

La REDCAM. Cooperación Interinstitucional para la Vigilancia de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras en Colombia

Recibido para evaluación: 26 de Septiembre de 2003
Aceptación: 24 de Noviembre de 2003
Recibido versión final: 09 de Diciembre de 2003

Ana María Vélez G.¹
Bienvenido Marín Z.²
Jesús A. Garay T.³

RESUMEN

: La Red de Vigilancia de la Calidad Ambiental Marina en Colombia (REDCAM) se inició en el 2001, con el fin de reunir a las instituciones aunar esfuerzos necesarios para monitorear y evaluar la calidad química y sanitaria de las aguas marinas y estuarinas del país. Está formada por 16 nodos y un servidor central en INVEMAR (Santa Marta); cada nodo cuenta con hardware y software especializado para la inserción y consulta de datos, gráficas e información cartográfica sobre la calidad de las aguas marinas y costeras del país. Se estableció una red de estaciones que cubre casi la totalidad de las costas colombianas; en cada una de ellas, desde el 2001, dos veces por año, se han registrado los valores de las principales variables fisicoquímicas y microbiológicas que caracterizan la calidad de las aguas marinas y estuarinas. Con la información recopilada, se ha mantenido un diagnóstico actualizado, en el cual se identificaron las zonas críticas debido a la contaminación marina y costera; estas son: Santa Marta, Barranquilla, Cartagena, Morrosquillo, Urabá y San Andrés en el Caribe, así como Buenaventura, Guapi y La Tola en el Pacífico.

PALABRAS CLAVE: REDCAM, Costas y Mares de Colombia, Calidad de Aguas, Contaminación Marina, Monitoreo

ABSTRACT

The Colombian Marine Environment Monitoring Network (REDCAM) initiated in 2001, with the purpose of grouping the institutions and the efforts necessary to evaluate the chemical and sanitary quality of the marine and estuarine waters of Colombia. It is composed of 16 nodes and a main server located at INVEMAR (Santa Marta); each node counts with hardware and software for data input and retrieval, tables and cartographic information about the quality of marine and coastal waters of Colombia. It was established a network of field stations that covers most of the Colombian coasts. In each one, since 2001, twice a year, it has been registering the values of the main physico-chemical and bacteriological variables that characterize the quality of the marine and estuarine waters. Based on this information, the following zones have been identified as critical for its marine and coastal pollution: Santa Marta, Barranquilla, Cartagena, Morrosquillo, Urabá and San Andrés, in the Caribbean coast, and Buenaventura, Guapi and La Tola in the Pacific coast.

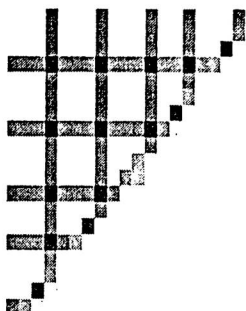
KEY WORDS: REDCAM, Coasts and Seas of Colombia, Water Quality, Marine Pollution, Monitoring

1. *Esp. Gestión Ambiental. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" - INVEMAR. Investigadora adjunta. Programa Calidad Ambiental Marina*

2. *Dr. Recursos. Naturales Química. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" - INVEMAR. Jefe Programa Calidad Ambiental Marina.*

3. *M. Sc. Gestión Ambiental. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" - INVEMAR. Subdirector de Coordinación de Investigaciones.*

anavelez@invemar.org.co



1. LA PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN MARINA EN COLOMBIA

Colombia posee una riqueza invaluable en sus mares y litorales, que ocupan aproximadamente la mitad del territorio nacional. Debido a su localización en el trópico y la posición geográfica que le permite tener costas sobre dos océanos, tiene una amplia variedad de ecosistemas marinos y costeros que además prestan servicios de incalculable valor para el desarrollo económico del país, a través del turismo, la pesca, el comercio y las actividades recreativas, entre otros.

A nivel mundial, se puede generalizar que las principales vías de entrada de los contaminantes al mar son los vertimientos directos y los aportes de los ríos. Los mayores centros urbanos y los principales polos de desarrollo se ubican comúnmente donde confluyen costa y río. En estas áreas, donde convergen la presión poblacional, las actividades industriales y el turismo de masas, y a donde llegan los desechos que recogen los ríos a lo largo de sus cuencas, es donde se observa el mayor deterioro ambiental ocasionado por las actividades antropogénicas.

En Colombia, aunque las ciudades más densamente pobladas se encuentran en áreas montañosas del interior, sus vertimientos llegan a los principales ríos, como el Magdalena y el Cauca, que también arrastran sustancias y desechos provenientes de las actividades agrícolas y ganaderas de las zonas andinas y costeras. Por tanto, cuando llegan a la desembocadura, estos ríos arrojan importantes cargas de contaminantes a los estuarios, costas y mares del país, afectando su calidad ambiental y por tanto a sus pobladores y ecosistemas. Entre las principales fuentes de contaminación que se han identificado en el país se encuentran los residuos líquidos domésticos, vertimientos y desechos industriales, residuos y derrames provenientes de la explotación, transporte y usos del petróleo, sustancias provenientes de actividades agropecuarias y materiales residuales de la explotación y manejo de minerales.

Aunque los efectos que ejercen estas descargas de contaminantes sobre los organismos y poblaciones marinas se conocen poco, a nivel ecosistémico es notoria la disminución de la calidad en arrecifes, praderas de fanerógamas marinas, manglares y playas, ocasionada tanto por fenómenos naturales como por impactos de las actividades humanas. Las zonas en donde los ecosistemas marinos y costeros presentan mayor grado de deterioro se concentran alrededor de los grandes centros poblacionales: Barranquilla, Cartagena, Santa Marta, San Andrés, Tolú-Coveñas, Riohacha y Turbo en el Caribe y Buenaventura y Tumaco en el Pacífico (Garay, Marín & Vélez, 2001).

La problemática de la contaminación química y microbiológica en el medio marino es muy compleja. En primer lugar, es necesario empezar por estudiar la presencia y el comportamiento de los contaminantes para diagnosticar y evaluar la situación presente y adoptar en consecuencia las medidas correspondientes. Hasta finales del siglo XX, Colombia no contaba con un sistema de información efectivo para conocer el estado del medio marino. Los esfuerzos de monitoreo y seguimiento de la calidad de las aguas se habían centrado principalmente en unos pocos puntos, alrededor de centros de desarrollo industrial y portuario como Santa Marta y Cartagena en el Caribe, y Buenaventura y Tumaco en el Pacífico. Teniendo en cuenta que Colombia posee aproximadamente 3.882 km de costa y 892.804 km² de mar territorial, la porción conocida era mínima para sustentar propuestas en el intento de controlar y manejar adecuadamente los recursos y ecosistemas marinos para su uso y preservación.

Otro componente de la problemática ambiental de los ecosistemas marinos de Colombia es que aún no existen en general normativas para controlar la calidad química y sanitaria de sus aguas costeras y por tanto no se cuenta con mecanismos adecuados y efectivos para manejar los efectos perjudiciales de las actividades antropogénicas sobre las zonas costeras y marinas del país. Para poder establecer estos niveles, es necesario contar con estudios que permitan caracterizar el comportamiento químico, físico y biológico de las aguas e identificar los valores que constituyen una amenaza para la calidad del agua y el desarrollo normal de los ecosistemas y de la salud humana.

2. EL INICIO DE LA REDCAM

La contaminación de los mares es un problema que trasciende las fronteras de países y continentes. A partir de la década de los 70 y con mayor fuerza desde la Cumbre de Río en 1992, se hizo tangible la preocupación mundial por el deterioro acelerado de ecosistemas marinos particularmente frágiles, como arrecifes de coral, praderas de fanerógamas y manglares. Aunque se han registrado localidades en donde el deterioro ha disminuido, en una escala global la degradación de los ambientes marinos ha continuado y en muchos lugares se ha intensificado (GESAMP, 2001).

En Colombia, a partir de la promulgación de la Ley 99 de 1993, con la constitución del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y la creación o el fortalecimiento de las entidades regionales, se abrió paso a una nueva opción para organizar y concretar acciones para evaluar, prevenir y manejar los daños causados por los contaminantes en las zonas costeras, dando cumplimiento a las obligaciones contraídas a nivel internacional y encausando el desarrollo para mantener una buena calidad ambiental marina y por ende, el nivel de vida de los habitantes de la región.

Desde 1996, al interior del SINA, bajo el liderazgo del INVEMAR, se fue manifestando la necesidad de conformar alianzas para poder establecer medidas efectivas de manejo de los ambientes marinos y costeros. De esta forma, en el 2001, el grupo de Calidad Ambiental Marina del INVEMAR desarrolló un proyecto¹ que propició el inicio de la Red de Vigilancia de la Calidad Ambiental Marina en Colombia (REDCAM), que reúne a las corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible costeras, el CIOH, el IIAP y el EPA Cartagena (Figura 1). Una vez constituida, la REDCAM se convirtió en el primer sistema de instituciones del SINA interconectadas para el seguimiento continuo de la calidad ambiental en el país.

Con la REDCAM se busca principalmente :

1. Establecer una red de comunicación mediante el enlace sistematizado de las entidades responsables de la investigación y manejo de los ambientes marinos y costeros del país.
2. Identificar y caracterizar las fuentes de contaminación que deterioran la calidad de los ambientes y ecosistemas marinos y costeros del país.
3. Establecer una red de estaciones de monitoreo a lo largo de las dos costas y determinar los niveles de concentración de las variables físico-químicas y los contaminantes presentes, tanto en las fuentes, como en las descargas y en el medio marino.
4. Mantener un diagnóstico actualizado de la calidad de las aguas y ecosistemas marinos y costeros a nivel nacional.
5. Determinar los posibles impactos de la contaminación sobre los ecosistemas marinos y proponer medidas para su prevención y/o rehabilitación.
6. Brindar asesoría y capacitación a las entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA) en todo lo relacionado con la calidad ambiental marina.

En 3 años de desarrollo, la REDCAM ha logrado importantes avances en el conocimiento y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras. Para ello, en cada entidad participante se constituyó un nodo, con su computador, la conexión y el sistema para el acceso e inserción de datos a la Base de Datos REDCAM. Los 16 nodos están comunicados a través de Internet con un servidor central en la sede del INVEMAR en Santa Marta; allí, la información que ingresa a los nodos se almacena en una base de datos integrada al Sistema de Información Ambiental Marina (SIAM). El sistema permite el ingreso de los valores registrados de las principales variables físicas, químicas y microbiológicas del medio marino y estuarino y provee salidas en forma de tablas, gráficas, mapas e informes (Figura 2), que brindan información acerca de la calidad de las aguas, las fuentes de contaminación, cartografía base, tendencias y alertas sobre riesgos para la salud humana o los ecosistemas.

1 Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia de la calidad de las aguas marinas y costeras. (Garay, 2001)

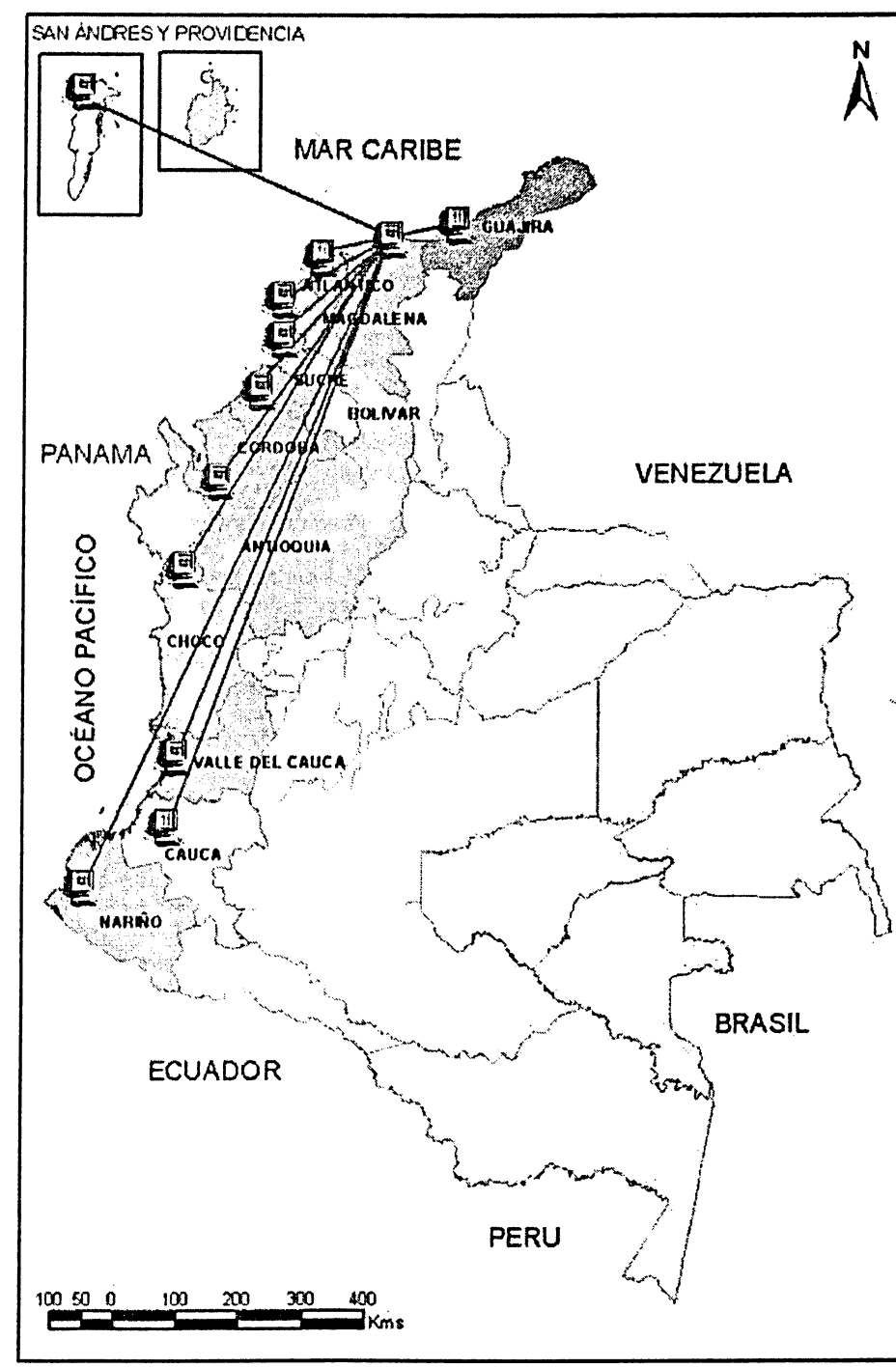


Figura 1.
Ubicación de los Nodos de la
REDCAM.

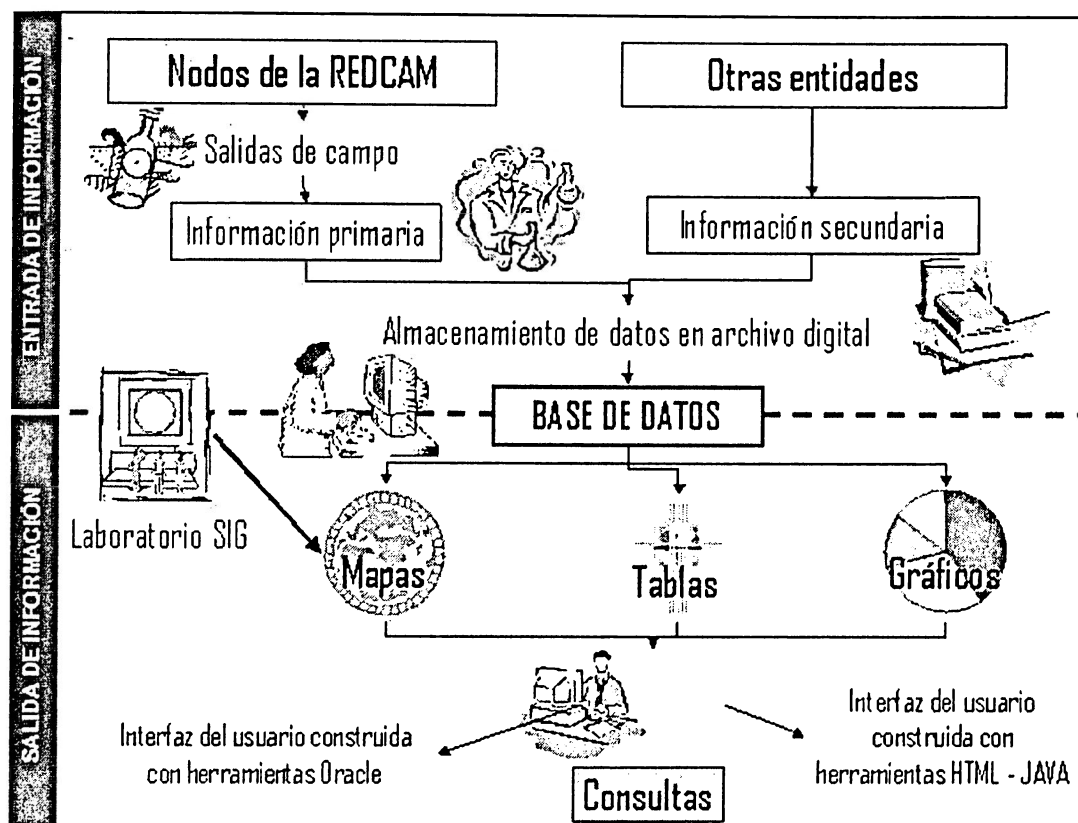


Figura 2.
Diagrama que representa el flujo
de la información en el Sistema de
Información de la REDCAM.

El equipo humano de la REDCAM lo constituyen especialistas, profesionales y técnicos de las instituciones miembros, liderados por el Programa Calidad Ambiental Marina del INVEMAR. Anualmente se realizan actividades, como muestreos, informes, talleres, cursos y publicaciones que han permitido que desde el 2001 las entidades del SINA hayan avanzado considerablemente en la vigilancia de la calidad de las aguas marinas y costeras del país.

3. METODOLOGÍA PARA LA CONSECUCCIÓN DE INFORMACIÓN

La información que alimenta el diagnóstico de la calidad de las aguas marinas y costeras del país ha sido tomada de fuentes tanto primarias como secundarias. Desde el inicio del proyecto y de manera continua durante su desarrollo, se recopiló y analizó la información secundaria obtenida previamente por las corporaciones e instituciones dedicadas a la investigación. Los registros datan desde 1993 y provienen principalmente del área de la bahía de Cartagena y la Ciénaga Grande de Santa Marta. Con la información recopilada se conformó una base de datos que contiene registros de 64 variables medidas en aguas marinas y costeras (Tabla 1), de un total de 645 puntos de muestreo en las dos costas del país.

Las variables medidas incluyen el grupo de las fisicoquímicas que se miden in-situ, como temperatura, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto y pH; en el laboratorio se miden los niveles de concentración de nutrientes, bacterias patógenas, metales pesados como cadmio, cromo y plomo, y tóxicos orgánicos como hidrocarburos del petróleo y plaguicidas organoclorados.

La información de campo se recogió en 350 puntos localizados a lo largo de las dos costas, tanto en ríos y estuarios como en las zonas marinas. Se preseleccionaron 320 puntos de muestreo como estaciones permanentes de la REDCAM, 219 se localizan en el Caribe y 101 en el Pacífico (Tabla 2). La recolección de muestras se realiza en dos épocas del año: de enero a abril (época

seca) y de septiembre a noviembre (época húmeda). Los muestreos se realizan en forma sucesiva en cada departamento, por lo cual toma casi un mes y medio recolectar las muestras en los 12 departamentos costeros del país.

Tabla 1.
Variables contenidas en la Base
de Datos de REDCAM.

TIPO	CODIGO	NOMBRE	UNIDAD
Fisicoquímicas	NH4	Amonio	µg/l
	COT	Carbono Orgánico Total	µg/l
	CLA	Clorofila a	µg/l
	CON	Conductividad	mS/cm
	DBO	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l
	DQO	Demanda química de oxígeno	mg/l
	PT	Fósforo Total	µg/l
	NO3	Nitratos	µg/l
	NO2	Nitritos	µg/l
	NT	Nitrógeno Total	µg/l
	NTK	Nitrógeno total Kjeldahl	µg/l
	OD	Oxígeno Disuelto	mg/l
	PH	pH	Unidad
	PO4	PO4 (Ortofosfatos)	µg/l
	%SO	Porcentaje de Saturación de Oxígeno	%
	SAL	Salinidad	‰
	SIL	Silicatos	µg/l
	SST	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l
	TEM	Temperatura	°C
	TRA	Transparencia	m
	TUR	Turbiedad	NTU
Metales pesados	As	Arsénico	mg/l
	Cd	Cadmio	mg/l
	Cu	Cobre	mg/l
	Cr	Cromo	mg/l
	Fe	Hierro	mg/l
	Hg	Mercurio	µg/l
	Ni	Níquel	mg/l
	Pb	Plomo	mg/l
	V	Vanadio	mg/l
	Zn	Zinc	mg/l
	Al	Aluminio (Al)	mg/l
	Mn	Manganeso	mg/l
Microbiológicas	CFS	Coliformes fecales	NMP/100 ml
	CTT	Coliformes totales	NMP/100 ml
	AEM	Aerobios mesófilos	UFC/100 ml
	CLO	Clostridium sp.	UFC/100 ml
	EFE	Enterococcus faecales	NMP/100 ml
	LEV	Levaduras	UFC/100 ml
	MOH	Mohos	UFC/100 ml
	PSE	Pseudomona sp.	UFC/100 ml
	SLM	Salmonela sp.	UFC/100 ml
	SPH	Staphylococcus	UFC/100 ml
	STC	Streptococcus	NMP/100 ml
	VIB	Vibrio sp.	UFC/100 ml
Tóxicos orgánicos	HDD	Hidrocarburos aromáticos disueltos y dispersos	µg/l
	OCT	Organoclorados Totales	ng/l
	ALD	Aldrín	ng/l
	DDT	DDT Totales	ng/l
	HEP	Heptacloro total	ng/l
	HCH	Hexaclorociclohexano Total	ng/l
	LIN	Lindano	ng/l
	DDD	Metabolito del DDT	ng/l
	DDE	Metabolito del DDT	ng/l
	DTS	Sumatoria de los DDT y sus metabolitos	ng/l

Algunas corporaciones poseen una infraestructura adecuada y completa para realizar tanto los muestreos, como el análisis de las muestras; estas son: CORPOURABÁ y CVC. Las restantes reciben el apoyo de INVEMAR, ya sea en la toma de muestras, el análisis en laboratorio de las muestras, o ambos. Actualmente, los laboratorios de INVEMAR, CARDIQUE, CORPOURABÁ, CVC y CORALINA se encuentran adelantando el proceso de acreditación ante el IDEAM, hecho que otorga una mayor confiabilidad a los resultados obtenidos.

La base de datos cuenta actualmente con mas de 100.000 registros de las aguas superficiales marinas y estuarinas de todo el país, que incluyen los datos recolectados de información secundaria y los que se han generado a partir de los muestreos y salidas de campo.

No.	DEPARTAMENTO	NOMBRE DEL SECTOR	No. estaciones
1	Antioquia	Playa Arboletes hasta Necoclí	9
2		Necoclí hasta Turbo	3
3		Turbo al Atrato	13
4	Atlántico	Bocas de Ceniza hasta Puerto Colombia	2
5		Puerto Colombia hasta el límite con Bolívar	4
6		Río Magdalena	9
7	Bolívar	Zona Norte - Galerazamba	4
8		Ciénaga de la Virgen	2
9		Bahía de Cartagena	20
10		Isla del Rosario - Barbacoas	10
11		Sector Oceánico	0*
12	Córdoba	Cispatá hasta Tinajones	5
13		Tinajones hasta el límite con Antioquia	6
14		Río Atrato al Límite con Panamá	4
15	Chocó	Chocó Norte - límite con Panamá hasta Cabo Corrientes	16
16		Chocó Sur - Cabo Corrientes hasta Boca de San Juan	0*
17	La Guajira	Guajira Alta	0*
18		Guajira Media	7
19		Guajira Baja	14
20		Límite con la Guajira hasta Río Piedras	9
21	Magdalena	Río Piedras hasta la Aguja	5
22		Bahía Taganga hasta Ciénaga Grande de Santa Marta	26
23		Boca de la Barra hasta Boca de Ceniza	4
24		Ciénaga Grande de Santa Marta	8
25	Sucre	Zona Norte - Punta San Bernardo	4
26		Golfo de Morrosquillo	27
27	San Andrés y Providencia	Zona Norte	9
28		Zona Sur	5
29		Providencia	10
30	Cauca	Boca Naya hasta Bahía Timbiquí	6
31		Timbiquí a Guapi - límite con Nariño	5
32		Isla Gorgona	2
33	Nariño	Bahía Guapi hasta Punta Cascajal	8
34		Bahía de Tumaco	4
35		Punta Cascajal al límite con el Ecuador	6
36	Valle del Cauca	Boca de San Juan hasta bahía Malaga	8
37		Bahía Malaga hasta Bahía de Buenaventura	44
38		Sur Bahía de Buenaventura hasta Boca Naya	2

*Sectores donde actualmente no se han establecido estaciones, pero en un futuro se espera que sí.

Tabla 2.
No. de estaciones, sectores y departamentos que componen la REDCAM.

Para comparar los resultados y establecer la calidad de las aguas marinas del país (de forma preliminar hasta que se genere la normatividad), los niveles de referencia que se han utilizado son tomados de las propuestas de organismos internacionales, como los valores establecidos por

la EPA² para pesticidas (30 ng/l), por CONAMA³ y EPA para metales pesados (Cr 0,05 mg/l, Pb 0,5 mg/l, Cd 0,04 mg/l) y por UNESCO⁴ para hidrocarburos (10 µg/l). El criterio utilizado para la evaluación de la calidad microbiológica fue establecido por el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y Protección al Medio Ambiente y en el Decreto 1594 de 1984, de 200 NMP/100 ml de Coliformes fecales y 1.000 NMP/100 ml de Coliformes totales para contacto primario (natación), así como de 5.000 NMP/100 mg/l Coliformes totales para aguas de contacto secundario (deportes náuticos y pesca).

4. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DE COLOMBIA

A continuación se presentarán los resultados agrupados según las principales variables que representan la calidad de las aguas marinas y costeras del país. Las zonas que presentan de manera reiterativa valores por encima de los que se consideran normales, o de los límites permitidos por la legislación colombiana, se designan como áreas con problemas de contaminación por las variables respectivas. Las zonas en donde se presentan más de tres variables por encima de los valores normales se denominaron zonas críticas. En la Figura 3 se presenta de forma gráfica los resultados observados en el Caribe y en la Figura 4 los resultados en el Pacífico.

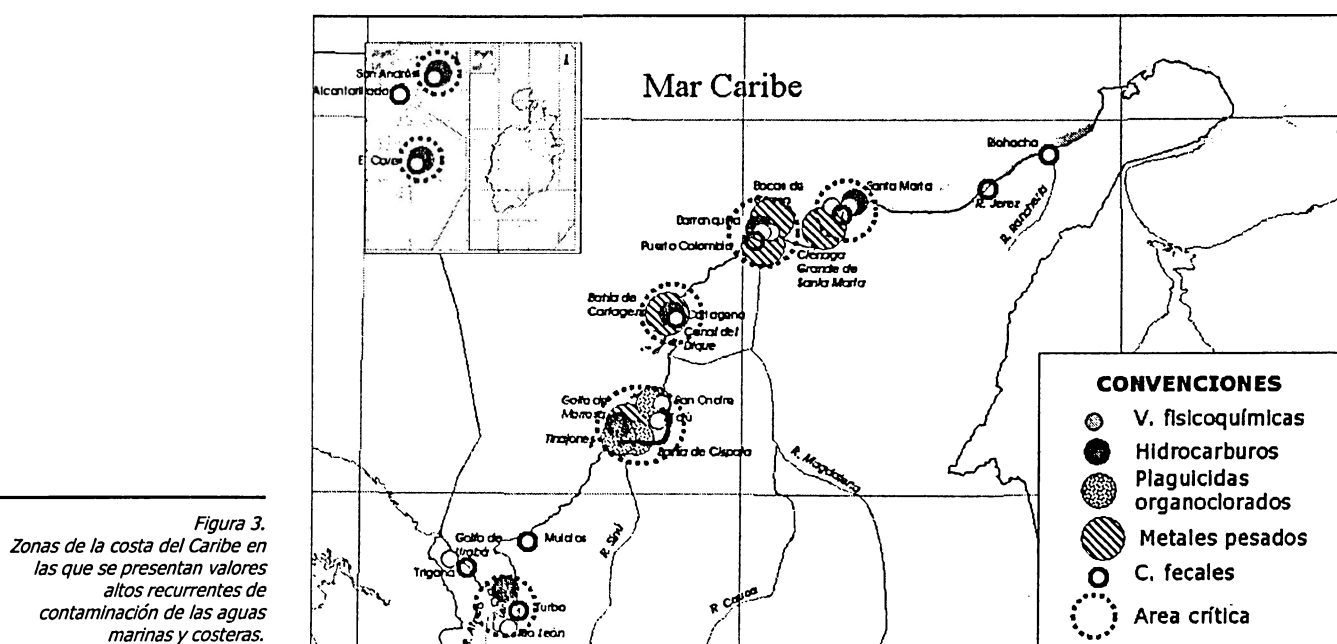


Figura 3.
Zonas de la costa del Caribe en las que se presentan valores altos recurrentes de contaminación de las aguas marinas y costeras.

4.1. Hidrocarburos

La presencia de hidrocarburos derivados del petróleo en las aguas costeras y estuarios se relaciona principalmente con la descarga de efluentes de refinerías, transporte marítimo, escorrentías de áreas residenciales e industriales, actividades náuticas, derrames en zonas portuarias y aguas residuales domésticas e industriales. Según sus características químicas, los diferentes componentes del petróleo y sus derivados presentan diversos grados de toxicidad en el medio marino.

En el país, los registros históricos de hidrocarburos disueltos y dispersos (HDD) muestran que en la década de los 90 ya se registraban valores superiores a 10 µg/l en los departamentos de Atlántico (desembocadura del río Magdalena), Bolívar (desembocadura del Canal del Dique y bahía de Cartagena) y Magdalena (bahía de Santa Marta, río Guachaca). Durante los muestreos realizados

² Environmental Protection Agency (Estados Unidos de Norteamérica)

³ Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil)

⁴ Programa de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

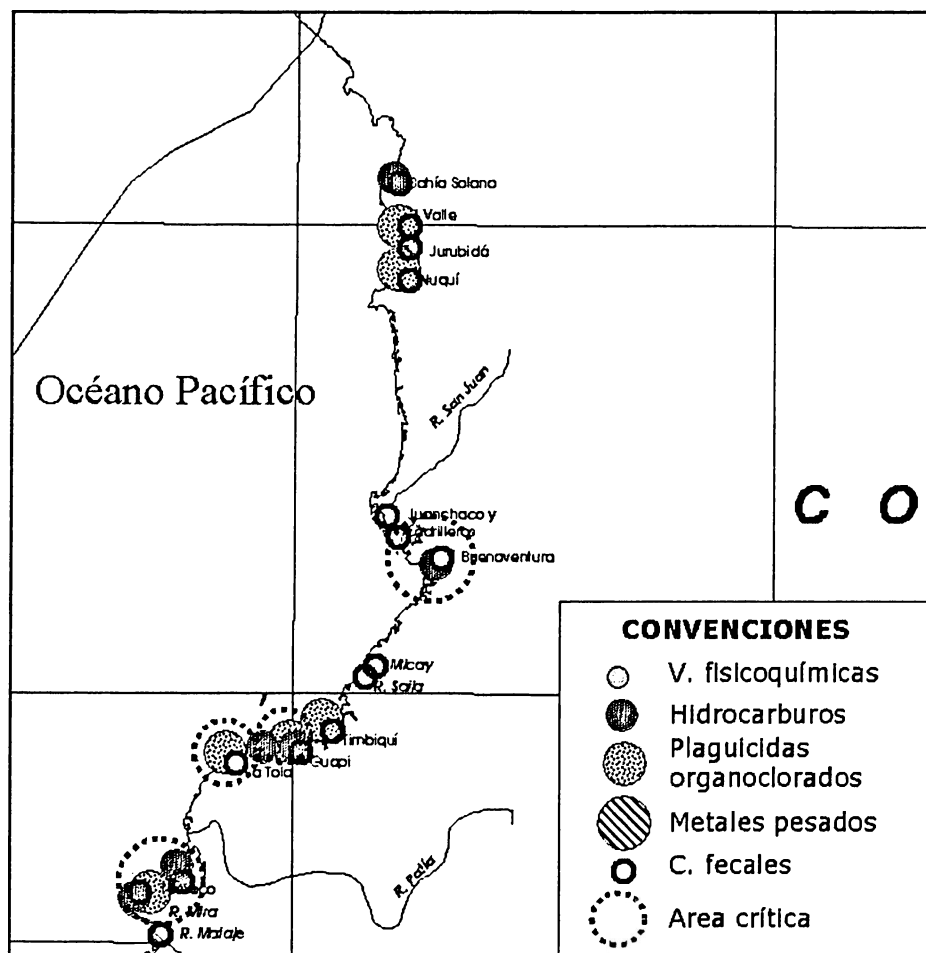


Figura 4.
Zonas de la costa del Pacífico en las que se presentan valores altos recurrentes de contaminación de las aguas marinas y costeras.

por la REDCAM se sumaron a la lista algunos puntos en las aguas costeras de San Andrés (Bahía Hooker, Muelle, El Cove y Gully Bottom House, con valores que alcanzan los 25,17 $\mu\text{g/l}$) y Córdoba (desembocadura del río Sinú y San Bernardo del Viento, con valores hasta de 17,83 $\mu\text{g/l}$).

En el Pacífico, el impacto por hidrocarburos es alto y crónico en la bahía de Buenaventura (valores mayores a 200 $\mu\text{g/l}$) y medio en algunos sectores localizados como Guapi y Tumaco, frente a los ríos Iscuandé, Guajui y Tapaje (18,45 $\mu\text{g/l}$) y las bocas de los ríos Mataje (21,24 $\mu\text{g/l}$) y Mira (11,35 $\mu\text{g/l}$), como consecuencia del transporte de cabotaje y el vertimiento de residuos de lubricantes y combustibles de lanchas y maquinaria.

4.2. Plaguicidas

Los plaguicidas se cuentan entre los contaminantes más agresivos con el ambiente, debido a su gran capacidad de acumulación en los sedimentos y diversos organismos marinos, y a su notable amplificación en las cadenas alimenticias de los ecosistemas acuáticos mediante la bioacumulación. En Colombia se emplean cerca de 600 plaguicidas diferentes, que en promedio representan alrededor de 33.000 toneladas por año (Garay *et al*, 2001). Las fuentes principales de estos productos son su aplicación como biocidas en la agricultura, como insecticidas, para fumigación de cultivos ilícitos, para inmunizar la madera y los residuos que se presentan durante su fabricación industrial.

Según los registros históricos, en el país se presentaron valores altos de plaguicidas organoclorados en las aguas marinas y costeras, por encima del nivel de referencia de 30 ng/l, en

el departamento de Magdalena (río Aracataca, Buenavista y caño Clarín), Atlántico (río Magdalena), Bolívar y el golfo de Urabá, principalmente de DDT, heptacloro, lindano y aldrin. Sin embargo, los resultados del muestreo hecho por la REDCAM mostraron valores menores al nivel de riesgo; solamente fueron mayores en las estaciones del caño Zaragocilla y frente a la bahía de Cispata (golfo de Morrosquillo), donde se encontraron valores de 43,6 y 30,5 ng/l respectivamente.

En la costa del Pacífico los niveles de residuos organoclorados fueron más elevados de lo que se podría esperar, en sitios como El Valle y Nuquí en el Chocó, Guapi y Timbiquí en Cauca y las desembocaduras de los ríos Mira y La Tola en Nariño. Estos resultados son sorprendentes, dado que es una región con desarrollo agrícola reducido. Probablemente, estas concentraciones se deban al uso de compuestos organoclorados para campañas antimaláricas y las campañas de fumigación de cultivos ilícitos, aunque hasta no realizar estudios detallados, no se descarta la utilización intensiva de agroquímicos en las partes bajas de las cuencas.

4.3. Metales pesados

Los metales pesados son compuestos químicos bioacumulables y de alta reactividad, que son introducidos a las zonas costeras y a los estuarios, asociados al material suspendido que descargan los afluentes terrestres, donde se disipan mediante precipitación a los sedimentos y asimilación en los organismos vivos. Estos elementos pueden encontrarse de manera natural en las aguas costeras, provenir del lavado de áreas mineras o resultar como componentes de residuos industriales y agrícolas, también asociados a residuos de plaguicidas y combustibles.

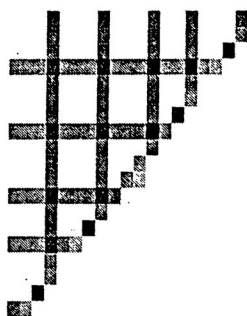
El análisis del contenido de cadmio, cromo y plomo mostró que las zonas más afectadas en el Caribe son la bahía de Cartagena (hasta 0,012 mg/l de Pb, 0,0026 mg/l de Cr y 0,012 mg/l de Cd), la desembocadura del río Magdalena (0,049 mg/l de Cr y 0,3 mg/l de Pb), la ciénaga de Mallorquín (0,05 mg/l de Cd), y el sector industrial de Las Flores en Barranquilla. También en los departamentos de Magdalena (ríos que bajan de la Sierra Nevada de Santa Marta) y Sucre se han reportado datos aislados de concentraciones significativas de plomo (0,063 y 0,07 mg/l respectivamente).

En la costa Pacífica las aguas costeras no presentaron contaminación apreciable por los metales pesados analizados.

4.4. Eutroficación

El incremento de las concentraciones de nutrientes en los cuerpos de agua produce normalmente un incremento en la productividad y crecimiento de algas, proceso que se ha denominado "eutroficación" por algunos autores. Si el aumento de nutrientes sobrepasa la capacidad del sistema para asimilarlo y/o eliminarlo, puede generar explosiones algales, agotamiento del oxígeno, disminución y muerte de corales, entre otros efectos. Esto se observa más comúnmente donde hay aportes de materia orgánica, como en las cercanías a vertimientos de aguas residuales y como consecuencia de la llegada de los residuos de fertilizantes agrícolas (GESAMP, 2001).

Como se observa en la Tabla 3, en todos los departamentos del Caribe se presentan concentraciones elevadas de nutrientes en las zonas costeras. Sin embargo, en el caso de estas variables fisicoquímicas, el tipo de muestreo que se realizó no es suficiente para obtener una visión representativa del comportamiento de estas variables, pues son elementos químicos que pueden presentar cambios notorios en periodos de tiempo de un día o de varias horas, además de ser muy sensibles a las lluvias, las mareas, etc. Los resultados obtenidos nos permiten identificar puntos en donde los valores pueden registrarse usualmente más altos de lo normal, y donde es necesario profundizar la investigación. Confrontando los resultados con la información secundaria consultada, se encontró que las áreas que presentan con mayor frecuencia eventos de anoxia o eutroficación corresponden a bahías cerradas, desembocaduras de ríos y vertederos de alcantarillados superficiales, como Bahía Hooker y El Cove en San Andrés; Riohacha en La Guajira; Santa Marta, El Rodadero y Ciénaga en Magdalena; Bocas de Ceniza, Barranquilla y Puerto Colombia en Atlántico; la ciénaga de Tesca y la bahía de Cartagena en Bolívar; los caños Guainí, Guacamayo y Alegría en Sucre; Mulatos, el río León y Acandí en el golfo de Urabá.



DEPARTAMENTO	NH ₄ (µg/l)	NO ₂ (µg/l)	NO ₃ (µg/l)	PO ₄ (µg/l)
Valor máximo en condiciones naturales	49,00	28,00	140,00	93,00
San Andrés	405,60	5,00	128,20	237,60
Guajira	43,56	18,38	239,32	237,50
Magdalena	457,74	92,62	572,56	807,50
Atlántico	180,00	42,00	1952,00	368,40
Bolívar	164,00	8,00	664,56	1047,00
Sucre	1300,00	101,96	267,28	665,77
Córdoba	71,19	17,36	19,23	70,06
Antioquia	263,50	14,30	9906,00	178,30
Chocó Caribe	96,60	7,82	1790,00	0,00
Chocó Pacífico	61,20	13,87	400,52	229,84
Valle	0,00	33,00	960,00	60,00
Cauca	49,68	31,01	306,28	20,84
Nariño	72,20	99,70	341,79	125,48

Las casillas en gris contienen valores por encima del rango considerado como "normal" por diversos autores

Tabla 3.
Valores máximos por departamento de los principales nutrientes medidos durante los muestreos del 2001 al 2003.

En el Pacífico, al igual que en la mayor parte de la costa Caribe, las aguas servidas se vierten directamente a los estuarios y el mar, sin ningún tipo de tratamiento; esto ocasiona que en las cercanías de las poblaciones, muchas de ellas palafíticas, se concentren nutrientes, bacterias y otros organismos que deterioran la calidad de las aguas en bahías y estuarios, y por lo tanto afectan la salud de los residentes. En casi todos los departamentos se presentaron estaciones con registros por fuera del rango considerado normal para las variables fisicoquímicas, especialmente en Bahía Solano y Nuquí (Chocó), los ríos que drenan sus aguas a la bahía de Buenaventura (Valle del Cauca) y La Tola (Nariño).

4.5. Contaminación Microbiológica

La contaminación sanitaria provocada por la descarga de aguas residuales en las zonas costeras, por lo general con escaso o ningún tratamiento, causa efectos dañinos sobre los recursos destinados al consumo humano y las aguas destinadas a fines recreativos. En este sentido, las bacterias Coliformes son un indicador confiable de la presencia de microorganismos patógenos en los medios estuarinos y marinos.

La contaminación microbiológica es la de mayor frecuencia de aparición en las muestras tomadas. En el 2001, los 26 principales municipios costeros arrojaron a las zonas costeras un promedio de 472.653 m³/día de aguas servidas, resultantes de los vertimientos líquidos de aproximadamente 3'073.483 habitantes. El análisis para contacto primario muestra que en la gran mayoría de playas turísticas sobrepasan los límites permisibles por la legislación colombiana, principalmente en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Magdalena, Sucre y Córdoba. Por otro lado, en las playas ubicadas en Cabo de la Vela (Guajira) el Parque Tayrona (Magdalena), Necoclí (Antioquia) y Capurganá (Chocó) los indicadores de contaminación fecal mostraron niveles permisibles para realizar actividades de recreación.

En el Pacífico también se han identificado las aguas servidas como uno de los principales contaminantes del medio costero; aproximadamente 87.211 m³/día de aguas servidas urbanas sin tratar fueron arrojadas en el 2001 a las zonas costeras, representadas en residuos líquidos de cerca de 374.631 habitantes. El 91,5% de la carga orgánica y bacteriana lo aportaron las ciudades costeras del Valle del Cauca y Nariño, especialmente Buenaventura y Tumaco, cuya población sumada representa el 86,6% del total de la costa. La mayoría de las playas monitoreadas durante el 2002 sobrepasaron los niveles de Coliformes fecales contemplados en el Artículo 42 del Decreto

1594/84. Los mayores niveles se encuentran en la época lluviosa provenientes de los tributarios que bañan esta zona. Por otra parte, Punta Huina (Chocó) fue identificada como apta para su uso en actividades de contacto primario y secundario, al no sobrepasar sus límites permisibles de Coliformes fecales, tanto en época seca como lluviosa.

4.6. Conclusión

En el diagnóstico realizado se pudo observar que en ambas costas existe una relación directa de los valores de contaminantes con las áreas de puertos, desembocaduras de los principales ríos, parques industriales a orillas de los cuerpos de agua y los grandes centros urbanos que descargan aguas servidas directamente al mar. Los resultados demuestran que los niveles de concentración de la mayor parte de los contaminantes son significativamente preocupantes, en razón del riesgo que representa para la salud de los ecosistemas y de los pobladores costeros.

El diagnóstico arrojó como conclusión general que, dada la persistencia y la acumulación de contaminantes, las áreas críticas se ubican en San Andrés, Santa Marta, Ciénaga Grande de Santa Marta, Bocas de Ceniza (Atlántico), Barranquilla, Cartagena, golfo de Morrosquillo (Sucre y Córdoba), Tinajones (Córdoba) y golfo de Urabá en el Caribe. En el Pacífico se presenta un menor número de puntos críticos en comparación con el Caribe. El menor desarrollo urbano e industrial y la menor cantidad de vías de comunicación son algunas de las principales razones para que se presenten menores vertimientos de cargas contaminantes a la zona costera, favorecido por la oceanografía, el clima, la geomorfología de la cuenca y lavado producido por el régimen mareal que en promedio alcanza 4 m en altura, mientras que en la costa Caribe es de 50 cm en promedio. Las áreas críticas se encuentran adyacentes a Buenaventura (Valle del Cauca), Guapi (Cauca) y La Tola (Nariño).

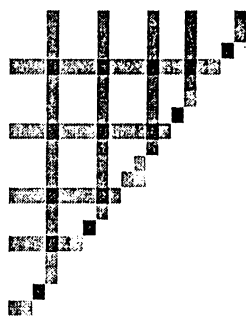
5. BENEFICIOS Y LIMITACIONES DE LA REDCAM

La REDCAM es un sistema que ha logrado que el país por primera vez cuente con:

- La coordinación entre las entidades al interior del SINA para la recolección de datos e información sobre la calidad de las aguas marinas y costeras.
- Un sistema en donde se han recopilado, organizado e integrado los datos disponibles sobre las variables que caracterizan la calidad de las aguas marinas y costeras.
- Un equipo de profesionales de diversas entidades, capacitados para el monitoreo y seguimiento de las aguas marinas y costeras.
- Disponibilidad de equipos y laboratorios para el monitoreo y seguimiento de las aguas marinas y costeras, que están en un proceso de mejoramiento y aseguramiento de la calidad.
- Las técnicas de muestreo y análisis en laboratorio de las aguas marinas y costeras han pasado por un proceso de acuerdo y homologación entre las diferentes entidades que conforman la Red.
- Un diagnóstico nacional de la calidad de las aguas marinas y costeras, que identifica los puntos críticos pudiendo así identificar los puntos críticos, las fuentes de contaminación, los contaminantes y las vías de entrada que están afectando significativamente la salud de los ecosistemas marinos y costeros.
- Un manual de técnicas analíticas, un manual del funcionamiento del sistema de información, 1 Atlas y cartografía especializada, como elementos de guía para los investigadores y técnicos que trabajen dentro de la Red.

Adicionalmente, como herramienta para la gestión, la REDCAM ofrece como beneficios:

- En el ámbito nacional, ofrece a las entidades del SINA la oportunidad única de focalizar los puntos críticos e identificar problemas ambientales de la calidad de las aguas marinas y costeras, disponer de indicadores reales de la efectividad de las políticas implementadas, orientar de manera racional la inversión y evaluar los resultados obtenidos para cualquier periodo de tiempo.
- Al contribuir a visualizar las problemáticas ambientales, el sistema se convierte en una herramienta útil para la elaboración de planes y programas en los ámbitos locales, regionales y nacionales, facilitando los procesos de gestión para resolver los problemas.



- A nivel regional, el sistema de información de la REDCAM ofrece a los usuarios información que cubre todo el país, útil para elaborar estudios regionales o nacionales. Ello les permitirá coordinar esfuerzos, disminuir costos y maximizar los logros.
- Ofrece una oportunidad a bajo costo para cada entidad de organizar, administrar e inventariar los datos históricos y actuales resultantes de las actividades de investigación y monitoreo ejercidas sobre su jurisdicción.
- Las entidades integradas al sistema reciben apoyo permanente de parte del grupo técnico y científico, que desde el nodo central en INVEMAR, coordina el sistema.
- Las herramientas cartográficas, tablas e informes elaborados por la REDCAM sirven como soporte en el desarrollo de los informes requeridos por las entidades costeras y de orden nacional, para evaluar la gestión ambiental.
- Promueve la normalización de los métodos analíticos y de muestreo, facilitando el intercambio de información y reduciendo costos ya que los laboratorios pueden compartir recursos o prestar servicios.
- Incorpora a diferentes niveles, mecanismos orientados a depurar y normalizar los datos; como resultado, éstos son más confiables que aquellos almacenados aplicando técnicas no automatizadas.
- Coloca a disposición de los usuarios un banco histórico de datos, accesible de manera permanente, con lo que se puede sacar el máximo provecho de los datos recogidos.

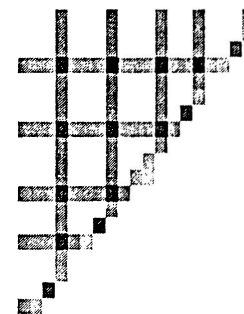
La versión actual del Sistema de información de la REDCAM presenta algunas limitaciones relacionadas con la fuente de los datos, la flexibilidad de las consultas y los costos:

- Los datos con los que se alimenta el sistema son el resultado del procesamiento manual, de las lecturas arrojadas por los instrumentos, de acuerdo con los parámetros de calibración aplicables a cada equipo y de su normalización, según el método utilizado. Aunque se toman medidas de precaución sobre la confiabilidad de los datos, hay múltiples factores de error que pueden disminuir la calidad de la información almacenada.
- En lo relacionado con las consultas georreferenciadas, éstas se basan en salidas cartográficas pre-editadas dispuestas como servicios de mapas para la web, limitando la posibilidad de realizar búsquedas personalizadas en el momento del acceso; esta limitación se subsana en la medida en que se definan con mayor precisión los requerimientos de los usuarios para las consultas.
- Por último, para acceder al sistema se requiere que los miembros de REDCAM, cuenten con un buen canal de acceso a la Internet, de preferencia dedicado, lo que tiene implicaciones en cuanto al costo del servicio, erogación que debe presupuestar cada entidad miembro

6. PERSPECTIVAS DE LA REDCAM

En el campo investigativo, así como son grandes los avances realizados por la REDCAM, de igual forma surgen nuevas necesidades de investigación para que pueda grantizarse un manejo eficiente de los ecosistemas marinos y costeros del país. El paso a seguir es la investigación en mayor detalle al interior de las áreas críticas identificadas. Para ello, es necesario complementar los resultados con una caracterización de la oceanografía y geomorfología de cada sitio, el estudio de los contaminantes en la fase sedimentaria y la relación de la concentración y dinámica de los contaminantes con los organismos vivos, lo que nos daría un cuadro mucho más representativo de las condiciones ambientales marinas en las costas del país. La meta es que la REDCAM se convierta en un sistema con la capacidad de evaluar periódica y continuamente el estado ambiental marino en el país, integrando todas aquellas variables características en los componentes acuático, biótico, sedimentológico y atmosférico.

Los datos obtenidos han permitido avanzar en el desarrollo de herramientas para identificar y formular acciones sobre el estado de las aguas marinas y costeras del país, tales como los Indicadores ambientales de la calidad de las aguas marinas y costeras (Marín *et al*, 2003) y la Escala de valores indicativos del grado de contaminación (Marín, 2001), las que se encuentran en proceso de validación. Al futuro se pretende que estas herramientas se conviertan en mecanismos que al interior de la Red sirvan para hacer más efectivo y ayuden a perfeccionar los métodos de diagnóstico y evaluación.



En el campo técnico, se espera que el equipo técnico, los laboratorios, instrumentos y medios se sigan mejorando, de manera que se pueda hacer un manejo más efectivo del tiempo, la infraestructura, los costos para la evaluación de la calidad ambiental marina. Por ejemplo, fortalecer la infraestructura y capacidad de laboratorios regionales; implementar sistemas de control interno como base para avanzar en el incremento de la calidad de los resultados que emiten nuestros laboratorios y ampliar el número de laboratorios y variables que efectúen procesos de acreditación nacional e internacional; organizar ejercicios de Inter-calibración así como el intercambio de muestras entre los laboratorios analíticos que integran la REDCAM; acceder a herramientas de software especializadas con las que se pueden analizar tendencias y visualizar puntos críticos; realizar cursos específicos de capacitación para los técnicos de la Red.

A nivel de las organizaciones no gubernamentales y del público en general, una vez el sistema haya sido probado y validado dentro de las corporaciones miembros de la REDCAM, promoverá la participación ciudadana en los procesos y decisiones que los afectan de manera directa, a través de su servicio de consultas.

En el ámbito internacional, se espera integrar un sistema regional de monitoreo que permita evaluar permanentemente el estado de nuestros mares y costas y la influencia que ejerce a nivel regional en la calidad ambiental del medio marino y costero. Por medio del contacto con otras iniciativas similares a nivel latinoamericano e internacional, se haría posible conformar alianzas que permitan un mayor alcance de los estudios y que igualmente proporcionen alternativas para el sostenimiento y mejoramiento de la REDCAM.

7. AGRADECIMIENTOS

La REDCAM es fruto del esfuerzo realizado por el personal que ha trabajado desde el 2001 en el Programa de Calidad Ambiental Marina del INVEMAR y en las entidades que participan como Nodos de la Red. Igualmente, el desarrollo del proyecto no hubiera sido posible sin el apoyo del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial y la financiación del FONAM-BID y el INVEMAR.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Garay, J.A., Marín B. y Vélez A.M. 2001. Contaminación marino-costera en Colombia. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2001. INVEMAR. Serie de Publicaciones periódicas No. 8. pp 101-12.
- Garay, J.A., Marín B., Ramírez G., Betancourt J., Troncoso W., Gómez M.L., Cadavid B., Vélez A.M., Roza D., Lozano P., Casas M., Arias L. y Vivas L.J.. 2002. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y pacífico colombiano. Red de vigilancia para la protección y conservación de la calidad de las aguas marinas y costeras. Diagnóstico 2002. INVEMAR. 260 pp.
- Garay, J.A., Marín B., Calvano N., Ramírez G., Troncoso W., Medina O.L., Vélez A.M., Lozano H., Cadavid B., Acosta J., Lancheros A. y Rondón M.. 2001. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y pacífico colombiano. Red de vigilancia para la protección y conservación de la calidad de las aguas marinas y costeras. Tomo II. Informe Final. INVEMAR. 260 pp.
- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) and Advisory Committee on Protection of the Sea. 2001. Protecting the oceans from land-based activities – Land-based sources and activities affecting the quality and uses of the marine, coastal and associated freshwater environment. Rep. Stud. GESAMP No. 71, 162 pp.
- Marín, B. 2001. Valores indicativos del grado de contaminación de las aguas marinas colombianas. INVEMAR. Santa Marta. 74 pp.
- Marín, B., Martín L., Garay J., Troncoso W., Betancourt J., Gómez M.L., Acosta J., Vélez A.M. y Ramírez G. 2003. Sistema de indicadores de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia (SISCAM). Informe Final. INVEMAR. Santa Marta. 184 pp.

