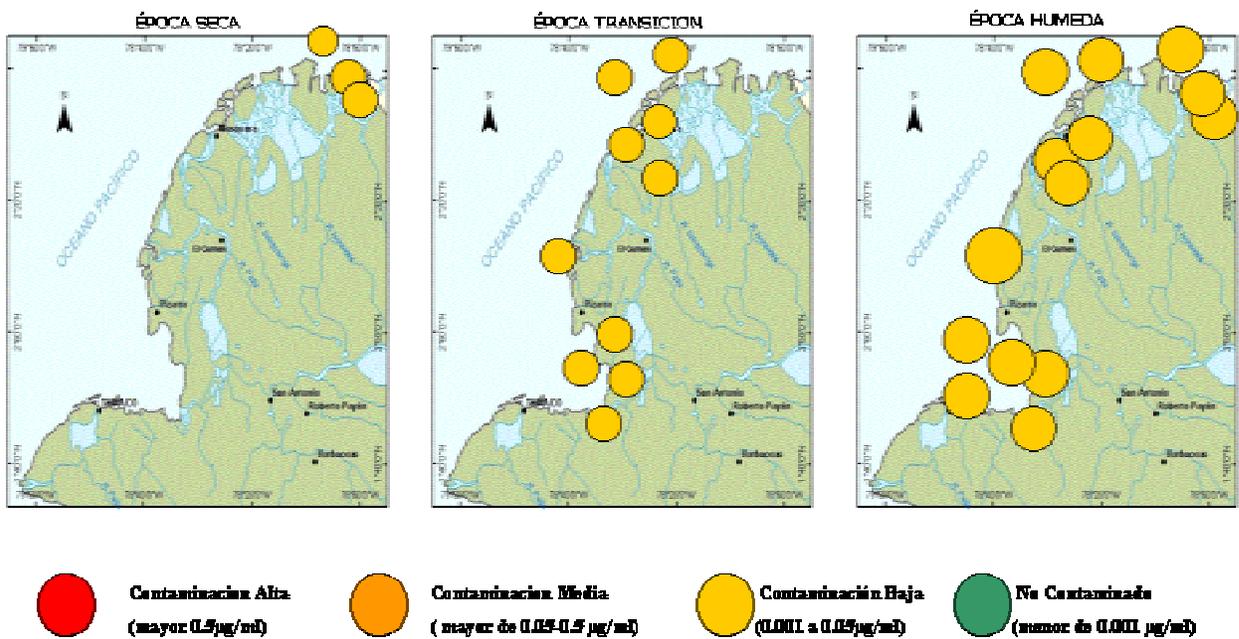


Figura 77. Valoración de la contaminación con Pb (µg/ml) en la zona costera de Nariño.

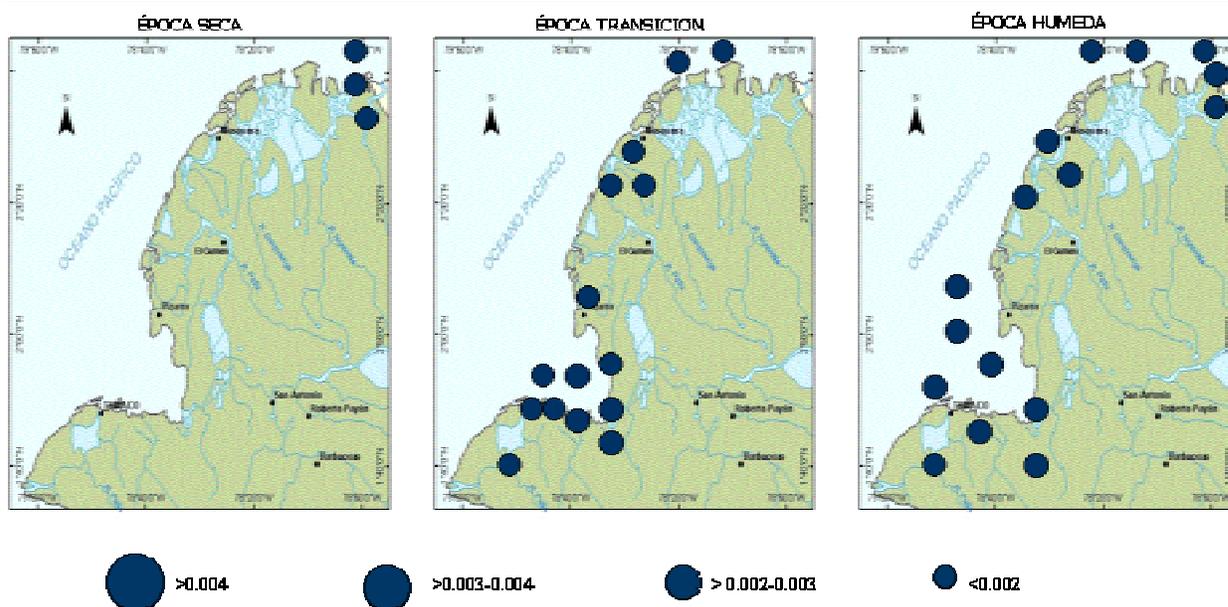


Figura 78. Distribución de Cr ($\mu\text{g/ml}$) en al zona costera de Nariño.

6.6 ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

De acuerdo con sus características hidrológicas, la costa de Nariño puede dividirse en dos áreas: al norte, el sector comprendido entre los ríos Guapi y Patía y una zona sur que se extiende desde el río Patía hasta los límites con Ecuador.



Figura 79: ecosistemas marinos y costeros del departamento de Nariño. Zona afectadas por la contaminación.

En la primera zona se observa un comportamiento subparalelo del sistema de drenajes naturales, de tendencia radial. Al llegar a la costa se dispersan en patrones meándricos, conformándose hacia la parte occidental islas barrera alargadas paralelas a la costa y hacia el norte se evidencian antiguos lóbulos deltaicos que se proyectan perpendicularmente a la línea de la costa. Hacen parte de este sector los cauces pertenecientes a la hoya hidrográfica del río Patía, entre los cuales se destacan el Mayo, Guaitará y Telembí. Otros ríos importantes de este sistema son Iscuandé, Tapaje y Sanquianga. En la actualidad, el río Patía presenta algunas de sus bocanas en proceso aparente de secamiento y cierre, tal es el caso de Hojas Blancas, Patía y Majagual. Este fenómeno se debe a la captura de aguas del río Patía por parte del Sanquianga, mediante la construcción de un canal (Sánchez *et al*, 1997).

La segunda área hidrográfica presenta un drenaje paralelo donde el curso de los ríos transcurre entre colinas bajas y cuando se acercan a la costa sus aguas se distribuyen de manera meandriforme en zonas bajas originadas por sedimentos aluviales (Sánchez *et al*, 1997). Entre los principales ríos están el Mataje y los que desembocan a la ensenada de Tumaco: Colorado, Curay, Chagui, Chilvi, Guadal, Guandarajo, Guanapi, Mexicano, Mira, Rosario, Tablones y Yanaje (PNUMA, 1999).

La costa está dominada por el ecosistema manglárlico. Las playas son arenofangosas y se han formado principalmente por el aporte de los ríos, entre ellos el río Mira y el Patía (Steer *et al*, 1997). En Tumaco se reportan playas contaminadas en El Morro y Bocagrande (PNUMA, 1999).

En los alrededores de Tumaco, isla Gallo y Bocagrande afloran algunas formaciones de rocas terciarias (Steer *et al*, 1997). También en Salahonda, en la franja costera comprendida entre Punta Cascajal y el sector de Chajal, se presenta un litoral rocoso compuesto por escarpes de acantilados de 50 a 70 m de altura en promedio (Sánchez *et al*, 1997).

6.6.1 Manglares, estuarios y lagunas costeras

Este departamento posee la mayor extensión de manglares de la costa Pacífica con aproximadamente 149.735 ha que pueden penetrar hasta 35 km tierra adentro y muestran un alto grado de desarrollo estructural y productividad³³. Este ecosistema se encuentra ocupando una franja continua solo interrumpida en algunos sectores al norte de Tumaco por la presencia de acantilados y en algunos sectores por barreras arenosas (INVEMAR, 2000).

Los principales problemas que han enfrentado los manglares en este departamento son, por un lado su explotación para la obtención de madera y taninos; por otro lado la intervención para la instalación de piscinas camaroneras. A esta explotación, por ejemplo, se atribuye la baja en la productividad registrada en Salahonda. Igualmente sucede en cabo Manglares, donde a pesar de encontrarse uno de los manglares más productivos en la costa Pacífica Nariñense, su productividad no es la óptima por encontrarse en periodo de recuperación, después del largo período de sobre-explotación a que fueron sometidos hasta 1968 para obtención de taninos (Casas, 2001). Otro proceso que ha contribuido significativamente al deterioro de los manglares en esta costa es la sustitución de los árboles por cultivos agrícolas de subsistencia (Sánchez *et al*, 1997).

En la ensenada de Tumaco, la destrucción del bosque de manglar por los rellenos de viruta y aserrín de madera que se utilizan para el cultivo del camarón ha causado una pérdida de cerca de 2.592 ha de manglar. Otra causa de la disminución de estos bosques es la utilización de leña para uso doméstico. Por otro lado, algunas zonas de la costa de Tumaco presentan una tendencia temprana a la eutroficación, lo cual pone en riesgo la vida acuática marina (PNUMA, 1999).

En el costado sur de la ensenada de Tumaco se concentran las actividades productivas de tipo industrial como la camaronicultura, el procesamiento de pesca de altura, los aserríos y la extracción artesanal de recursos del manglar como el leñateo, la producción de carbón vegetal, la captura de piangua y la pesca artesanal. Todas estas actividades se desarrollan sobre ecosistemas de manglar o están relacionadas con este ambiente en algunas de sus etapas. Adicionalmente se presentan fenómenos de crecimiento urbano en áreas de vocación forestal (Sánchez *et al*, 1997). De una u otra forma, todas estas actividades han propiciado el deterioro y la destrucción de los manglares.

De manera similar, en la zona central de la ensenada se desarrollan actividades agrícolas sobre firmes y camaronicultura lo cual ha ocasionado una disminución de los recursos asociados al manglar y la pérdida de cobertura, ocasionando a su vez un impacto desfavorable en condiciones que el manglar controla como la prevención de la erosión y la disminución de contaminantes.

Las políticas de conservación del recurso en los últimos 5 años, a partir de estos estudios en el sector de la Ensenada de Tumaco, han permitido la recuperación paulatina de los bosques (Casas, 2001).

6.7 CONCLUSIONES

- ▶ En el departamento de Nariño, existe una entrada significativa de nutrientes inorgánicos y sólidos, en el área del Río La Tola debido a los vertimientos de aguas residuales tanto del

³³ Escallón & Rodríguez, 1982; Pral., 1989; Bejarano *et al*, 1992; Satizábal (INVEMAR, 2000)

municipio como de la actividad agropecuaria. Esta entrada es posible que este asociada a las temporadas climáticas o a los cambios en el nivel del agua por influencia del cambio de la marea.

- ▶ En términos generales la contaminación fecal promedio que presentan los cuerpos de agua costeros en el departamento de Nariño es alta, y varía según la época climática del año, ya que para la época húmeda los niveles se ven disminuidos, en contraste con la época seca, por influencia de la pluviosidad y en concordancia con los vertimientos que se hacen de aguas negras a los ríos, por parte de las poblaciones ubicadas en sus riberas, aumentándose el riesgo de eutrofización de estas corrientes, por lo cual se debe considerar la posibilidad de mejorar el sistema de alcantarillado y/o disposición de aguas residuales crudas con el que se cuenta y así desacelerar el deterioro de la calidad de las fuentes hídricas de la región.
- ▶ El departamento de Nariño, presenta en general, bajos niveles de plaguicidas e HDD, con excepción de algunos tributarios con niveles superiores a los permisibles. De esta forma, se clasifica como zona de riesgo medio de contaminación, tanto de HDD como para plaguicidas organoclorados, debido a las actividades desarrolladas a lo largo de las cuencas de los ríos mencionados.
- ▶ En este departamento, dominado casi exclusivamente por los manglares, solamente se ha registrado deterioro causado por la contaminación en las áreas aledañas a Tumaco. Sin embargo, no se encontraron estudios acerca de los efectos específicos de los contaminantes sobre el estado de los ecosistemas. En el resto de la costa al parecer no se presentan efectos notorios de actividades contaminantes.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDUL, P. 2001. *Informe parcial de la primera salida de campo*. Proyecto: "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". CORALINA, 35 P.
- ALLOWAY, B. J. 1995. *Heavy Metals in Soils*. Blackie Academic & Professional. London, 368 p.
- AQUINO, R. 1980. Contaminación marina por metales pesados y otros efluentes industriales y domésticos. *Contaminación e impacto ambiental marino costero*. Universidad Simón Bolívar. Venezuela. Pp. 109 – 129
- BARRERA, S *et al.*, 2001. *Plan nacional de gestión de aguas residuales*. Primer informe de avance. Ministerio del Medio Ambiente & Universidad de los Andes. Bogotá. 86 p.
- BETZ, M. 1980. La contaminación marino – costera por hidrocarburos y la degradación de petróleo en áreas tropicales. *Contaminación e impacto ambiental marino costero*. Universidad Simón Bolívar. Venezuela. pp.27-39
- BOYD, C.E. & C.S. TUCKER. 1992. *Water quality and pond soil analyses for aquaculture*. Alabama aquacultural experiment station. Auburn University. USA. 183 p.
- BRYANT, D. *et al.* 1998. *Reefs at risk*. World Resources Institute. 60 p.
- BURKE, L. *et al.* 2000. *Pilot Analysis of Global Ecosystems*. World Resources Institute. Pp. 23-50
- CAMACHO, G. 1979. *Estudio de la contaminación por Hg en un estuario tropical (Cartagena) y evaluación de la magnitud de sus efectos en la población expuesta*. Tesis Univ. J. Tadeo Lozano. 82 p
- CAMPOS, N.H. 1984. *Zur belastung einiger Muschelarten von der Karibischen Koste Kolumbiens mit Schwermetallen: Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät. Christian-Albrechts-Universität. Disertación en español*, 116 p.
- CAMPOS, N.H. 1989. Contenido de metales pesados en el chivo mapale, *Cathorops spixi* de Ciénaga Grande de Santa Marta. *Mem. VI Sem Nal Cien. Tecnol Mar*, Diciembre 5-6 y 7. Bogotá.
- CAMPOS, N.H. 1991. La ostra *Crassostrea rhizophorae* (Goulding, 1828) como bioindicador de metales pesados en Ciénaga Grande de Santa Marta. *Rev. Contam. Amb.*, 11(20): 33-41
- CAMPOS, N.H. 1992. Concentraciones de metales traza en *Ariopsis bonillai* (Pisces: Siluriformes) de Santa Marta, Caribe colombiano. *Rev. Biol. Trop.*, 40(2): 179-183
- CAMPOS, N.H. & M.C. GALLO. 1997. Contenido de Cd, Cu y Zn en *R. Mangle* y *A. germinans* de la Ciénaga Grande de Santa Marta y la Bahía de Chengue. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*. 21(70):73-90
- CAMPOS, N.H. 1992. La contaminación química de la Ciénaga Grande de Santa Marta. *VIII Sem. Nal. De Ciencias y Tecnología del Mar*.
- CAMPOS, N.H. *et al.* 1996. *Primer taller "Programa de monitoreo de la contaminación en la costa Caribe y océano Pacífico de Colombia"*. Ministerio del Medio Ambiente e Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis" INVEMAR. 113 p.
- CASAS, O. 2001. Manglares. *Reporte para el Informe anual sobre el estado de los recursos marinos y costeros*. En prensa. 23 p.
- CCO/Fundación Mamonal/CIOH/DIMAR. 1993. 3a Edición. Cartagena.
- CIVILA. 2001. <http://www.civila.com/colombia/col/antioquia.html> Consultado el 10 de noviembre de 2001.
- DANE. 2001. [http://www.dane.gov.co/Informacion Estadistica/informacion_estadistica.html](http://www.dane.gov.co/Informacion_Estadistica/informacion_estadistica.html). Consultado el 10 de noviembre de 2001.
- DIAZ J.M. *et al.* 2000. *Áreas coralinas de Colombia*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis" INVEMAR. Serie de Publicaciones Especiales, No. 5. 175 p.
- DÍAZ, J.M. 2001. Praderas de pastos marinos. *Reporte para el Informe anual sobre el estado de los recursos marinos y costeros*. En prensa. 7 p.
- DIAZ, J.M. *et al.* 2000. *Distribución, estructura y clasificación de las praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano*. Propuesta de investigación. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis" INVEMAR. pp 4-6
- DÍAZ-PULIDO G. 1997. *Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad en Colombia*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis" INVEMAR. 143 p.

- FERGUSON, E.J. & R.E. JOHANNES. 1975. Contaminación y degradación de comunidades de arrecifes de coral. *Tropical marine pollution*. Elsevier Scientific Publishing Co. Pp.13-51
- FERNANDEZ T y A. PIÓN, 1987. *Programa de caracterización y vigilancia de la contaminación marina a partir de fuentes domésticas, agrícolas, industriales y mineras en áreas ecológicamente sensibles del Pacífico sudeste*. Ensenada de Tumaco y Bahía de Buenaventura. Informe final Cartagena INDERENA.
- FØYN, E. 1965. Disposal of waste in the marine environment and the pollution of the sea. *Oceanography and marine biology*. George Allen & Unwin Ltd. V.3:67-113.
- GALLO, M. 1994. *Contaminación por metales pesados en áreas de manglar de Ciénaga Grande de Santa Marta y la Bahía de Chengue, Caribe colombiano*. Tesis Biol. Univ. Nal. Col., Bogotá, 69 p.
- GARAY, J. 2001. La calidad ambiental marina en Colombia. *Reporte para el Informe anual sobre el estado de los recursos marinos y costeros*. En prensa. 23 p.
- GARAY, J.; G. RAMÍ REZ; L.PANIZZO. 1993. Manual de técnicas analíticas de parámetros físico-químicos y contaminantes marinos. 3. ed. Revisada y Aumentada. C.I.O.H., C.C.O., FUNDACION MAMONAL, Cartagena. 109 P.
- GARCIA et. al., 1998. *Determinación de los niveles de metales pesados Manganeso, Lomo, Cobre, Hierro, Zinc, Cadmio y Mercurio en aguas y sedimentos en el sector "El Boquerón" de la Bahía de Santa Marta*. Tesis Esp Cienc. Amb. Univ. Magd. 60 p.
- GARZÓN - FERREIRA, J. et al. 2000. *Evaluación preliminar de algunos indicadores de contaminación de origen terrestre en áreas coralinas de la región de Santa Marta, Caribe colombiano*. Informe de Resultados, INVEMAR, Santa Marta. 55 p.
- GARZON-FERREIRA, J. 1998. Problemática ambiental en los mares colombianos. *Colombia patria de tres mares - Expolisboa* 98. pp 214 - 220
- GARZÓN-FERREIRA, J. 1999. Evaluación rápida de estructura y salud de las formaciones coralinas de la isla de Malpelo (Pacífico colombiano). *Bol. Invest. Mar. Cost.* (28):137-154
- GARZÓN-FERREIRA, J. 2000. *Sistema de monitoreo para los ambientes arrecifales en Colombia y evaluación de agentes de mortalidad coralina*. INVEMAR. 15 p.
- GARZÓN-FERREIRA, J. et al., 2000. *Variables físicoquímicas y bióticas en dos áreas coralinas con distinto grado de influencia continental y antártica en la región de Santa Marta (Caribe colombiano)*. Artículo en prensa.
- GEISTER, J. 2001. *Un viaje a través del tiempo en los arrecifes de la isla de San Andrés*. Memorias de COLACMAR. 4 p.
- GERLACH, S.A. 1977. Contaminación del mar. *An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín*. Suplemento No. 1. pp.41-57
- GLASSTONE, S. 1978. *Termodinámica para químicos*. Ed. Aguilar.
- GOMEZ, L.C., N.H. CAMPOS & G. RAMÍ REZ. 1995. Acumulación y depuración de Aldrin en *Crassostrea rhizophorae* de la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Revista de Biología Tropical*.43(1-3):161-172
- GRASSHOFF, K., M. E. & K. KREMLING (Eds.). 1983. *Methods of seawater analysis*, Verlag Chemie, Weinheim. 142 p
- GRENBERG A.E., L.S. CLESCERI & A.D. EATON (Eds.). 1992. *Standards methods for examination of water and wastewater* (18th ed.). *Standards Methods*. APHA/AWWA/WEF Washington, D.C., USA, 1100 pp.
- HIMAT-INGEOMINAS, 1991. *Estudio de la contaminación del Río Magdalena por metales traza, su relación con parámetros hidrobiológicos, físicoquímicos y su incidencia en la salud humana*. Informe. Bogotá, 374 p.
- <http://www.ideam.gov.co/web/historia/menu.htm> .Uso y manejo de agroquímicos en Colombia.
- <http://www.response.restoration.noaa.gov> Contaminants in aquatic habitats at hazardous waste sites: Mercury
- ICA. 2000. *Comercialización de plaguicidas 1998*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 72 p.
- IDEAM, 2001. *El medio ambiente en Colombia*. 2a Ed. Pablo Leyva.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, IGAC. 1986. *Guajira. Aspectos geográficos*. Subdirección de investigación y divulgación geográfica - IGAC. 151 p.
- INVEMAR 1996, 1998, 1999. PROYECTO. Informe 1996-98. INVEMAR. *"Diagnóstico y evaluación de la calidad química y sanitaria de las aguas marinas del Caribe y Pacífico"*. PROGRAMA CAM. Informe 1999. INVEMAR, "Monitoreo de aguas, calidad química y sanitaria y de manglares de la CGSM".
- INVEMAR 2000. *Informe Anual sobre el estado de los recursos marinos y costeros - 1999*. Programa Sinam - Unidad Coordinadora de Información. Invemar. 63 p.
- INVEMAR 2001. *Informe Anual sobre el estado de los recursos marinos y costeros - 2000*. Programa Sinam - Unidad Coordinadora de Información. INVEMAR. 134 p.

- JOHANNES, R.E. & S. BETZER. 1975. Las comunidades marinas responden diferenciadamente a la contaminación en los trópicos y en latitudes más altas. *Tropical marine pollution*. Elsevier Scientific Publishing Co. pp.1-12
- JOHNSTON, R.1976. *Marine Pollution*. Academic Press. London., 729 p.
- MAHIEU, G. & L. GAMBA. 1980. Efectos de derrames de petróleo sobre macro invertebrados marinos. *Contaminación e impacto ambiental marino costero*. Universidad Simón Bolívar. Venezuela. Pp. 49-68
- MARCIALES, C. y M. DUARTE, 1989. Determinación de Cd, Cu, Cr, Pb y Zn en sedimentos de la Bahía de Cartagena. *Mem. VI Sem Nal Cien. Tecnol Mar*, Diembre 5-6 y 7: 314-324.
- MARIN Z., B et. al. 1999. *Establecimiento de valores indicativos del grado de contaminación de tóxicos químicos y microorganismos de origen fecal, como base para la expedición de normativas de la calidad de las aguas marinas de Colombia*. Proyecto 2105-09-026-99 COLCIENCIAS.
- MARRUGO, A.J. 1993. *Estudio de la contaminación marina por hidrocarburos en áreas críticas de la costa Pacífica colombiana*. Etapa I. Informe final. Centro de Control de la Contaminación del Pacífico – CCCP. 8 p.
- MARTINEZ, J.O. & J.L. GONZÁLEZ. 1997. *Evolución histórica de las islas barrera el sector de Buenaventura y El Naya*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis” INVEMAR. Serie de Publicaciones Especiales, No. 3. 72 p.
- NIÑO, M. Y L. PANIZZO, 1989. Estudio evaluativo de cadmio y cinc en sedimentos superficiales de la Bahía de Buenaventura. *Mem. VII Sem. Nal. Cien. Tecnol. Mar*. 707-723.
- ODUM, E. & R.E. JOHANNES. 1975. *La respuesta de los manglares al stress medioambiental producido por el hombre*. *Tropical marine pollution*. Elsevier Scientific Publishing Co. pp.52-62
- PATIN, S. Anthropogenic impact in the sea and marine pollution. *Environmental Impact of the Offshore Oil and Gas Industry*.
- PENCHASZADEH, P.E. 1980. Impacto ecológico de centrales termoeléctricas, el caso de Planta Centro en Punta Morón, estado de Carabobo, Venezuela. *Contaminación e impacto ambiental marino costero*. Universidad Simón Bolívar. Venezuela. Pp. 93-107
- PHILLIPS, D.J.H. & P.S. RAINBOW. 1993. *Biomonitoring of trace aquatic contaminants*. Elsevier Science Publishers, Ltd. 371 p.
- PLAGLIARDINI, J.L., et al 1982. Síntesis del proyecto Bahía de Cartagena. *Bol. Cien. CIOH*, 4:49-110.
- PLATA, J., N.H. CAMPOS & G. RAMÍREZ. 1993. Flujo de compuestos organoclorados en cadenas tróficas de la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Caldasia* 17(2):199-204
- PNUMA, 1999. *Diagnóstico regional sobre las actividades y fuentes terrestres de contaminación que afectan los ambientes marinos, costeros y dulceacuícolas en el Pacífico sudeste*. Programa de Mares Regionales del PNUMA No. 169. 106 p.
- PNUMA. 1999. *Evaluación sobre las fuentes terrestres y actividades que afectan al medio marino, costero y de aguas dulces asociadas en la región del Gran Caribe*. Programa de Mares Regionales del PNUMA, No. 172.
- PRO-CIÉNAGA, 1994. *Estudio de impacto ambiental: Reapertura de canales en el delta exterior derecho del Río Magdalena*. Informe final, Santa Marta, 381 p.
- RAMÍREZ, G. 1995. *Estado actual de la contaminación por metales pesados y residuos de plaguicidas organoclorados en el sistema hídrico de Ciénaga Grande de Santa Marta*. Proyecto de rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta: Componente calidad de agua. Informe 3a Etapa : INVEMAR Vol. 2, p. 21.
- ROJAS, A, 1994. *Evaluación de la contaminación por metales pesados en la Ensenada de Tumaco y áreas aledañas*. Informe final, Tumaco, 60 p.
- RONDÓN, J.G. 1997. *Diagnóstico DE la situación ambiental del cultivo de arroz en Colombia*. CORPOICA. 120 p.
- RUEDA J., A. ULLOA & S. MEDRANO. 1992. Estudio sobre la biología reproductiva, la ecología y el manejo de la tortuga Canal (*Dermochelys coriacea*) en el Golfo de Uraba. En: *Contribución al conocimiento de las tortugas marinas de Colombia*. Santafe de Bogotá : INDERENA, p. 1-130.
- RUIZ, T. 2001. *Información regional sobre fuentes de contaminación, tipos de contaminación y principales tributarios en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Sucre CARSUCRE*. 2 p.
- SÁNCHEZ et al. 1997. *Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia*. Ministerio del Medio Ambiente – Organización Internacional de Maderas Tropicales. 511 p
- SÁNCHEZ et al. 1997. *Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Pacífico de Colombia*. Ministerio del Medio Ambiente – Organización Internacional de Maderas Tropicales. 343 p.

- SHEEHAN, P.J. 1984. Effects on community and ecosystem structure and dynamics. *Effects of pollutants at the ecosystem level*. SCOPE. John Wiley & Sons, Ltd. Pp 51-99
- STEER, R. *Et al.* 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.
- USME, S. 1984. *Evaluación de los niveles de contaminación por Cu y Cd en sedimentos procedentes de la Ciénaga Grande de Santa Marta*. Tesis pregrado Química. Universidad Nacional. Colombia. 30 p
- VANIN, C. QUINTERO, H. Y M. MORENO, 1990. *Determinación de la concentración letal media inicial a 96 horas (CL (1) 50) del Cd +2 y el DDT en parhyale hawaiiensis (Dana), 1853 (AMPHIPODA-TALITROIDEA)*.
- VÁSQUEZ, J. & N. CHAPARRO. 1997. Aprovechamiento de productos agrícolas para el cultivo de Tilapia Roja (*Oreochromis sp.*) en jaulas flotantes, transfiriendo tecnología a la comunidad, Golfo de Uraba, Caribe colombiano (Resumen). En: *Simposio Colombiano de Ictiología* (4 : Agosto 7-10 de 1997 : Santa Marta). Santa Marta : ACICTIOS : INVEMAR : Universidad del Magdalena : INPA, 1997 ; p. 76
- VELEZ, A.M. 1993 *Composición y distribución de la malacofauna de la ensenada de Utría (Chocó, Pacífico colombiano)*. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana. 341 p.
- ZIEMAN, J.C. 1975. Los pastos marinos tropicales y la contaminación. *Tropical marine pollution*. Elsevier Scientific Publishing Co. pp.63-74