

BOLETIN CIENTIFICO

# C.I.O.H.

CENTRO DE INVESTIGACIONES  
OCEANOGRAFICAS E HIDROGRAFICAS

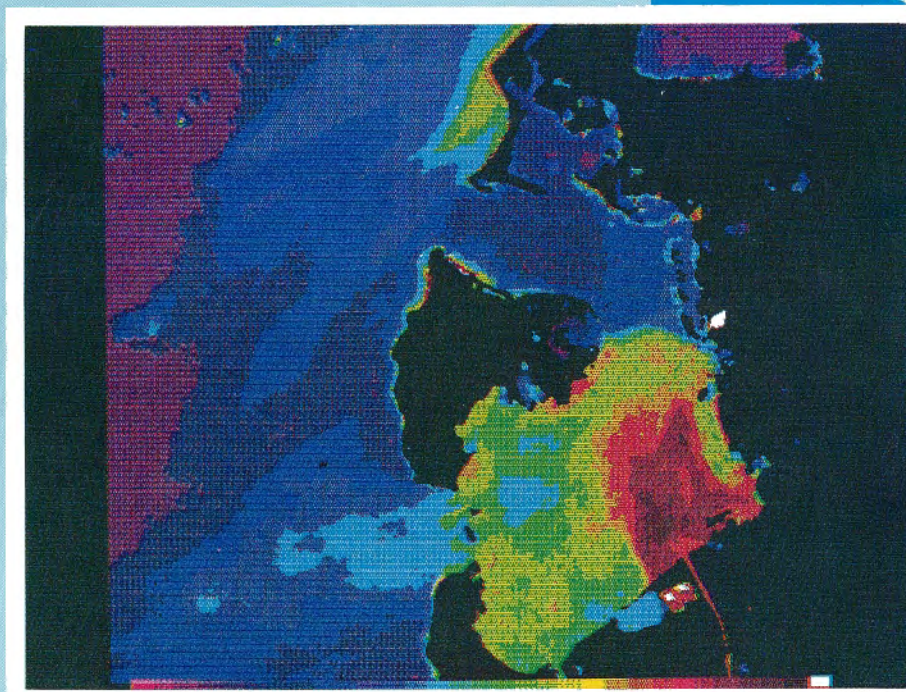
REPUBLICA DE COLOMBIA  
ARMADA NACIONAL  
DIRECCION GENERAL MARITIMA



Nº. 10

ISSN 0120 - 0542

MAYO 1992





# **CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRAFICAS E HIDROGRAFICAS**

## ***Boletín Científico No. 10***

---

### **Contenido**

- ESTADO ACTUAL DE LA BAHIA DE CARTAGENA V/S CONTAMINACION.  
Por: CF Jorge Urbano Rosas. \_\_\_\_\_ 3
- CONTAMINACION POR HIDROCARBUROS DERIVADOS DEL PETROLEO EN EL  
LITORAL CARIBE COLOMBIANO BAHIA CISPATA HACIA RIOHACHA.  
Por: Qco. Jesús Antonio Garay. Qco. Luz Angela Castro. Bga. Claudia Ospina. \_\_\_\_\_ 13
- ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL NORPACIFICA  
COLOMBIANA (BAHIA DE BUENAVENTURA - FRONTERA CON PANAMA).  
Por: TN. Amparo Molina. Marc Luis Mirmand \_\_\_\_\_ 27
- CARTOGRAFIA BIOECOLOGICA DE LA ISLA NAVAL ARCHIPIELAGO ISLAS DEL  
ROSARIO - COLOMBIA.  
Por: TN. Rubén Serrano Acevedo. TN. Ricardo Quintero Serpa. \_\_\_\_\_ 37

Bol. Cient.	Cartagena (Colombia)	No. 10	Mayo 1992	Pág. 3-56	ISSN 0120-0542
-------------	-------------------------	--------	--------------	-----------	----------------

Nuestra Portada: Sistema análisis  
de imágenes de satélite.  
Imagen: SPOT. Nov. 11/87  
Area: Bahía de Cartagena  
Estudio: Sólidos en suspensión



**DIRECTOR:**

*Capitán de Fragata* JORGE E. URBANO ROSAS

**SUBDIRECTOR:**

*Capitán de Corbeta* JAIRO AGUILERA QUIÑONES

**CONSEJO EDITORIAL**

CF. JORGE E. URBANO ROSAS  
CC. JAIRO AGUILERA QUIÑONES  
CC. EDGAR CABRERA LUNA  
CC. RICARDO QUINTERO SERPA  
TN. JUAN MANUEL SOLTAU OSPINA  
QCO. JESUS A. GARAY T.

**CONSEJO DE REDACCION**

CC. JORGE E. URBANO ROSAS  
CC. JAIRO AGUILERA QUIÑONES  
CC. GERMAN PACHECO

Dirección Postal  
Boletín Científico - CIOH  
A.A. 982  
Cartagena Colombia

Bol. Cient.	Cartagena (Colombia)	No. 10	Mayo 1992	Pag.3 -12	ISSN 0120-0542
-------------	-------------------------	--------	--------------	-----------	----------------

## ESTADO ACTUAL DE LA BAHIA DE CARTAGENA V/S CONTAMINACION

*Por: CF Jorge Urbano Rosas\**

### RESUMEN

El grado de contaminación de un cuerpo de agua como la Bahía de Cartagena, está directamente relacionado con la dinámica existente en el área; de allí el interés por dar a conocer la verificación de las corrientes marinas a través de sensores remotos (imágenes de satélite).

Con estudios específicos sobre algunos sectores de interés en la Bahía, será posible determinar con precisión las áreas que actualmente están recibiendo el mayor efecto negativo de las diferentes clases de contaminantes presentes en los cuerpos de agua de la misma. La información relacionada con los volúmenes de contaminantes, ha sido suministrada parcialmente por el Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (INDERENA) y complementada con los estudios anteriores del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH).

El presente trabajo además de resaltar los volúmenes de contaminantes en la Bahía, busca dar a conocer la importancia que para el efecto puede tener la aplicación de las imágenes de satélite en la difusión y desplazamiento de dichos contaminantes; el CIOH tiene disponible la infraestructura necesaria para llevar a cabo esta clase de estudios y análisis.

### INTRODUCCION

El estado de contaminación de los cuerpos de agua de la bahía de Cartagena, se viene estudiando desde hace dos décadas por diferentes entidades, principalmente por la Dirección General Marítima (DIMAR) y el Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (INDERENA). La realidad del problema y sus soluciones son conocidas ampliamente a todo nivel; el presente estudio relaciona la aplicación de la más reciente tecnología de imágenes de satélite.

Durante el último decenio se han logrado importantes avances en este sector, principalmente sobre estudios básicos de contaminación marina en las aguas de la Bahía, condiciones físico-químicas de las mismas, dinámica y dispersión de contaminantes, principalmente fuentes de contaminación de los ecosistemas de la Bahía, estudios sobre usos actuales y potenciales, etc. Sin embargo, su correlación hasta diseñar las bases técnicas para recomendar un plan de ordenamiento ambiental, aún se encuentra en desarrollo.

Importantes estudios ha llevado a cabo el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH)-DIMAR en la bahía, tales como el: "Estudio de la Contaminación por Mercurio en 1977" - Estudio integral de la contaminación de la Bahía, realizado conjuntamente con la Universidad de Miami y el INDERENA entre 1979 y 1981 y el monitoreo de residuos de petróleo, llevado a cabo entre 1985 y 1991, como parte de las actividades que por ley le corresponden a DIMAR; así mismo, como una contribución al Proyecto Internacional del Programa sobre Vigilancia de la Contaminación por petróleo en el Caribe colombiano (CARIPOL) de la Subcomisión de la COI para el Caribe y regiones adyacentes (IOCARIBE).

Los resultados de la evaluación de los niveles de contaminación obtenidos a través del monitoreo continuo por parte del CIOH-DIMAR e INDERENA, han demostrado como principal fuente de contaminación los vertimientos de aguas negras, alcantarillado sanitario y basuras

---

\* Oceanógrafo Físico. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. A.A. 982 Cartagena Colombia.



de la población nativa y turismo de la ciudad de Cartagena de Indias. Actividad que es preocupante por sus repercusiones sobre la comunidad, generando afloramiento de Coliformes (bacterias fecales y otras), acompañadas regularmente por estreptococos, hongos, amibas y otros patógenos de alto riesgo, que pueden causar enfermedades infectocontagiosas, principalmente durante la época de lluvias, en algunas áreas costeras de la Bahía de Cartagena.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de Cartagena, Cartagena (Bolívar) Colombia se encuentra localizada entre latitud  $10^{\circ}26'N - 10^{\circ}16'N$  y longitud  $75^{\circ}30'W - 75^{\circ}36'W$ .

Se considera por definición geológica una bahía (schaus, S.H.1974); sin embargo tiene una fuente significativa de aguas fluviales provenientes del Canal del Dique que aporta aguas del río Magdalena, en el extremo sur de la Bahía, y orientado en tal forma que el aporte fluvial está dirigido hacia el norte. Presenta además dos entradas de renovación de aguas oceánicas, Bocachica y Bocagrande (figura 1).

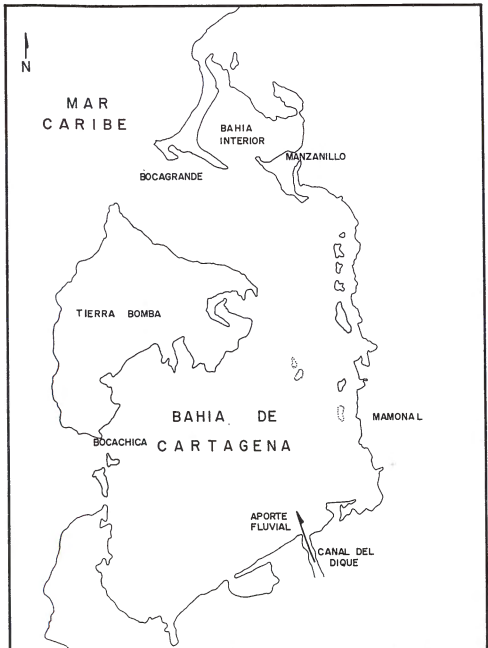


FIG. No. 1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Sus playas exteriores están formadas especialmente de arenas calcáreas y cuarzosas, y el fondo de la Bahía está cubierto

de sedimento arcilloso-limosos.

Los fenómenos de deriva litoral han permitido la construcción progresiva de formaciones arenosas en Bocagrande, Castillogrande y Laguito (Vernette G.1978).

La configuración de este recipiente marino y las corrientes de agua que recibe, le han valido el calificativo de estuario. Sus dimensiones son de  $12 \times 6$  Km. para un área aproximada de  $72 \text{ km}^2$  y una profundidad media de 21 m. Los caños segados por la sedimentación natural, las basuras urbanas y la barrera submarina construida durante la colonia (Escollera) más una diferencia de mareas que no pasan de dos pies determinan un semi-embalse de 1.600 millones de metros cúbicos de agua que recibe aportes contaminantes por diferentes vías.

Sobre la parte sur-oriental está situada la zona industrial de Mamonal con cerca de 50 industrias que vierten a la Bahía aproximadamente 200.000 metros cúbicos por día, de aguas residuales de procesos industriales y 25.000 kg/día de residuos orgánicos e inorgánicos. En la parte norte y nor-oriental, se sitúa la Ciudad de Cartagena con una densidad de población de aproximadamente 700.000 habitantes, cuyos residuos domésticos van a dar directamente a la Bahía, mediante los desagües de Bocagrande, Laguito, Bahía de las Animas y Cuatro Bocas, frente a la factoría de Purina; éstos vierten diariamente cerca de 60.000 metros cúbicos de aguas negras, además de 50.000 metros cúbicos/día de residuos orgánicos e inorgánicos de media población que carece de alcantarillado; no han sido cuantificadas las descargas furtivas o abiertas de aguas de sentinas de tanques y el de lastre no autorizado de buques-tanques.

Como consecuencia, la Bahía de Cartagena ha sufrido un proceso de zonificación natural, obedeciendo a los usos que se le ha dado durante los últimos años; este tipo de zonificación ha alcanzado un reconocimiento indirecto por parte de las autoridades y la población que convive en el área de Cartagena (figura 2).

## 2. DINÁMICA DE LA BAHÍA

En la época de lluvia, el Canal del Dique tiene mucha influencia sobre los movimientos superficiales y genera una capa de agua liviana y salobre que tiene desplazamiento general

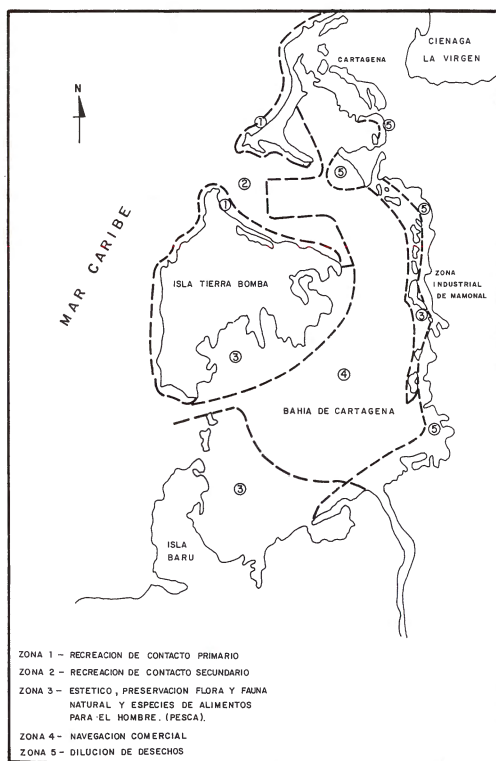


Fig. 2. ZONIFICACION BAHIA DE CARTAGENA.

hacia el norte.

El viento por su continuidad y velocidad, favorece el intercambio profundo y completo de las aguas de la Bahía, acentuando la llegada de agua del mar por el fondo (Bocachica). Se observa entonces un movimiento superficial de dirección global hacia el sur y una circulación profunda hacia el norte.

En la época de los vientos las aguas del Dique están pegadas contra la orilla de la Bahía, bajo el efecto del roce del viento en la superficie. Esto induce en profundidad, una corriente de compensación orientada del sur hacia el norte (Foto A).

Un poco más tarde en la estación de lluvias, las aguas del Dique empiezan a invadir la Bahía (Foto B). La progresión de la "Pluma Turbia" se desarrolla hacia el norte subiendo en el sentido contrario de las manecillas del reloj. Salen por Bocachica y, a medida que la calma del viento aumenta, y que la dinámica global disminuye, se orientan hacia Bocagrande, penetrando hasta la Bahía Interna.

Siguiendo la progresión en el ciclo anual se

llega al "Veranillo de San Juan". Los vientos recobran fuerza y soplan con más regularidad. Con esta nueva dinámica las aguas del Dique subsisten en los bordes este y oeste de la Bahía desapareciendo totalmente en su centro, es un período de acción progresiva.

Al entrar en la parte intensa de la época de lluvia, el mismo proceso se repite; salida superficial de las aguas del Dique por Bocachica y luego por Bocagrande. En octubre las aguas del Dique cubren un mayor porcentaje de la Bahía con un espesor cercano a los 15m; alcanzando 22m en la desembocadura del canal y biselándose en Bocachica a una profundidad de 5m.

Una vez que regresan los vientos Alisios, la predominancia de las aguas del Dique disminuyen; las aguas vuelven a tener su salida superficial por Bocachica y se acumulan de nuevo contra los flancos sur-este de la Bahía

La desaparición de estas aguas del Dique se hace por mezcla progresiva con las aguas de la Bahía, lo que tiene como resultado una disminución en la salinidad global de las aguas. Pero la densidad observada en la época de los vientos es mucho más elevada en la época de lluvia. Esto comprueba la existencia de aportes de aguas del mar dentro de la Bahía.

Debido a la topografía de la Bahía de Cartagena los aportes de agua se efectúan por Bocachica, hasta una profundidad de 20m y por Bocagrande hasta una profundidad máxima de 2m.

En el área exterior adyacente a Bocachica las masas de agua más saladas se encuentran por debajo de las capas de agua que salen de la Bahía. En Bocachica a los 4m de profundidad las aguas no penetran, pero a los 6m ya se detecta el flujo de aguas marinas con dirección hacia el interior de la Bahía (figura 5). En la parte sur se localizan por debajo de los 15m, mientras tanto al norte se encontraron desde el fondo hasta los 5m de la superficie.

La dinámica de la Bahía está directamente relacionada con la distribución de las diferentes fuentes de contaminantes; en la época de lluvias cuando los vientos son de menor fuerza y de dirección más variable, el arrastre de las sustancias mezcladas y materias en suspensión afecta una mayor extensión de la Bahía hacia la parte norte y oriental, debido a que el valor de las corrientes originadas por el efecto del Canal



del Dique presenta mayores valores (figura 3). Durante esta época, el extremo norte de la Bahía, o Bahía Interior tiene un comportamiento

altamente estático, concentrando partículas y sustancias diferentes a la condición normal de la Bahía.

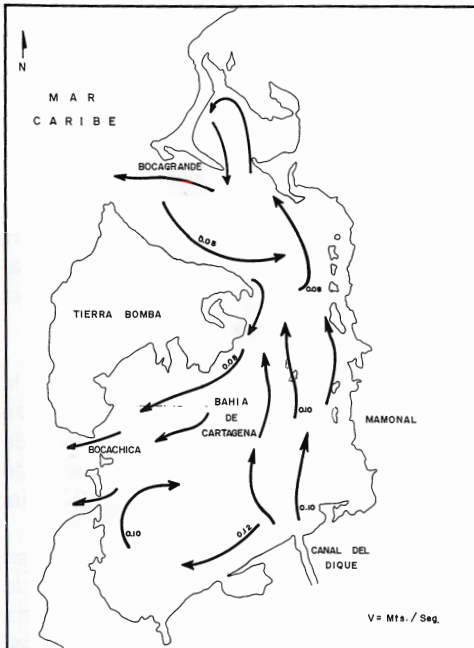


FIG. No. 3. COMPORTAMIENTO DE LAS CORRIENTES SUPERFICIALES DEDUCIDAS DE LA IMAGEN SPOT. JUN /86. EPOCA REDUCIDA DE VIENTOS.

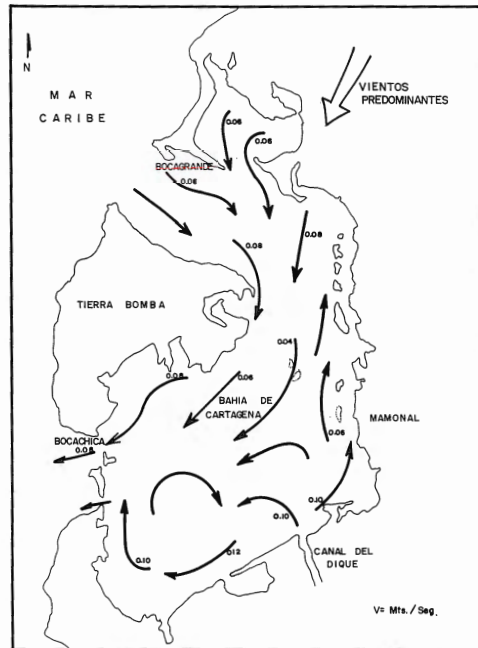


FIG. No. 4. COMPORTAMIENTO DE LAS CORRIENTES SUPERFICIALES DEDUCIDAS DE LA IMAGEN SPOT. NOV /87. EPOCA DE INCREMENTO DE VIENTOS.

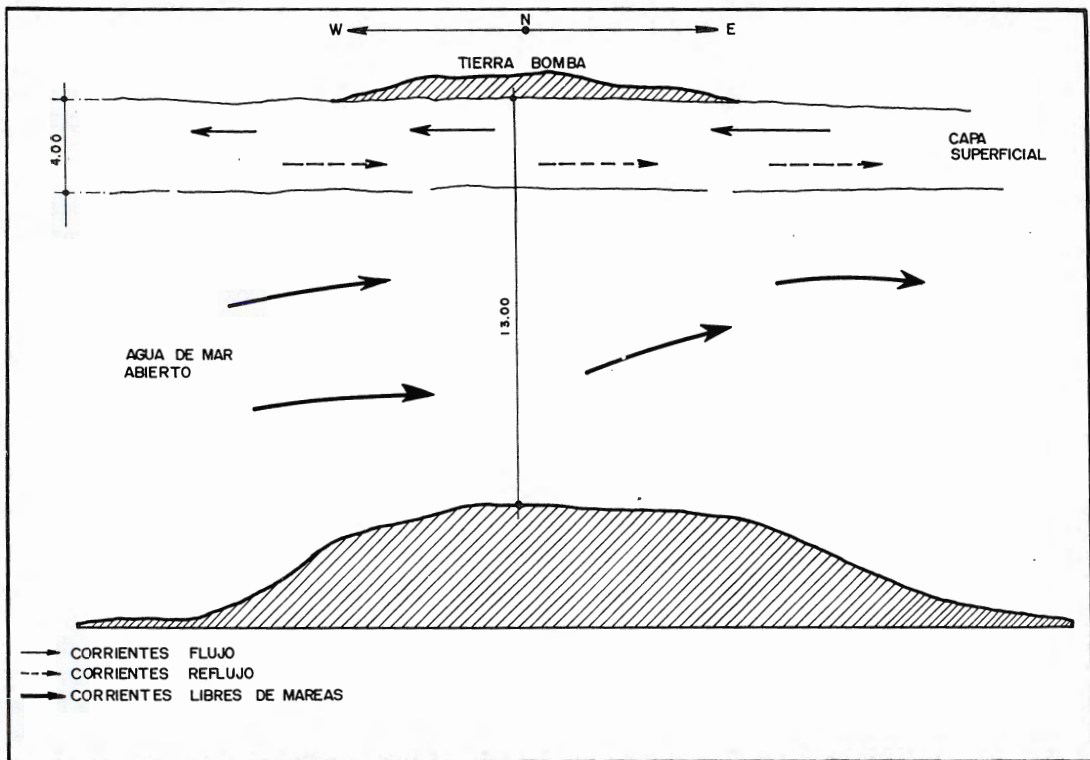


FIG. No. 5. CORRIENTES PREDOMINANTES CANAL DE BOCACHICA

La Bahía sufre un período de depuración superficial durante la época de vientos, ya que estos inducen corrientes de dirección nort-sur, que obliga el desplazamiento de las aguas superficiales hacia el sur de la Bahía, permitiendo un mayor intercambio de aguas entre la Bahía interior y el resto del área (figura 4).

### **3. ESTUDIOS REALIZADOS EN LA BAHIA**

Cerca de 350 estudios relacionados con la contaminación, condiciones oceanográficas e hidrodinámicas, han sido realizados en la Bahía de Cartagena, por diferentes entidades nacionales e internacionales, en las últimas dos décadas. Entre los estudios más destacados cabe mencionar los siguientes, con sus principales actividades y resultados:

#### **3.1 Estudio de la Contaminación con Mercurio en la Bahía de Cartagena CIOH-U. NACIONAL-INDERENA (1977-1978).**

En 1976 el Gobierno de Colombia y la FAO concentraron un acuerdo entre el CIOH y el Instituto Sueco para el Estudio de la Contaminación del Agua y Atmósfera (IVL), contando con la colaboración del INDERENA, la Universidad Nacional y el municipio de Cartagena.

Se determinó que las concentraciones de mercurio encontradas constituían un riesgo para la salud, pero que gracias a las condiciones generales de la Bahía, era posible una disminución relativamente rápida de las concentraciones de mercurio. Se calculó que en seis años podría llegarse a niveles inferiores de 0.5ppm en todos los peces afectados, siempre y cuando no se produjeran nuevas descargas.

#### **3.2 Estudio Integral de la Contaminación de la Bahía de Cartagena CIOH-U. MIAMI -INDERENA (1979-1982).**

En abril de 1979 se inició el estudio integral de la Contaminación de la bahía de Cartagena, con participación de científicos de la Universidad de Miami y personal del CIOH.

El objetivo principal fue determinar en tiempo y espacio los parámetros físico-químicos que pueden ser correlacionados con los estudios biológicos de la Bahía de Cartagena.

Entre los resultados más importantes, obtenidos durante la ejecución de este proyecto, se cuentan: La capacitación de personal profesional y técnico de universidades e institutos colombianos y la identificación y evaluación de las principales fuentes de contaminación de la Bahía de Cartagena.

#### **3.3 Programa sobre Vigilancia de la Contaminación por Petróleo en el Caribe Colombiano (CARIPOL/COLOMBIA). DIMAR-CIOH-COLCIENCIAS-OEA-IOCARIBE, 1985-1991.**

Este proyecto, cuyo objetivo fundamental es el de llevar a cabo un continuo monitoreo de la contaminación por residuos de petróleo en el Caribe colombiano, se inició desde 1985 en la Bahía de Cartagena, como una de las actividades que por ley le corresponden a DIMAR, participando en el programa internacional de IOCARIBE sobre "Investigación, Vigilancia y control de Contaminación por Petróleo en el Caribe y Regiones Adyacentes, CARIPOL".

Hasta el presente se ha cubierto aproximadamente el 80% del litoral Caribe colombiano, desde bahía Cispatá hasta Castilletes, incluyendo la Bahía de Cartagena y San Andrés. Información que ha sido básica para la elaboración del Plan Nacional de Contingencias contra derrames de hidrocarburos, especialmente en la Bahía de Cartagena.

#### **3.4 Programa de Investigación y Control de la Contaminación Marina en los Cuerpos de Agua de la Bahía de Cartagena. Caños y Lagos - INDERENA 1984-1986.**

Mediante un estudio integral que duró tres años de todos los cuerpos de agua de la Bahía de Cartagena, caños y lagos interiores, así como las zonas adyacentes (Ciénaga de Tesca), el INDERENA diagnosticó el estado de contaminación de estos efluentes, industriales y domésticos, y cuantificación de los niveles de contaminantes, así mismo se plantearon soluciones a corto, mediano y largo plazo.

#### **3.5 Estudio Integral del Control de Contaminación de la Bahía de Cartagena y sus Areas de Influencia. FONADE 1980-1981.**

Durante dos años el FONADE a través de la firma Ingenieros Consultores, realizó un estudio



integral para el control de la contaminación de la Bahía de Cartagena y sus áreas de influencia. En este estudio se realizó un diagnóstico de la situación, se determinaron las fuentes de contaminación y se cuantificaron los principales contaminantes. Así mismo, se plantearon soluciones a mediano y largo plazo.

### **3.6 Caso de Contaminación Cuerpos de Agua Cartagena de Indias - INDERENA-DIMAR-CNT-CTCM-CCO- 1988.**

Mediante un informe ejecutivo, las mencionadas entidades realizan una evaluación del estado de contaminación de los cuerpos de agua de Cartagena de Indias (bahía, caños y lagunas), utilizando para ello numerosos estudios realizados por DIMAR e INDERENA en los últimos diez años; los aspectos más importantes de destacar fueron los siguientes:

- a) La realidad del problema y sus soluciones, son conocidas ampliamente a todo nivel, sin que hasta la fecha, se hayan elaborado programas para obtener eficientes soluciones.
- b) Los niveles de contaminación obtenidos a través del monitoreo continuo por la DIMAR e INDERENA, demuestran un incremento cada vez más preocupante (de contaminación microbiológica) con incidencia directa sobre la población nativa y el turismo de la ciudad de Cartagena, especialmente durante el invierno en zonas de importancia socioeconómica.

### **3.7 Proyecto Bioensayos y Pruebas de Toxicidad de Algunos Contaminantes en Organismos Marinos Indicadores. DIMAR-CIOH. 1989- 1990.**

El objetivo principal de este proyecto ha sido la adecuación y dotación de un laboratorio especializado de bioensayos, así como la realización de pruebas letales y subletales de petróleos, pesticidas y metales pesados con algunos organismos marinos de la Bahía de Cartagena. Este proyecto es también una contribución de Colombia a través de DIMAR/ CIOH al programa del PNUMA en el Gran Caribe, ha sido base para los estudios de calidad de las aguas litorales del Caribe y Pacífico colombiano.

### **3.8 Plan Nacional de Contingencia Contra Derrames de Petróleo DIMAR/CIOH/CCCP- 1989.**

La dirección General Marítima como entidad rectora, elaboró durante 1989, a través del CIOH y el Centro de Control de Contaminación del Pacífico (CCCP), el Plan Nacional de Contingencias Contra Derrames de Petróleo (PNC), el cual se pondrá en ejecución tan pronto se apruebe el decreto reglamentario respectivo que se encuentra actualmente en estudio. Se consideraron cuatro áreas críticas en el Caribe y dos en el Pacífico, dentro de las cuales está la Bahía de Cartagena.

## **4. SITUACION ACTUAL**

### **4.1 Fuentes de Contaminación**

Las conclusiones de más de 350 estudios elaborados a través de los años, son coincidentes en afirmar que la contaminación se presenta en cuatro formas críticas en esta zona.

1. Vertimientos de aguas negras, alcantarillado sanitario y basuras. (Figura 6).
2. Aportes provenientes del Canal del Dique.
3. Descargas industriales.
4. Vertimientos de hidrocarburos en sus diferentes formas y transporte

De estas cuatro, la más preocupante por sus repercusiones sobre la comunidad es la que se refiere al vertimiento de aguas negras descargadas directamente y las basuras, las cuales generan el afloramiento de Coliformes (bacterias fecales y otras), acompañadas regularmente por estreptococos, hongos, amibas y otros patógenos de alto riesgo, que pueden causar enfermedades infectocontagiosas, y en cuyo caso han sobrepasado en miles de veces, los límites permisibles para la salud humana.

Los niveles de contaminación por Coliformes se presentan en forma crítica en épocas de lluvia (mayo a noviembre).

### **4.2 DISCUSION**

La ciudad de Cartagena de Indias con una población de 700.000 habitantes, tiene una red de alcantarillado que cubre un 60% de la

población y cuyas descargas llegan a la Bahía en un 40% y a la ciénaga de Tesca en un 60%, sin ningún tratamiento; el otro 40% de la población que no cubre el alcantarillado, va directamente a los caños y lagunas internas.

Sobre la Bahía de Cartagena, existe un emisario submarino principal frente a la Isla de Manzanillo y ocho descargas de emergencia que se han convertido en permanentes. Lo anterior se agrava debido al comportamiento hidrodinámico de la Bahía, caños y lagunas, ya que influyen las corrientes superficiales y profundas en la distribución y transporte de estas descargas hasta las playas de Castillogrande, el Laguito y Bahía Interna.

### 5. CONCLUSIONES

1. Las aguas de la Bahía de Cartagena, están siendo afectadas básicamente por cuatro tipos de contaminación; sin embargo, de estas cuatro la producida por vertimientos de aguas negras, del alcantarillado, y el Canal del Dique son las

más preocupantes, ya que en el primer caso, los niveles han sobrepasado los límites permisibles y los efectos sobre la población son directos; mientras que en el segundo caso, el aporte de sedimentos y contaminantes es continuo.

2. Los cuerpos de agua de la bahía de Cartagena sufren alta contaminación microbiológica como consecuencia del incremento del volumen de descargas del alcantarillado y aguas negras directas. De tal manera que la conjugación de las descargas de estos emisores y el régimen de circulación de aguas de la Bahía, favorecen la permanencia de Coliformes en niveles no permisibles en algunos sectores turísticos, principalmente durante el invierno.

3. El estado de la concentración de vertimientos y sustancias en la Bahía es dependiente de la densidad específica de las mismas, aquellas que se mantienen entre la superficie y los primeros 4m de profundidad están sometidas al proceso de intercambio con el mar abierto.

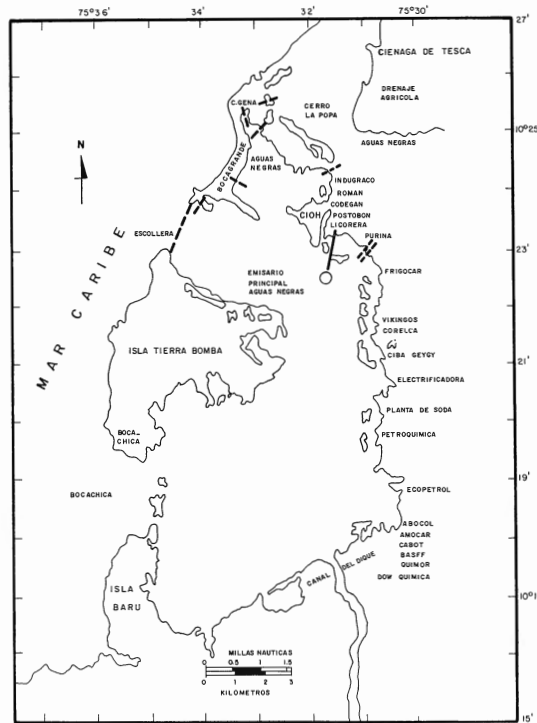
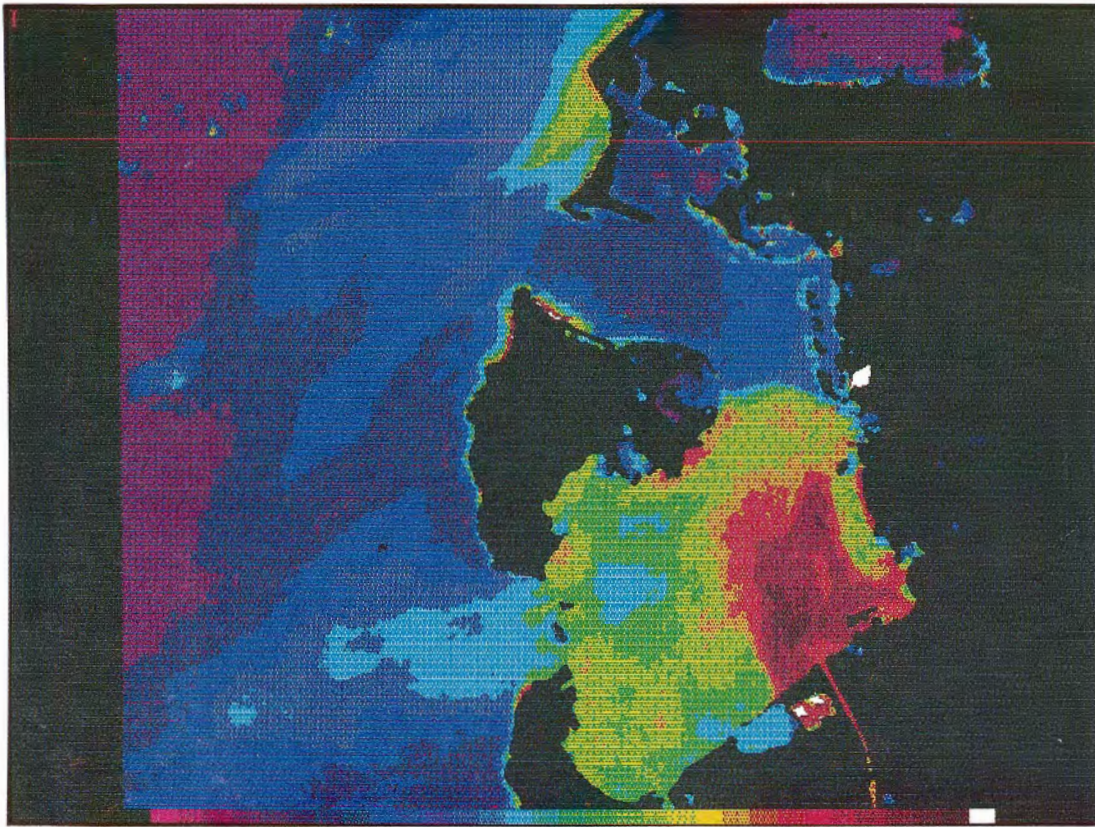


Fig. 6. PRINCIPALES EMISARIOS Y EFLUENTES

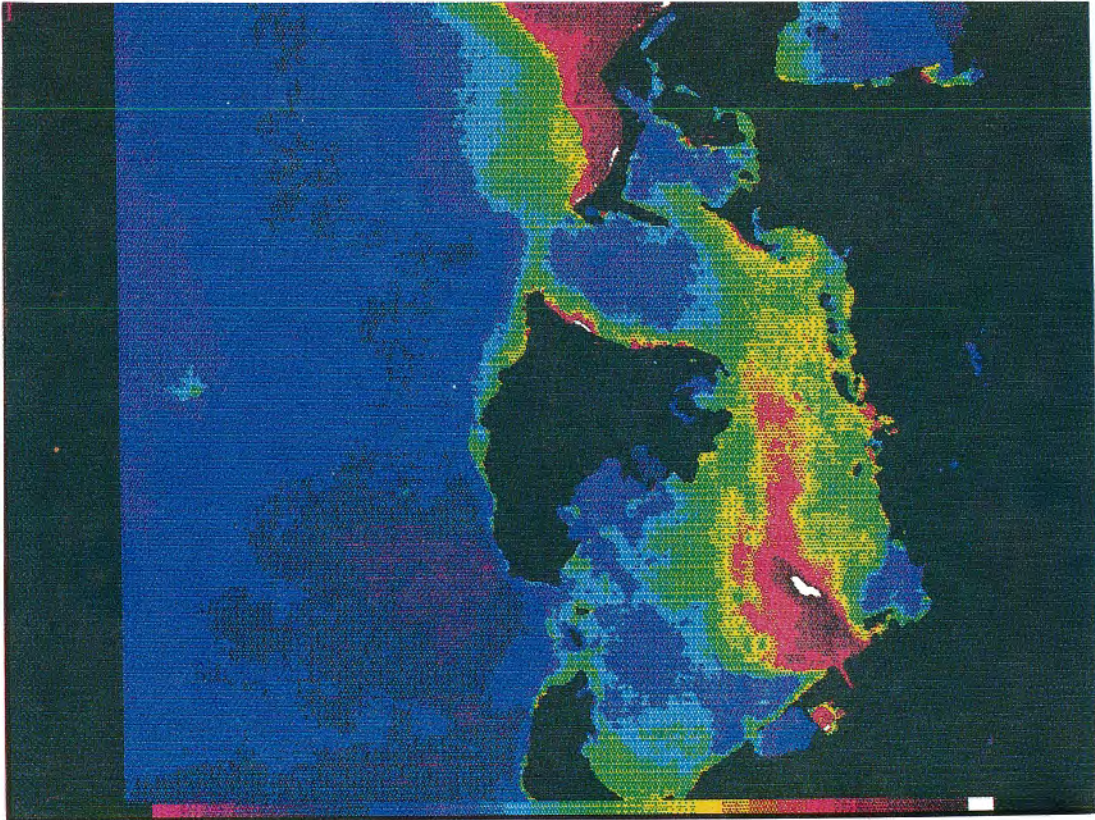




**FOTO A:** SISTEMA ANALISIS DE IMAGENES DE SATELITE  
IMAGEN: SPOT. NOV. 11/87  
AREA: BAHIA DE CARTAGENA  
ESTUDIO: SOLIDOS EN SUSPENSION

SE OBSERVA UNA PEQUEÑA CONCENTRACION EN EL NORTE, OTRA CONCENTRACION MAS SIGNIFICATIVA EN EL SUR, PRODUCTO DE LA PLUMA SEDIMENTARIA DEL CANAL DEL DIQUE QUE LLEGA HASTA EL SUR DE LA ISLA COCOSOLO DONDE ES FRENADA POR LA CORRIENTE QUE ENTRA POR BOCAGRANDE.  
HAY UNA MANCHA QUE ALCANZA A SALIR A LA BAHIA POR BOCACHICA Y EL VARADERO.





**FOTO B:** SISTEMA ANALISIS DE IMAGENES DE SATELITE  
IMAGEN: SPOT. MARZO 27/86  
AREA: BAHIA DE CARTAGENA  
ESTUDIO: SOLIDOS EN SUSPENSION

- SE OBSERVA UNA GRAN CONCENTRACION DE SOLIDOS EN TRES AREAS:
- 1 AL NORTE PRODUCTO DE LA DERIVA LITORAL Y LA EROSION
  - 2 LA PLUMA DEL CANAL DEL DIQUE QUE SE EXTIENDE HASTA LA ISLA DE MANZANILLO
  - 3 DE MENOR GRADO EN EL NORTE DE T. BOMBA PRODUCTO DEL OLEAJE.



## BIBLIOGRAFIA

- GARAY J.A. Jurado E.A. 1981. Contribución al Estudio Oceanográfico Químico de la Bahía de Cartagena. Tesis de grado. Universidad Nacional Bogotá.
- GUILLEN O. Rondan R.I. 1972. Análisis químico y de productividad en el agua de mar. IMARPE, Lima.
- AQUINO R. 1977. Análisis Químico de Agua de Mar por Instrumentación. Proyecto Multinacional de Ciencia del Mar. OEA, IMARPE, Callao, Perú.
- IVANOFF A. 1977. Introducción al'Ocenographie. Libraire Vuibert Paris.
- KLINGEBIEL A., Vernet G. 1976. Marine Geologie Research on the Colombian Caribbean Shelf. Symposium CICAR II, Caracas, Venezuela, p 393-398.
- LARRAS J. 1971 Estuaires, lagunes et delta. Edition Eyrolles Paris.
- LECLER J. P. 1972 Playas de Cartagena. Estudio en Modelo Reducido. Rapport LCHE- LEH. Bogotá, 57p.

Bol. Cient.	Cartagena (Colombia)	No. 10	Mayo 1992	Pág.13 - 26	ISSN 0120-0542
-------------	-------------------------	--------	--------------	-------------	----------------

**CONTAMINACION POR HIDROCARBUROS DERIVADOS DEL PETROLEO  
EN EL LITORAL CARIBE COLOMBIANO  
BAHIA CISPATA HACIA RIOHACHA**

*Por:*  
**Qco. JESUS ANTONIO GARAY. \***  
**Qco. LUZ ANGELA CASTRO\***  
**Bga. CLAUDIA OSPINA\*\***

**RESUMEN**

El presente trabajo corresponde a la Fase III del programa CARIPOL/COLOMBIA, "Vigilancia de la Contaminación por Petróleo en el Caribe y Regiones Adyacentes", actividades que fueron desarrolladas durante 1987 por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), bajo la dependencia de la Dirección General Marítima (DIMAR) y que en esta oportunidad contó con la ayuda financiera del Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales Francisco José de Caldas (COLCIENCIAS), y la participación de otras entidades del Caribe colombiano.

La zona de estudio está comprendida entre bahía Cispatá en el golfo de Morrosquillo y Riohacha en la Guajira. Los análisis de los resultados indican que a pesar de ser bajos los niveles de contaminación comparados con otras áreas costeras del mundo, brindan una visión de como las actividades de movilización, almacenamiento, refinación y usos del petróleo y sus derivados, contribuyen considerablemente al aumento gradual de las concentraciones de hidrocarburos fósiles en los ecosistemas costeros del Caribe colombiano, principalmente los localizados en cercanías de complejos industriales, de puertos petroleros, o bien en la ruta de los tanqueros; siendo la zona de Cartagena la que presenta algún impacto notorio, debido a la presencia de hidrocarburos petrogénicos en sus aguas, en sedimentos recientes y organismos marinos, así como presencia de breas y alquitranes en sus playas.

**ABSTRACT**

*This paper correspond to the third phase of the program "Vigilancia de la Contaminación por petróleo en el Caribe y Regiones Adyacentes" (monitoring of oil pollution in the Caribbean and adjacent regions), CARIPOL/COLOMBIA, studies carried out during 1987 by the Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (Oceanographic and Hydrographic Research Center) CIOH which is under organic dependence of the "Dirección General Marítima y Portuaria (Direction of maritime affairs) DIMAR it also counts whit co-financial support of the Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas" (Colombian Scientific Fund Agency) COLCIENCIAS, and the participation of other Caribbean research entities.*

*The data analysis showed that no matter the low values found in comparison with other coastal areas of the world, is significant how activities such us trasportation, storage, refining and use of oil and its derivates greatly contribute to gradual rise of the concentration of oil pollution on the Colombian Caribbean coastal ecosystems, spcially those pocare close to industrial settlements, oil terminals or tankers router; being the Cartagena region the only one that show a visible impact, due to the presence of petrogenic hydrocarbons in its waters, in recent sediments and marine biota, and also the presents of tar in the beaches.*

\* Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Division Control Contaminación Marina. Apartado Aéreo No. 982 - Cartagena, Colombia  
\*\* Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias - Santafé de Bogotá.



## INTRODUCCION

La dispersión de hidrocarburos del petróleo en el mar como resultado de las necesidades energéticas del hombre, se manifiesta en muchas molestias visibles; en el ensuciamiento de las playas, en el recubrimiento de las aguas superficiales con películas y conglomerados de alquitrán, y en algunos casos con la presencia de aves muertas o moribundas. (Goldberg, 1979) De la misma forma, es evidente la presencia de hidrocarburos disueltos y dispersos en la columna de agua, así como la bioacumulación de estos residuos en sedimentos de la plataforma y organismos marinos.

Es obvio que el impacto de los derrames en el mar es muy variable, y que la zona costera con su gran productividad, es la más severamente dañada durante un derrame de petróleo por los aportes crónicos provenientes de las actividades marítimas, o el transporte, refinación y usos del mismo. La evaluación posterior a los derrames y el continuo monitoreo, son tareas imperativas y sólo con base en ellas puede medirse la magnitud real de los accidentes o los aportes crónicos, y sus efectos posteriores sobre la biota marina, tanto a corto, como a largo plazo. (Bayona. et al., 1983)

Un adecuado programa de investigación de los aportes de hidrocarburos y especialmente los de origen continental a las zonas litorales puede y debe llevarse a cabo analizando las aguas, el material en suspensión, los sedimentos y los organismos marinos, especialmente los indicadores de contaminación (Botello, 1987).

La región Caribe colombiana (figura 1) ofrece especial interés, en vista de que sus ecosistemas costeros, conformados especialmente por estuarios, lagunas costeras, arrecifes coralinos y manglares, constituyen una zona productiva de la cual depende un alto porcentaje de la población de esta zona del país. Por lo tanto, es importante determinar su vulnerabilidad y el impacto a que está siendo sometida por la acción de agentes externos, especialmente residuos del petróleo.

El presente trabajo, auspiciado por DIMAR y Colciencias, corresponde a la III fase del Programa CARIPOL/COLOMBIA realizada durante 1987, y en la cual participaron además del CIOH, la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS) en Cispotá, las Universidades Javeriana de Bogotá,

Guajira en Riohacha, Tecnológica del Magdalena en Santa Marta y Atlántico en Barranquilla.

A través del estudio se indican en forma cualitativa y cuantitativa, los niveles de hidrocarburos petrogénicos y biogénicos en muestras de agua, sedimentos de la plataforma y ostras (*Crassostrea rhizophorae*), en 12 estaciones localizadas en el litoral Caribe colombiano entre bahía Cispotá y Riohacha (figura 1); así mismo se presentan las concentraciones de agregados de alquitrán sobre algunas playas.

Se contribuye con el presente estudio, a obtener una visión general del estado de la contaminación por petróleo y sus derivados en el mar y zonas costeras del Caribe colombiano, para proporcionar un mejor conocimiento de las fuentes, destino y efectos de estos residuos sobre los ecosistemas costeros.

Los autores del presente trabajo expresan sus agradecimientos a las entidades financiadoras como DIMAR - CIOH, Colciencias y la OEA, así como las que colaboraron en la ejecución de actividades de campo, como la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS), la Universidad del Atlántico, la Universidad de la Guajira, la Universidad Javeriana, y la Universidad Tecnológica del Magdalena.

## AREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se desarrolló en el área comprendida entre bahía Cispotá en el extremo suroeste del golfo de Morrosquillo y Riohacha en el Caribe colombiano. (figura No. 1).

Esta zona comprende principalmente las bahías de Cispotá, Barbacoas y Cartagena, las ciénagas de la Caimanera, De la Virgen y Grande de Santa Marta. Existen importantes asentamientos humanos en Coveñas, Tolú, Cartagena, Barranquilla, Santa Marta y Riohacha. Así mismo desembocan en el área los ríos Sinú, Canal del Dique (brazo del Magdalena), Magdalena y Ranchería, además de pequeños afluentes dulceacuículas a lo largo de la costa y especialmente sobre los estuarios durante la época húmeda. En razón de esto existen múltiples actividades, como la pesca artesanal e industrial, la camaricultura, piscicultura y actividades industriales a gran escala, incluyendo el transporte, refinación y usos del

petróleo; así como las actividades marítimas y portuarias, principalmente en Cartagena, Barranquilla y Santa Marta.

La zona del Caribe colombiano está sometida al régimen de los vientos Alisios que definen la época seca, los meses de diciembre hasta abril, durante el cual soplan con gran intensidad y de manera constante en dirección de N-NE (Pujos, et al., 1986). Durante la época húmeda, desde mayo hasta noviembre, los vientos son muy variables tanto en dirección como en fuerza y se caracterizan por su mayor porcentaje en calma y una alta precipitación pluviométrica,

cuya máxima intensidad se alcanza en octubre (el mes más lluvioso del año). El mar Caribe colombiano está influenciado por dos corrientes, la corriente del Caribe y la contracorriente de Panamá. Esta última es muy activa en la plataforma colombiana, dependiendo su alcance hacia el Noreste de las épocas climáticas; se localiza frente al golfo de Urabá durante el período seco, llega durante unos seis meses hasta los alrededores de la desembocadura del río Magdalena, alcanzando su máximo, frente a las costas de la Guajira en los meses de octubre y noviembre (Javelaud, 1986).

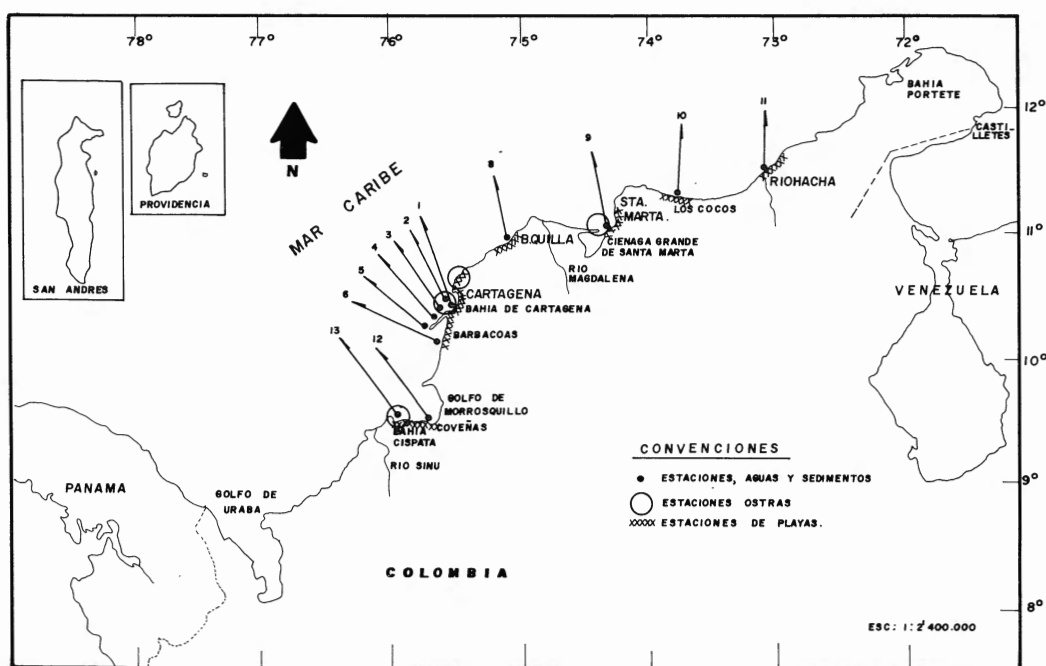


FIG. No. 1. POSICION ESTACIONES DE MUESTREO DE AGUAS, SEDIMENTOS, OSTRAS Y PLAYAS. — CARIPOL / COLOMBIA (FASE. III. 1987) — CIOH. COLCIENCIAS. OEA.

## MATERIALES Y METODOS

Para cumplir con los objetivos del estudio y siguiendo las recomendaciones del Programa CARIPOL/IOCARIBE (Caripol, 1980) y Unesco (Unesco, 1976 y 1984), se establecieron 12 estaciones de muestreo en el mar para el análisis de hidrocarburos en aguas y sedimentos de la plataforma (figura 1), diez estaciones en las playas para análisis de agregados de alquitrán y cuatro estaciones para la recolección de ostras (*Crassostrea rhizophorae*), a las cuales se les determinó los niveles de hidrocarburos alifáticos y aromáticos. Para los análisis de hi-

drocarburos disueltos y dispersos (HDD) en aguas, se desarrollaron diez muestreos, siguiendo las recomendaciones del manual de CARIPOL/IOCARIBE, 1980) y los Manuales y Guías No. 7 y 13 de la Unesco (1984), cuyo principio se fundamenta en la toma de la muestra (aprox. cuatro litros) a un metro de profundidad, la extracción de los HDD con n-hexano y su posterior análisis por fluorometría. Para tal efecto se usó un equipo SHIMADZU modelo 510A.

Para el análisis de hidrocarburos alifáticos y



aromáticos en sedimentos, se llevó a cabo un muestreo durante 1987 (junio) en las 12 estaciones, coincidiendo exactamente con la posición de las estaciones de recolección de agua. Para tal efecto se siguieron las recomendaciones de los Manuales y Guías No.11 de la UNESCO, con las modificaciones y optimizaciones realizadas durante el "Curso CARIPOL sobre análisis de Hidrocarburos en Sedimentos y Organismos", celebrado en la estación Puerto Morelos (México) en noviembre/86, auspiciado por la COI/PNUMA/UNAM y dirigida por el Dr. Joan Albaigés del Instituto de Química Bio-orgánica (C.S.I.C.) de Barcelona. El método incluye la digestión alcalina del homogenizado de la muestra seca, la extracción con n-hexano, el fraccionamiento del extracto en columna de alúmina activada y el análisis de las diferentes fracciones por cromatografía de gases los alifáticos, y por fluorometría los aromáticos.

Para el estudio de hidrocarburos alifáticos y aromáticos en ostras, se desarrolló en 1987 un muestreo (febrero - junio), en las cuatro estaciones antes mencionadas. Para tal efecto se siguieron las recomendaciones de los trabajos del Instituto de Química Bio-orgánica (C.S.I.C.) de Barcelona (Albaigés, et al., 1982), con las optimizaciones realizadas durante el curso CARIPOL de Puerto Morelos (México) en noviembre/86. El método incluye la digestión alcalina del homogenizado de la muestra seca, el fraccionamiento del extracto concentrado en columna de alúmina/gel de sílice y el análisis de las fracciones por cromatografía de gases los alifáticos y por fluorometría los aromáticos.

Para los análisis de los hidrocarburos alifáticos, tanto en sedimentos como en ostras, se usó un equipo SHIMADZU, modelo GC - 7A, con dos columnas empacadas de seis pies de largo por 1/8 pulgada de diámetro, con SE-30 al 3% como fase estacionaria. T. inicial columna: 80° C, T. final columna: 300° C, programa: 8° C/minuto, T. detector: 300° C, T. inyector: 300° C.

Para el estudio de los agregados de alquitrán en las playas (AAP), se siguieron las recomendaciones del Manual de CARIPOL (CARIPOL/IOCARIBE, 1980). El método incluye la selección de playas poco intervenidas por el hombre, la recolección manual de los residuos alquitranosos sobre franjas de playa de un metro de ancho y la limpieza y pesada de dichos residuos, para ser reportados como gr/m de playa.

Los sedimentos se muestrearon mediante el uso de un cono Berthois, se empacaron en papel aluminio y se congelaron hasta su análisis en laboratorio, 15 días después. Las ostras se recolectaron manualmente, se lavaron con agua desionizada (tratada con n-hexano), se empacaron en papel aluminio y fueron congeladas hasta su análisis en los laboratorios del CIOH.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Hidrocarburos Disueltos y Dispersos en Agua (HDD)

La tabla 1 indica los resultados de HDD en aguas para el período de estudio. La desviación standar en este caso, sólo se usa para tener una idea de la dispersión de los datos. Las variaciones de la concentración con el tiempo de algunas estaciones, se representan en la figura 2. En general los valores obtenidos para todas las estaciones, se presentan en forma heterogénea y sin tendencia lógica, a través de los 12 muestreos (figura 2.). Los valores observados se encuentran por debajo de 10 ug/L, que es la norma establecida (UNESCO, 1984), como máximo para aguas superficiales no contaminadas (Celis, et al., 1987). La estación 1 (Manzanillo), localizada dentro de la Bahía de Cartagena, presenta un intervalo entre 0.19 - 8.74 ug/L, siendo el sitio donde se detectaron las mayores concentraciones a través de todo el período de estudio.

Es necesario considerar que Manzanillo por estar localizado dentro de la Bahía de Cartagena, está directamente influenciado por aportes antropogénicos resultantes de las descargas de material orgánico provenientes de los alcantarillados de la ciudad, las descargas industriales de Mamonal y los aportes fluviales provenientes del Canal del Dique (brazo del río Magdalena). Además, en la parte sureste de la Bahía se encuentra la segunda refinería más importante del país que es terminal de desembarque de crudos del interior y del Pacífico colombiano. Así mismo, las actividades marítimas y portuarias son intensas por ser Cartagena uno de los terminales de cabotaje más importantes del Caribe colombiano.

Para las demás estaciones de muestreo, los niveles de HDD son relativamente bajos, comparados con la zona de Cartagena, a través de todo el período de estudio, con valores menores de 5.4 ug/L, lo que hace suponer que

son de origen biogénico (actividad natural de plantas y animales), con alguna influencia de los aportes fluviales del Canal del Dique a través de los canales de Lequerica y Matunilla, en las zonas de Barbacoas, Punta Barú e Islas del Rosario, y en la misma forma del río Ranchería en Riohacha. La razón es que los aportes dulceacuícolas llevan consigo material detrítico en suspensión y material orgánico de diversa naturaleza, de origen diferente al petróleo, los cuales también son sensibles al método de análisis fluorométrico (Celis, et al., 1987).

En términos generales, se presenta un problema localizado en la zona de Cartagena, cuyos niveles de HDD en la columna de agua, están cercanos a los 10 ug/L. Sin tener en cuenta los

valores hallados en estudios anteriores frente a la zona industrial de Mamonal y en la Bahía interna, cuyas cifras están entre 10 - 50 ug/L (Garay, 1986). Por lo tanto, los aportes antropogénicos en la Bahía de Cartagena son la fuente principal de los niveles de HDD en la misma y tienen relación con las actividades marítimas y portuarias, industriales, transporte, refinación y usos del petróleo.

La comparación de los promedios globales obtenidos (tabla 1), con los trabajos realizados en otras partes del mar Caribe y el golfo de México, permite concluir que las áreas litorales de l mar Caribe colombiano no presentan niveles de HDD inquietantes, con excepción de la Bahía de Cartagena.

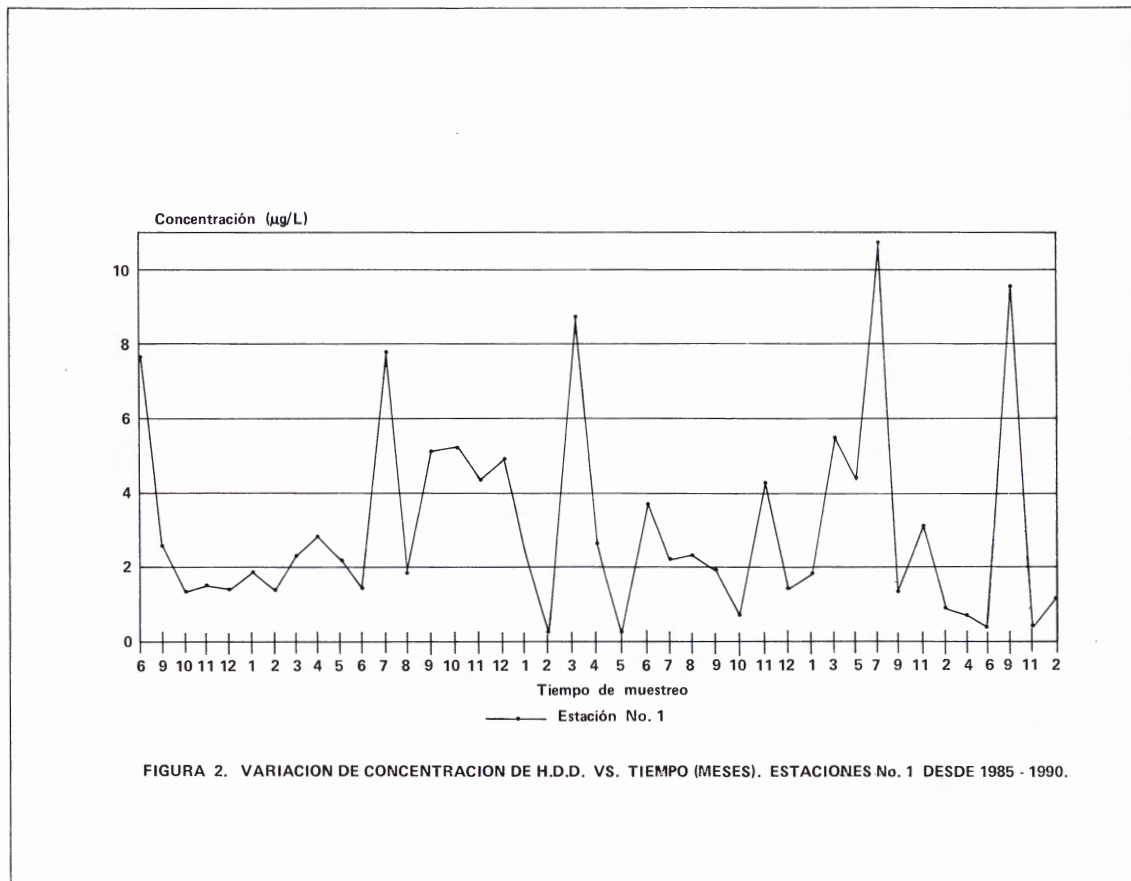


FIGURA 2. VARIACION DE CONCENTRACION DE H.D.D. VS. TIEMPO (MESES). ESTACIONES No. 1 DESDE 1985 - 1990.

### Breas y Agregados de Alquitran en Playas (AAP)

La tabla 2 indica los resultados de APP para el período de estudio, expresados como gr/m, conjuntamente con los promedios y la desviación estandar.

La medición de este parámetro en algunas playas del Caribe colombiano, se realizó como un complemento del Programa de Vigilancia de la Contaminación por HDD, con el fin de esta-



blecer observaciones periódicas que permitan relacionar la presencia o aumento gradual de las concentraciones de estos compuestos o sus variaciones, con el incremento en las actividades petroleras en esas áreas costeras.

Estas mediciones, que son complementarias a los análisis químicos, actualmente se realiza de manera periódica en algunos países que poseen un intenso tráfico de buques petroleros, o bien son productores que necesitan movilizar grandes volúmenes de petróleo crudo y, en otros casos, las observaciones se realizan como datos básicos para un futuro balance de masas de los hidrocarburos fósiles en los océanos mundiales.

Además, según Atwood et al, (1987), después de analizar 6.854 registros de APP, producto de diez años de observaciones de la mayoría de los países del Caribe (Programa CARIPOL/IOCARIBE), existe una clara evidencia, de que las costas de la región del Caribe expuestas al viento están seriamente contaminadas por agregados de alquitrán. Por consiguiente, la vía de transporte de alquitrán son los vientos a través de la región, y el resultado de factores que van más allá del control individual de cada país.

Así mismo, Atwood (1987) afirma, que la experiencia a través de la región indica que cuando las concentraciones de APP alcanzan 10 gr/m, a las personas que las utilizan generalmente se les adhiere a los pies. En concentraciones aproximadas a 100gr/m, las playas se vuelven virtualmente inútiles para fines turísticos. Teniendo en cuenta el hecho de que la economía de muchos países de la región del Caribe depende extensivamente del turismo, la incidencia de una contaminación superior a los 100gr/m, es un problema serio. Son de especial interés las concentraciones de APP de México, Florida y algunas islas del Caribe.

Analizando en forma general las variaciones de concentración de estos compuestos en algunas playas del Caribe colombiano, se observó la presencia de APP en Manzanillo, playa de Las Monjas, Playa Blanca y punta Barú; ésta zona comprende Cartagena y áreas adyacentes; no hay evidencias de presencia de estos residuos petrolíferos en las demás playas estudiadas del Caribe colombiano, a lo largo de los 12 meses de muestreo.

Las más altas concentraciones se presentan en las playas de Manzanillo y Playa Blanca con un

intervalo entre 0.6 - 54.3 g/m y promedios de 13.7 y 7.3 g/m respectivamente. Lo cual se explica, por estar situada la primera dentro de la Bahía de Cartagena, cerca a posibles fuentes que vierten residuos petrolíferos a la misma. Además, esta playa está expuesta al viento durante todo el año, para la época seca soplan los Alisios y en parte de la época húmeda por los vientos del Suroeste. Así mismo, Playa Blanca está expuesta a los Alisios los primeros meses del año, que es cuando se presentan las más altas concentraciones del período de estudio para ese sitio.

En un análisis global de toda la zona estudiada, los resultados anteriormente expuestos, a pesar de que son muy bajos comparados con los obtenidos en otras áreas del mundo, nos brindan una clara visión de como las actividades de movilización, almacenamiento y refinación del petróleo crudo contribuyen de una manera considerable al aumento gradual de las concentraciones de hidrocarburos fósiles en los ecosistemas costeros del Caribe colombiano, principalmente en aquellos que se encuentran localizados en las cercanías de complejos industriales, de los puertos petroleros, o bien de la ruta de los tanqueros, siendo la zona de Cartagena la que presenta algún impacto notorio en sus costas debido a la presencia de hidrocarburos petrógenicos en forma de brea y alquitranes.

#### **Hidrocarburos Alifáticos y Aromáticos en Sedimentos**

Los resultados obtenidos para hidrocarburos alifáticos, aromáticos y totales en sedimentos recientes del área de estudio se reportan en la tabla 3. Los cromatogramas para las fracciones alifáticas en las figuras 3 y 4.

De los resultados obtenidos se deduce que en el área del Caribe colombiano, las concentraciones más altas de hidrocarburos en sedimentos marinos recientes, pertenecen a la estación 1, localizada en la bahía de Cartagena (Manzanillo), y en menor escala la estación 2 localizada en Bocagrande, una de las dos entradas que comunican la bahía con el mar Caribe.

En el caso de Manzanillo, se presentó una concentración de 61.09ug/g de hidrocarburos totales, predominando principalmente los hidrocarburos alifáticos no resueltos (57.33 ug/g), lo cual es evidencia clara de que provienen

de aportes petrogénicos producto de las actividades marítimas y portuarias, transporte, refinación y uso del petróleo y actividades petroleras (Farrington y Quinn, 1973), tal como sucede en la Bahía de Cartagena.

El cromatograma para esta muestra (figura 3), presenta una serie homóloga de hidrocarburos alifáticos resueltos (n-parafinas) que van desde el C16 hasta aproximadamente el C31, sin predominio aparente de los impares sobre los pares, y dispuestos sobre una gran envolvente (HNR), la cual está compuesta de una mezcla compleja de hidrocarburos biogénicos con los de tipo petrogénico, características típicas de zonas influenciadas por aportes petrolíferos (Botello, 1987) (Albaigés, et al, 1982).

En las estaciones 3,4,8,9,10,12 y 13 localizadas en Las Monjas (Bocachica), frente a Playa Blanca, Puerto Colombia (Barranquilla), Ciénaga Grande, Los Cocos y golfo de Morrosquillo, se presentaron concentraciones de hidrocarburos relativamente bajas, comparadas con la estación de Manzanillo, pues los valores están en un rango entre 0.4 a 4.5ug/g.

Los cromatogramas de estas muestras de sedimentos (figura 3 y 4), muestran una serie de picos muy pequeños que van desde el C16 hasta el C31, y dispuestos sobre una línea casi recta, sin envolvente apreciable. Lo cual es típico de áreas costeras no contaminadas (Cooper y Bray, 1983; Albaigés, 1982; Botello, 1987). Además, indica que una fracción de los hidrocarburos presentes se debe a la presencia de organismos asociados a los sedimentos o al aporte de material orgánico y/o detritus de plantas terrestres, más que a algún tipo de impacto ambiental ocasionado por aportes antropogénicos. De tal manera que en estos sitios, la existencia de hidrocarburos en los sedimentos es más debida a actividades biogénicas que a aportes antropogénicos.

En las estaciones 11 y 6 localizadas en Riohacha y frente a punta Barbacoas, se presentan también bajas concentraciones de hidrocarburos, comparadas con las obtenidas en Manzanillo, los valores fueron de 5.18 y 6.14ug/g respectivamente.

Los cromatogramas de los n-alcanos de estas muestras presentan una serie de picos resueltos de n-parafinas que va desde el C17 hasta el C31 aproximadamente, con un claro predominio de aquellas parafinas de átomos de carbono impar,

lo cual es común para sedimentos marinos recientes y dulceacuícolas libres de contaminación por petróleo (Clarck y Blumer, 1967) (Blumer y Sass, 1972) (Giger y Blumer, 1974) (Botello, 1987).

Por lo anterior, y teniendo en cuenta que la dirección de las corrientes y los procesos de sedimentación en la bahía de Barbacoas (Leble y Cuignon, 1987) por los aportes del Canal del Dique, se hace en la dirección de las Islas del Rosario durante una época y hacia el suroeste durante la otra, además la estación de Riohacha está situada muy cerca de la desembocadura del río Ranchería, se concluye que para las dos estaciones, en las concentraciones de hidrocarburos encontradas, predomina una mezcla de tipo biogénica con los aportes dulceacuícolas.

En terminos generales, y por lo anteriormente discutido, el aporte de los hidrocarburos petrogénicos a los sedimentos del área de estudio en el Caribe colombiano, se produce específicamente en la Bahía de Cartagena, donde existen importantes vertimientos antropogénicos de las numerosas actividades antes mencionadas. A pesar de todo, se cree que los niveles de hidrocarburos del petróleo en los sedimentos de la bahía, son moderados, comparados con los encontrados en otras áreas del mundo, como los del golfo de México entre 42-232ug/g (Gearing, 1976), río Coatzacoalcos (México) con valores entre 89-2623ug/g (Botello, 1986) o el puerto de Nueva York con 1-2900ug/g (parker, 1974), entre otros.

De tal manera que la problemática de la contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo en el área estudiada del Caribe colombiano, está principalmente localizada en la Bahía de Cartagena.

#### **Hidrocarburos Alifáticos y Aromáticos en Ostras (*Crassostrea rhizophorae*)**

Los resultados obtenidos para hidrocarburos alifáticos, aromáticos y totales en ostras, se muestran en la tabla 4.

Los sitios de muestreo se localizaron en la entrada de la Ciénaga de Tesca al noreste de Cartagena, en la entrada de la Ciénaga Grande de Santa Marta, a la entrada de Ciénaga Honda al sur de la Bahía de Cartagena y en bahía Cispatá al suroeste del golfo de Morrosquillo.



De los resultados obtenidos se deduce fácilmente que las mayores concentraciones se presentaron en las ostras recogidas en ciénaga Honda al sur de la Bahía de Cartagena, con un valor de 81 ug/g. Mientras que para las especies recogidas en las demás estaciones, los valores parecen no variar significativamente de uno a otro lugar y se encuentran en un rango entre 38,49 a 49, ug/g, valores que corresponden aproximadamente a la mitad el obtenido en Ciénaga Honda.

El cromatograma obtenido para las ostras recogidas en ciénaga Honda, se presenta una serie de picos resueltos de n- parafinas del C15 al C35, distribuidos sobre una amplia envolvente de hidrocarburos no resueltos (HNR), característica ésta última, de muestras con algún contenido de hidrocarburos de origen petrogénico. Mientras que en los cromatogramas de las muestras recogidas en Ciénaga Grande, bahía Cispatá y ciénaga de Tesca, la HNR es significativamente menor y no presentan una serie homóloga completa y definida sino dos series cortas de C16 al C22 y finalmente tres picos bien definidos correspondientes al C33, C34 y C35, estos últimos no aparecen en el cromatograma de la muestra de ciénaga de Tesca.

Esto permite corroborar lo anteriormente expuesto en HDD, AAP e hidrocarburos en sedimentos recientes, problemática que está afectando de alguna forma, las especies de ostras localizadas en Ciénaga Honda, al sur de la Bahía de Cartagena.

Sin embargo, para el caso de las ostras, el presente es un estudio preliminar que pretende dar a conocer los niveles actuales de hidrocarburos en las mismas. No se dispone de información sobre estudios realizados anteriormente para estos organismos a nivel nacional, por tanto debe servir de referencia para futuros trabajos de monitoreo de hidrocarburos en organismos marinos.

A nivel internacional, tampoco se dispone de información sobre estudios en Crassostrea rhizophorae, sino en otros bivalvos como el Mytilus galloprovincialis, Ostrea edulis, M. edulis y otros, los cuales han sido estudiados extensamente en la costa californiana y en el delta del río Ebro en el Mediterráneo español (Risebrough, et al., 1983), donde se reportan valores entre 18 a 810 ug/g en organismos colectados en la costa española y

entre 9 a 410 ug/g para algunas especies de estos organismos colectados en la costa de California; valores que superan los obtenidos en el presente estudio.

## CONCLUSIONES

En general los valores de HDD en aguas para todas las estaciones muestreadas, se presentan en forma heterogénea y sin alguna tendencia lógica a través de todo el periodo de estudio. Los niveles de concentración observados están todos por debajo de 10 ug/L, que es la norma establecida por la UNESCO (1976), como máximo para aguas superficiales no contaminadas se presentan las mayores concentraciones del periodo de estudio, en la estación 1 con valores entre 19-8. 74 ug/L y promedio de 2.6; sitio localizado dentro de la Bahía de Cartagena, e influenciado directamente por todas las actividades que aquí se desarrollan. Además estos valores relativamente altos, se presentan hacia los meses de febrero y marzo, época seca, caracterizada por la influencia de los vientos Alisios del noreste, que son la causa principal del movimiento de masas de aguas superficiales que transportan y dispersan gran parte de los residuos petrogénicos en el medio acuático del Caribe colombiano y especialmente en la zona de Cartagena.

Las concentraciones de HDD obtenidas en las estaciones localizadas en el golfo de Morrosquillo, en Barranquilla, Santa Marta y Riohacha, son relativamente bajas comparadas con las obtenidas en la Bahía de Cartagena. Su origen es posiblemente de fuentes biogénicas y material orgánico y/o detritus a través de descargas dulceacuícolas del río Magdalena y Ranchería.

En términos generales, analizando globalmente toda el área estudiada, y comparada con datos reportados en otras áreas del mundo, se concluye que a excepción de la Bahía de Cartagena, el litoral Caribe colombiano no presenta niveles inquietantes de HDD.

Se presentan APP en las estaciones localizadas en Cartagena y zonas adyacentes. Se registran las más altas concentraciones en la estación de Manzanillo (Bahía de Cartagena), con un intervalo entre 0.6-54.3 g/m de playa y un promedio de 13.7 g/m. Así mismo, se presentaron APP en las Monjas, Playa Blanca y Punta Barú, con un rango entre 0-22.7 g/m, los

cuales son relativamente bajos comparados con los de la Bahía de Cartagena y otras áreas del mundo. No hay evidencias de estos residuos petrogénicos en el golfo de Morrosquillo, en Barranquilla, Santa Marta y Riohacha. Se atribuye este comportamiento al régimen de vientos y corrientes de la zona, los cuales son aparentemente determinantes en el transporte y depositación de APP sobre las playas del Caribe colombiano.

Las más altas concentraciones de hidrocarburos en sedimentos recientes de toda el área de estudio se presentaron en la estación de Manzanillo (Bahía de Cartagena), con un valor de 61.09 ug/g de hidrocarburos totales (aromáticos y alifáticos). En las demás estaciones los valores oscilan entre 0.4-8 ug/g de hidrocarburos totales (aromáticos y alifáticos). Los resultados obtenidos para hidrocarburos en sedimentos y con el análisis cromatográfico obtenido para la estación de Manzanillo (Bahía de Cartagena), evidencia clara de que los niveles de hidrocarburos detectados en esta área, provienen de aportes antropogénicos, producto de la actividad marítima y portuaria, transporte, refinación y usos del petróleo, y actividades industriales secundarias, ligadas a las actividades petroleras como la zona industrial de Mamonal, dentro de la Bahía de Cartagena. Este aporte es de carácter crónico y por tanto, es de espera que los niveles de hidrocarburos en los sedimentos de la bahía siga aumentando gradualmente, sin tener en cuenta además, los aportes por accidentes que suceden con frecuencia dentro de la misma. Los niveles de hidrocarburos en los sedimentos recientes del resto de estaciones del área de estudio en el Caribe colombiano, son relativamente bajos comparados con los de la Bahía de Cartagena y su origen se debe a los aportes biogénicos, a la presencia de material orgánico y/o detritus de plantas y animales terrestres, a la presencia de organismos asociados a los sedimentos y significativamente a los aportes dulceacuicolas del río Magdalena, Canal del Dique y río Ranchería, más que algún tipo de impacto ambiental ocasionado por aportes petrogénicos.

Las mayores concentraciones de hidrocarburos en ostras del área de estudio en el Caribe colombiano, se presentaron en los organismos recogidos en Ciénaga Honda dentro de la Bahía de Cartagena, con un valor de 81 ug/g. Mientras que en las muestras recogidas en bahía Cispatá, ciénaga de Tesca y Ciénaga Grande de Santa

Marta, los valores se presentan aproximadamente constantes, en un rango entre 38.5 a 49.2 ug/g, éste promedio corresponde a la mitad del valor obtenido para las muestras de ciénaga Honda.

Lo anterior permite concluir, que las actividades desarrolladas dentro de la Bahía de Cartagena, derivadas del intenso tráfico marítimo y portuario, así como el transporte, refinación y usos del petróleo en la zona, las cuales generan aportes petrogénicos a la misma, están causando algún impacto sobre las especies de ostras localizadas en Ciénaga Honda, las cuales también están expuestas a los aportes dulceacuicolas del Canal del Dique, principalmente durante la época de verano.

Los datos sobre hidrocarburos en ostras del Caribe colombiano obtenidos en el presente trabajo, son una base preliminar para futuros monitoreos, a fin de estudiar tasas de bioacumulación en organismos indicadores, tal como lo describe Gohberg (1979) y White (1984). Además, es un medio de determinar puntos calientes o áreas críticas, en el litoral Caribe y Pacífico colombiano.

En un análisis más global, con respecto a HDD y APP, los resultados obtenidos a pesar de que son bajos, comparados con otras áreas del mundo, nos brindan una clara visión de como las actividades del tráfico marítimo y portuario, así como la movilización, refinación y usos del petróleo crudo y sus derivados, contribuyen de una manera considerable al aumento gradual de las concentraciones de hidrocarburos fósiles en los ecosistemas costeros del Caribe colombiano, principalmente en aquellos que se encuentran localizados en cercanías de complejos industriales, de los puertos petroleros, o bien de las rutas de los tanqueros, siendo la zona de Cartagena la que presenta algún impacto notorio en sus aguas y sus costas, debido a la presencia de hidrocarburos en forma disuelta y dispersa en el agua, breas y alquitranes en las playas, así como hidrocarburos alifáticos y aromáticos en sedimentos y ostras.

Por último, lo más importante del presente estudio, es haber obtenido una imagen global de la mayor parte del litoral Caribe colombiano, con respecto a la incidencia de los residuos petrogénicos sobre sus ecosistemas costeros, especialmente en la Bahía de Cartagena. Además, el hecho de haber detectado hidro-



carburos de origen petrogénico, especialmente aromáticos, en aguas, sedimentos y ostras del área de estudio, aunque en concentraciones

muy pequeñas, es un punto inquietante, puesto que son las fracciones de petróleo más tóxicas sobre los organismos marinos (Martínez, 1987).

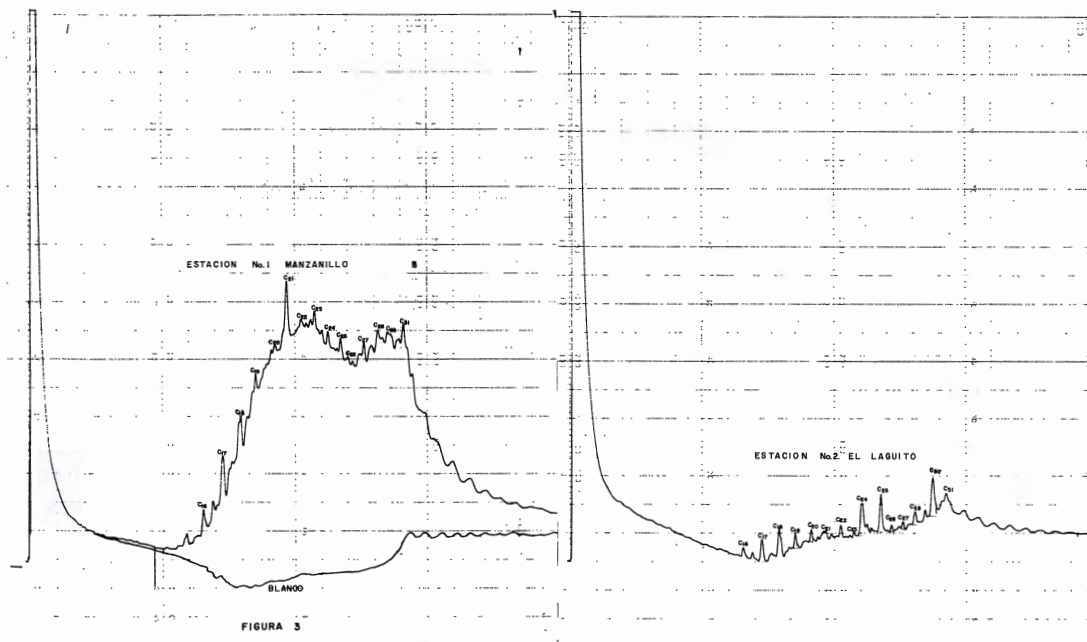


FIGURA 3

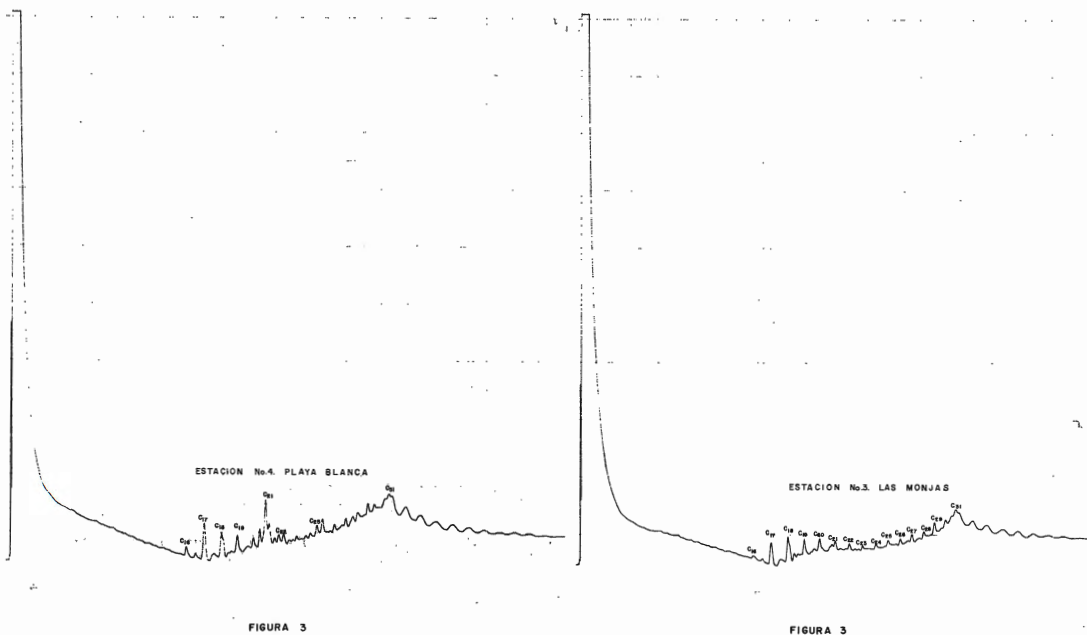


FIGURA 3

FIGURA 3

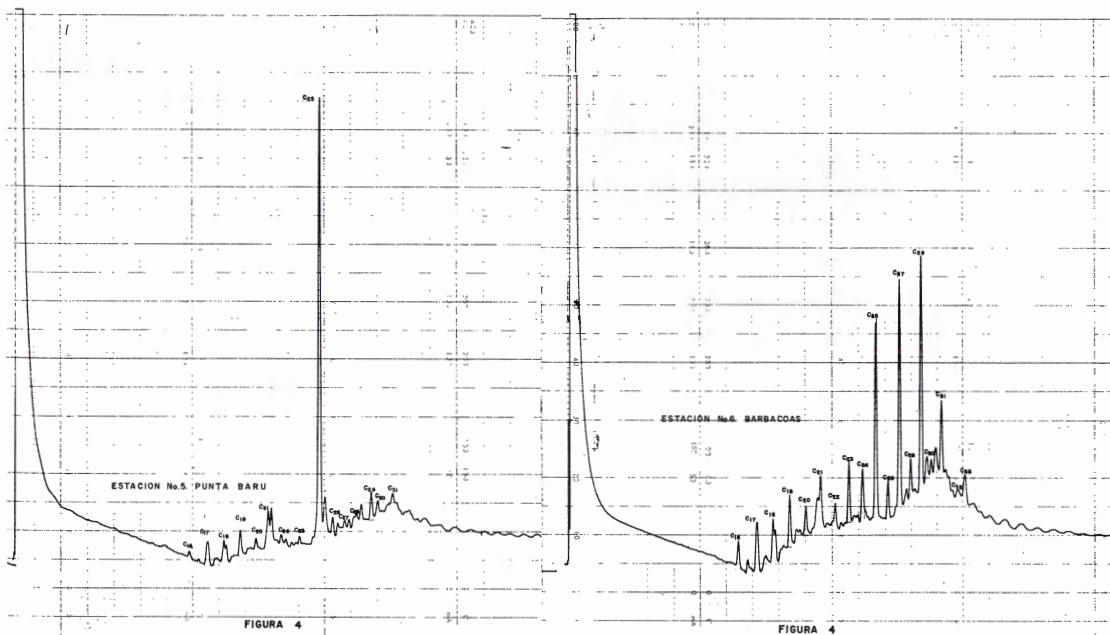


TABLA No. 1 INTERVALOS, PROMEDIOS Y DESVIACION ESTANDAR DE LOS HDD EN AGUA DEL CARIBE COLOMBIANO (ug/L).

NOMBRE DE LA ESTACION	NUMERO DE DATOS	INTERVALO	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR
1 - MANZANILLO	12	0,19 - 8,74	2,6	2,21
2 - EL LAGUITO	12	0,30 - 4,81	1,32	1,42
3 - LAS MONJAS	12	0,23 - 2,67	1,08	0,82
4 - PLAYA BLANCA	12	0,07 - 2,46	0,63	0,62
5 - PUNTA BARU	11	0,12 - 5,40	1,09	1,45
6 - BARBACOAS	10	0,13 - 4,88	0,88	1,37
7 - PUERTO COLOMBIA	6	0,24 - 2,16	0,99	0,66
8 - CIENAGA GRANDE	7	0,21 - 3,54	1,11	1,11
9 - LOS COCOS	7	0,13 - 3,51	0,81	1,11
10- MUELLE RIOHACHA	9	0,18 - 3,19	0,77	0,91
11- LA CAIMANERA	11	0,21 - 1,87	0,73	0,54
12- BAHIA CISPATA	11	0,13 - 1,99	1,74	0,5

TABLA No. 2 INTERVALOS PROMEDIOS Y DESVIACION ESTANDAR DE LOS AGREGADOS DE ALQUITRAN EN PLAYAS (APP) DEL CARIBE COLOMBIANO (gr/m).

NOMBRE DE LA ESTACION	NUMERO DE DATOS	INTERVALO	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR
1 - MANZANILLO	12	0,6 - 54,3	13,7	18,5
2 - LAS MONJAS	11	0 - 5	1,53	1,72
3 - PLAYA BLANCA	11	0 - 22,7	7,3	8,2
4 - PUNTA BARU	10	0 - 12,7	2,92	4
5 - PUERTO COLOMBIA	7	0	0	0
8 - LOS COCOS	7	0	0	0
10- RIOHACHA	8	0	0	0
12- LA CAIMANERA	8	0	0	0
13-BAHIA CISPATA	8	0	0	0



TABLA 3 CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS AROMATICOS Y ALIFATICOS EN SEDIEMENTOS MARINOS RECIENTES DEL CARIBE COLOMBIANO ( $\mu\text{g/g}$ ).

NOMBRE DE LA ESTACION	AROMATICOS	ALIFATICOS RESUELTOS	ALIFATICOS NO RESUELTOS	TOTAL
1 - MANZANILLO	3,03	0,73	57,33	61,09
2 - EL LAGUITO	0,22	0,25	7,75	8,22
3 - LAS MONJAS	0,08	0,23	2,75	3,06
4 - PLAYA BLANCA	0,29	0,14	3,8	4,23
5 - PUNTA BARU	0,19	2,3	1,8	4,29
6 - BARBACOAS	1,28	0,76	4,1	6,14
8 - PUERTO COLOMBIA	0,2	0,06	1,7	1,96
9 - CIENAGA GRANDE	0,19	0,46	1,4	2,05
10- LOS COCOS	0,01	0,15	0,33	0,49
11- MUELLE RIOHACHA	0,85	0,083	3,5	5,18
12- LA CAIMANERA	0,09	0,03	0,79	0,91
13- BAHIA CISPATA	0,38	0,12	0,92	1,42

LOS RESULTADOS ESTAN EXPRESADOS EN BASE SECA.

TABLA No. 4 CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS AROMATICOS Y ALIFATICOS EN OSTRAS (*Crassostrea rhizophorae*) DEL CARIBE COLOMBIANO

NOMBRE DE LA ESTACION	AROMATICOS	ALIFATICOS RESUELTOS	ALIFATICOS NO RESUELTOS	TOTAL
CIENAGA DE LA VIRGEN	12,76	3,52	22,21	38,49
CIENAGA HONDA	6,28	16,64	58,03	81
CIENAGA GRANDE	1,01	18,58	29,66	49,21
BAHIA CISPATA	0,55	18,7	27,63	46,88

## BIBLIOGRAFIA

- ALBAIGES, J. ET AL. 1982. Identificación y cuantificación de hidrocarburos en muestras biológicas. Separata IV Congreso nacional de Química Sanitaria. Barcelona España p: 957-964.
- ATWOOD D.K. et al 1987. Results of the CARIPOL petroleum pollution monitoring project in the wider Caribbean. Marine Pollution Bulletin, Vol. 18, No. 10 pp. 540-548, 1987.
- BAYONA, J.M. et al 1983. Aportes de hidrocarburos alóctonos y autóctonos a la plataforma continental mediterránea. Ed J. Castellvi. Cadiz 1983 p. 333-343.
- BLUMER, M. and J. Sass. 1972 Oil Pollution: Persistence and degradation of spilled fuel oil. Science, 176: 1120-1122.
- BOTELLO, A.V. 1987. Programa de vigilancia de los hidrocarburos fósiles en sedimentos del Golfo de México y Caribe mexicano: 1978 - 1984. Carib. J. Sci., Vol. 23, No. 1:29-39 Mayaguez. P.R.
- CARIPOL/IOCARIBE 1980. Manual de CARIPOL para la contaminación por petróleo. IOCARIBE. Publicado por NOAA Miami Fl. 33149 USA.
- CLARK, R.C. and M. Blumer, 1967 Distribution of n-parafins in marine organisms and sediments. Limnol Oceanogr. 12: 79-87.
- CELIS, L. et al 1987. Actividades del proyecto CARIPOL en la zona costera de México: Hidrocarburos disueltos. Carib. J. Sci. 23 (1): 11-18 (1987) Mayaguez, Puerto Rico.
- CORTES, J.M. et al 1987. Actividades del proyecto CARIPOL en la zona costera de México; Breas y alquitranes en playas. Carib. J. Sci. 23 (1): 19-28 (1987). Mayaguez, Puerto Rico.
- CUBERES, M.R.; Albaigés, J. 1975. Control de la contaminación marina por hidrocarburos y su aplicación al litoral Mediterráneo español. I. Congreso Iberoamericano del Medio Ambiente. Barcelona.
- FARRINGTON, J.W. and J.C. Quinn. 1973 petroleum hydrocarbons in Narragansett bay: Survey of hydrocarbons in sediments and clams (Mercenaria mercenaria) Estuar. Coastal mar. Sci 1: 71-79.
- GARAY, J.A. Vigilancia de la contaminación por petróleo en el Caribe colombiano (Punta Canoas hasta Barbacoas, Cartagena, Colombia). Carib. J. Sci., 23(1): 51-63 (1987) Mayaguez, Puerto Rico.
- GIGER, W. and Blumer. 1974. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the environment: isolation and characterization by chromatography, visible, ultraviolet and mass spectrometry Anal. Chem, 46: 1663-1671.
- GOLDBERG, E.D. 1978. The mussel watch environ. Conser. 5:101-125.
- 1979. "La Salud de los océanos". Impreso en Madrid, España, UNESCO 1979.
- JAVELAUD, O. 1986. Sedimentología de la plataforma continental del Caribe colombiano. Bol. Cient. CIOH, No. 6 pp. 17-39 Cartagena, Colombia.
- LEBLE, S, Cuignon, R. 1987. El Archipiélago de las Islas del Rosario, estudio morfológico hidrodinámico sedimentológico. Bol. Cient. No. 7: 37-52 (1987). Cartagena Colombia.
- MARTINEZ, M.; Martínez, B.M. 1987. Distribución de hidrocarburos aromáticos polinucleares en el litoral norte de las provincias de la Habana y Matanzas, Cuba. J. Sci., 23 (1): 85-92 (1987). Mayaguez, Puerto Rico.
- PUJOS, M. et al. 1986. Influencia de la contracorriente Norte colombiana para la circulación de las aguas en la plataforma continental: su acción sobre la dispersión de los afluentes en suspensión del río Magdalena, Bol. Cient. CIOH., No. 6 pp: 3-15. Cartagena, Colombia.
- RISEBROUGH, R.W. et al., 1983. Application of the mussel watch concept in studies of the distribution of hydrocarbons in the coastal zone of the Ebro Delta Marine Pollution Bulletin, Vol. 14, N.S. pp. 181-187, 1983.



UNESCO 1982. Determinación de los hidrocarburos del petróleo en sedimentos. COI/PNUMA, Manuales y Guías No. 11 COI.

-----  
1984. Manual para la vigilancia del aceite y los

hidrocarburos del petróleo disueltos o dispersos en el agua de mar y en las playas. Procedimientos para el componente petróleo del sistema de vigilancia de la contaminación del mar (MARPOL-MON-P). Manuales y Guías No. 13 COI/OMN 1984.

Bol. Cient.	Cartagena (Colombia)	No. 10	Mayo 1992	Pág 27 -36	ISSN 0120-0542
-------------	-------------------------	--------	--------------	------------	----------------

**ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL  
NORPACIFICA COLOMBIANA  
(BAHIA DE BUENAVENTURA - FRONTERA CON PANAMA)**

*Por:*  
**TN. Amparo Molina\***  
**Marc Luis Mirmand\*\***

**RESUMEN**

Los análisis batimétricos y sedimentológicos de esta zona de la plataforma continental pacífica colombiana, permiten conocer la influencia de la morfología sobre la cobertura superficial.

La distribución sedimentaria resulta de la acción de las corrientes oceánicas que erosionan las cuchillas submarinas y posteriormente reparten este material sobre la plataforma junto con la sedimentación aportada por los ríos.

La tectónica actual es responsable de todas las características morfológicas submarinas como cañones, surcos, viejas desembocaduras, cambio del curso de los ríos, plataformas muy empinadas o ausencia de las mismas.

**ABSTRACT**

*The bathimetric and sedimentologic analysis of the Colombian Pacific continental shelf have been used to know the relationship between the morphology and the of the superficial sediments distribution*

*The sedimentary distribution is the result of the ocean currents which erodes the submarine grooves and then distributes these materials in the shelf, mixing up with the river's sediments.*

*The present tectonic is responsible of all the morphologic characteristics such as submarines canyons, grooves, old mouths of river, change of river's course, very steep shelf o absence of shelf.*

**INTRODUCCION**

El presente trabajo corresponde a la sexta parte del programa "Estudio sedimentológico de las plataformas continentales colombianas" que viene desarrollando el CIOH en cooperación con la Misión Técnica Francesa desde 1979. Está enmarcado dentro del Plan de Desarrollo de las Ciencias y Tecnologías del Mar en Colombia (PD-CTM) - Programa No. 4. La financiación estuvo a cargo del CIOH-DIMAR y el Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas" - COLCIENCIAS.

El objetivo principal de esta investigación es

producir las cartas de repartición sedimentológica sobre el sector norte de la plataforma continental pacífica colombiana con base en el conocimiento de las diferentes facies sedimentarias de la cobertura superficial, relacionadas con las características morfológicas de dicha plataforma.

**AREA DE ESTUDIO**

El trabajo se realizó en el sector norte de la plataforma continental pacífica colombiana comprendida entre Buenaventura (3° 30' N, 75° 45' W) y la frontera con Panamá ( 7° 15' N,

\* Ingeñiero Geólogo. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. A.A. 982 Cartagena - Colombia.  
\*\* Geólogo. Misión Técnica Francesa



78° 15" W). Dicha plataforma corresponde al extremo NW suramericano(fig.1).

## MATERIALES Y METODOLOGÍA

El estudio se realizó durante el crucero oceanográfico PACIFICO X-ERFEN VII, desarrollado entre el 23 de marzo y el 24 de abril/ 87 a bordo del buque oceanográfico ARC "Providencia".

Utilizando una ecosonda ELAC de 12.5 KHz se efectuó un levantamiento batimétrico del área con base en 26 perfiles perpendiculares a la costa, los cuales permitieron determinar características morfológicas de la plataforma. Como complemento de los estudios sedimentológicos se realizaron 16 núcleos de perforación utilizando GRAVITY CORE del ARC "Providencia". En el laboratorio de geología del CIOH se efectuaron los análisis granulométricos de las arenas por medio de una columna de tamices tipo Tyler. El contenido de carbonato de calcio se determinó a través del calcímetro BERNARD.

Para el estudio sedimentológico se elaboró una red de muestreo con estaciones separadas 2.5 millas entre sí.

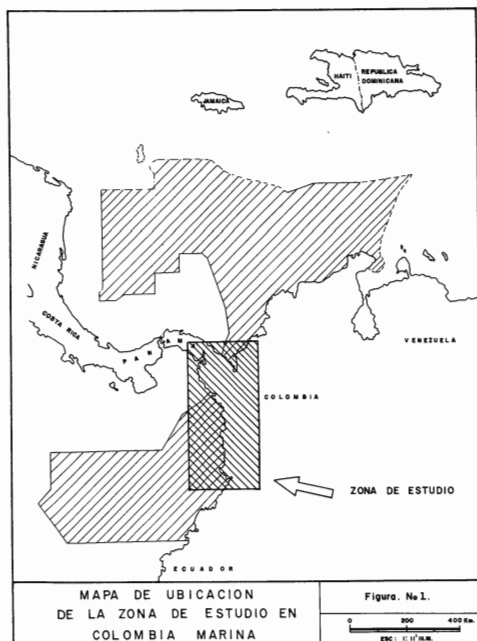


TABLA1-Clasificación de los sedimentos.

	0 - 10	10 - 90	90 - 100
% arena	lodos	arenas lodosas	arenas
% CaCO <sub>3</sub>	lodos	arenas lodosas	arenas
terrígeno	terrígenos	arenas lodosas terrígenas	arenas terrígenas
15 carbonatado	lodos carbonatados	arenas lodosas carbonatadas	arenas carbonatadas
60 biógeno	lodos biógenos	arenas lodosas biógenas	arenas biógenas
100			

En total, se recolectaron 369 muestras de sedimentos superficiales por medio de una draga SHIPECK en profundidades entre los 15 y 200m y con un cono BERTHOIS a lo largo del litoral en profundidades inferiores a los 15m.

Para la caracterización del sedimento se utilizaron dos parámetros: Índice arenoso y porcentaje de carbonato de calcio. La repartición de las litofacies se determinó de acuerdo con la nomenclatura establecida por Vernet (1985), para los sedimentos de la plataforma Caribe.

para el estudio microgranulométrico se utilizó un SEDIGRAPH 500 COULTRONICS de la Universidad de Bordeaux.

## **II. MARCO CLIMATICO Y GEO-TECTONICO DEL OCCIDENTE COLOMBIANO**

### **1. MARCO CLIMATICO DEL OCCIDENTE COLOMBIANO.**

Geográficamente el área está localizada en la zona de confluencia intertropical o calma ecuatorial. Allí se encuentran los Alisios del NE y SE, que por efecto de la cordillera andina son desviados de su curso normal en dirección al E, dando como resultado la unión de dos corrientes frente al Chocó.

El factor más sobresaliente de la región es la pluviometría puesto que presenta una precipitación media anual que pasa los 9.000 mm. haciéndola una de las más altas del mundo. (IGAC, 1983).

Morfológicamente se distinguen tres cordones de relieve identificados E a W: cordillera Occidental, serranías de Chajeadó y Baudó; ésta última se divide en serranía de los Saltos y cordillera de Juradó (Magdonald, 1969). Aunque tectónicamente a esta última no se le puede considerar como una cordillera.

El régimen hidrográfico de este sector se divide en dos zonas a partir del cabo Corrientes:

-Una zona norte, donde los ríos presentan un joven desarrollo a excepción del Juradó y Virudó que tienen una mayor extensión debido a su desarrollo maduro. Más al norte, en la zona fronteriza y en el territorio panameño se destaca el río Jampavaradó de 56 Km de longitud, seguido por el río Jaque con 46Km. (Magdonald, 1969).

-Una zona sur, donde los ríos presentan un gran caudal y extensión como el San Juan que tiene 280 Km de longitud.

La circulación oceánica del Panamá Bight la reporta Wirtky, 1965, con la presencia de la corriente de Colombia en una dirección sur - norte.

Algunos autores como Stevenson et al, 1966 encontraron para la época seca la ocurrencia de una contracorriente superficial pegada a la costa a la altura de la bahía Octavia, al norte de cabo Corrientes.

### **2. MARCO GEOLOGICO DEL OCCIDENTE COLOMBIANO**

Las provincias geológicas coinciden en alto grado con el relieve de la zona y con su división morfológica. De W a E se distinguen 5 provincias (Bridger, 1980).

- Cordillera de Juradó: El núcleo de esta cordillera está formado por basaltos toleíticos, típicamente de origen oceánico; además se presentan grawacas como típicas turbiditas constituidas de cherts de color marrón. Posteriores al fallamiento que separa la cordillera con la serranía de Los Saltos, se encuentran calizas arrecifales localizadas sobre zonas milonitizadas.

- Serranía de los Saltos: Conformada por rocas básicas y sedimentarias detríticas.

- Cuenca Atrato - San Juan: Llanura aluvial formada por sedimentos erodados de las provincias de los Saltos, precordillera y cordillera Occidental.

- Pre-cordillera Occidental (serranía de Chajeadó): constituida por Dioritas y rocas ígneas tipo básico intermedio y de rocas sedimentarias detríticas.

- Cordillera Occidental: Conformada por rocas básicas del grupo Diabásico que han sufrido un leve metamorfismo y por rocas metamórficas del grupo Dagua.

### **3. MARCO TECTONICO DEL OCCIDENTE COLOMBIANO**

Actualmente en esta región intervienen tres placas tectónicas denominadas: Caribe al N.



Malpelo al SW y Suramericana al SE.

La interacción de estas placas produce en la zona pacífica septentrional dos sistemas de fallas principales y uno de menor importancia (Bridger, 1980).

- El primero lo constituyen las fallas dextro-laterales de dirección N 30 E, originadas por el movimiento relativo de las placas Malpelo y Suramericana.

- El segundo sistema lo componen las fallas inversas y de cabalgamiento de dirección S 45 E con planos de buzamiento hacia el NE, los cuales responden a la compresión entre las placas Malpelo y Caribe. Este sistema probablemente es responsable de que el río San Juan haya dejado de desembocar por Bahía Málaga, por haber formado entre los ríos Munguindó y Copoma una zona de fallamiento y abombamiento ocasionada por la compresión existente.

- El tercer sistema resulta de la compensación de los dos sistemas anteriores, generando fallas de ajuste de dirección N 70-80 E de movimiento dextralateral.

Los movimientos tectónicos influyen o determinan directamente la morfología de la costa, plataforma y talud continentales.

### III. RESULTADOS

#### 1. MORFOLOGIA

La plataforma continental pacífica colombiana es muy joven y aún está sujeta a drásticos cambios morfológicos. Su dimensión es muy variable, principalmente por el efecto de la tectónica actual con la cual está directamente relacionada. Esta plataforma es muy reducida en aquellos sitios donde se presentan los frentes de compresión. Dentro de esta modalidad se ubican Bahía Málaga, cabo Corrientes, parte septentrional de la ensenada de Tribugá, golfo de Cupica, zona entre bahía Chirichirí y cabo Marzo, y de punta Ardita a punta Garachiri (Figs, 2,3,4,5,6 y 7). Su máxima amplitud la presenta en la bahía de Buenaventura donde alcanza 51 Km frente a Boca Raposo (Figs. 3,7).

En lo referente a la pendiente, la plataforma presenta los valores mínimos de 1.7 a 3.2% en la zona frente a la bahía de Buenaventura (Fig.

7) y los valores máximos de 27 a 57% en la ensenada de Tribugá (Fig.4), los cuales tienen características de talud.

La zona de quiebre en la plataforma es muy variable alcanzando un mínimo a los 100 m de profundidad y un máximo a los 130 m (Fig. 5).

Los taludes son muy variados, algunos presentan pendientes fuertes como los que se observan en los perfiles 9 y 25 de las figuras 5 y 7, respectivamente; las cuales son el resultado de la tectónica que rige en sus zonas.

Se pudo establecer que a todo lo largo de la plataforma pacífica existe un régimen comprensivo importante que se manifiesta principalmente de sur a norte en la zona norte de la bahía de Buenaventura, cabo Corrientes, área entre Juribida y cerro Mutis, bahía Chirichirí y cabo Marzo y entre punta Ardita y punta Garachiri (Figs 2 y 3)

Con el estudio morfológico fue posible comprobar la existencia de una "cuchilla" submarina que se prolonga hacia el sur, a partir de cabo Marzo (Fig.2); además de la continuidad geomorfológica de la cordillera de Juradó bajo el golfo de Cupica (Fig.2). También se concentró un paleo-cañón frente a la ensenada de Docampado, el cual según la geología en tierra parece indicar una antigua desembocadura del río San Juan antes de que corriera hacia el sur por el levantamiento de la serranía de Los Saltos. Como se observa en la figura 3 y en los perfiles 13,14 y 15 de la figura 5.

BRIDGER 1988, con base en un análisis batimétrico del sector norte de la bahía de Buenaventura (Fig.8) indica la existencia de un eventual cañón anterior del río San Juan, entre punta Magdalena e Isla Palma; propone además que el frente de deformación ubicado en Buenaventura cerró el paso de este río por Bahía Málaga, haciéndole cambiar su curso hacia el norte.

En la zona deltáica del río San Juan, se observó que actualmente el río está sufriendo una migración de su desembocadura hacia el NE, esto debido a que se encontró un cañón fosilizado y sepultado bajo sedimentos frente a la boca Chavicá, localizada al sur de la Boca Charambirá su actual desembocadura

#### 2. SEDIMENTOLOGIA

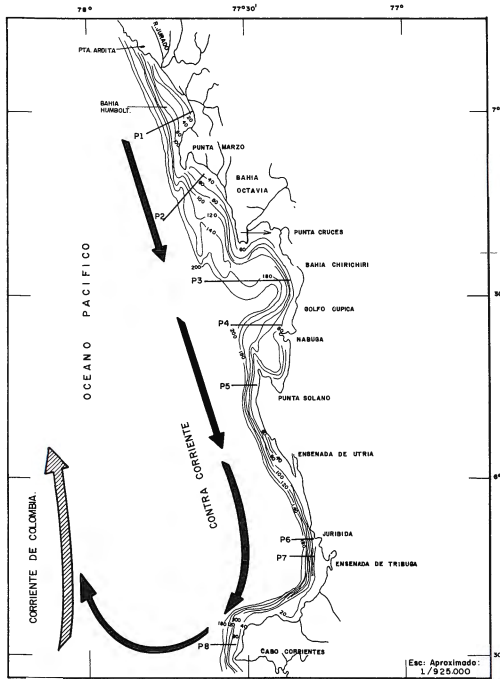


FIGURA 2. CIRCULACION OCEANICA Y PERFILES BATIMETRICOS SECTOR NORTE.

( 3.4 )

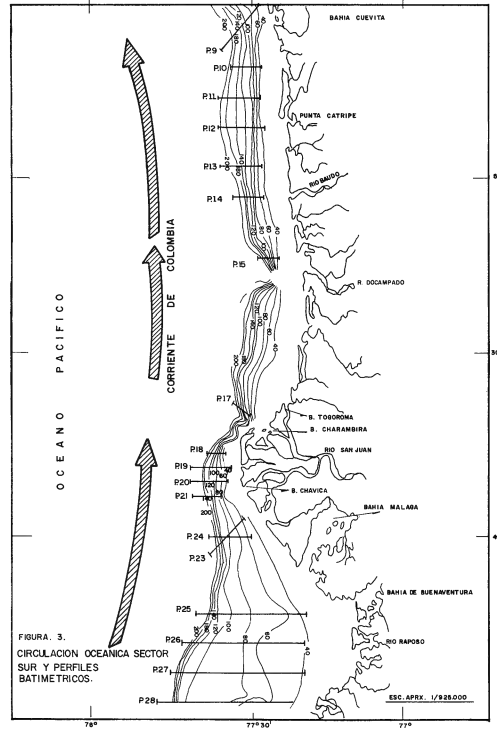


FIGURA 3. CIRCULACION OCEANICA SECTOR SUR Y PERFILES BATIMETRICOS.

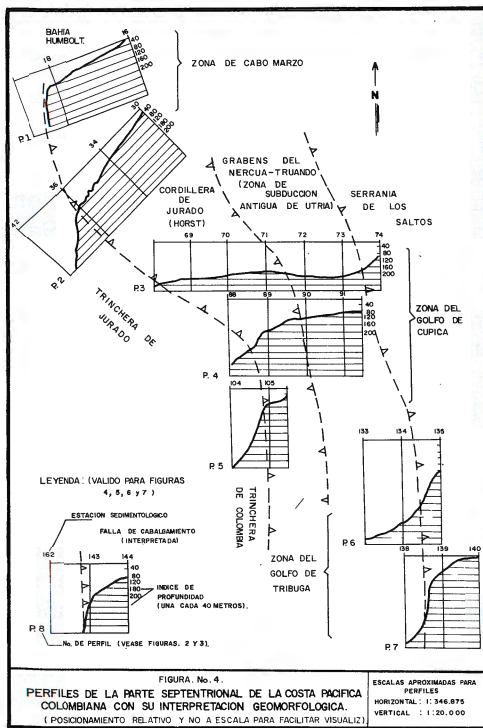


FIGURA No. 4. PERFILES DE LA PARTE SEPTENTRIONAL DE LA COSTA PACIFICA COLOMBIANA CON SU INTERPRETACION GEOMORFOLOGICA. ( POSICIONAMIENTO RELATIVO Y NO A ESCALA PARA FACILITAR VISUALIZI )

ESCALAS APROXIMADAS PARA PERFILES  
HORIZONTAL: 1:346.875  
VERTICAL: 1:20.000

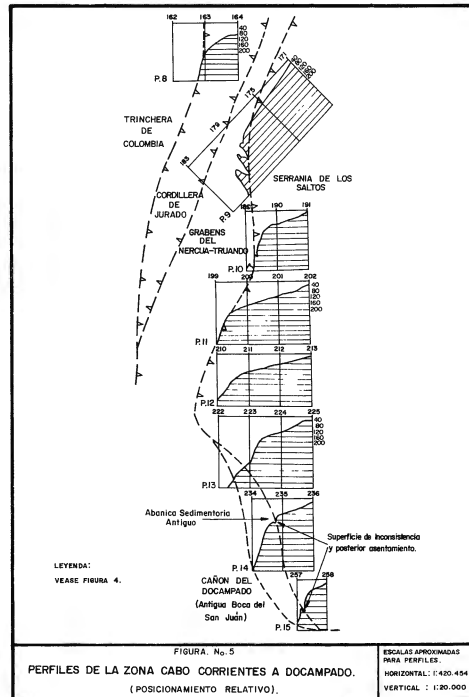
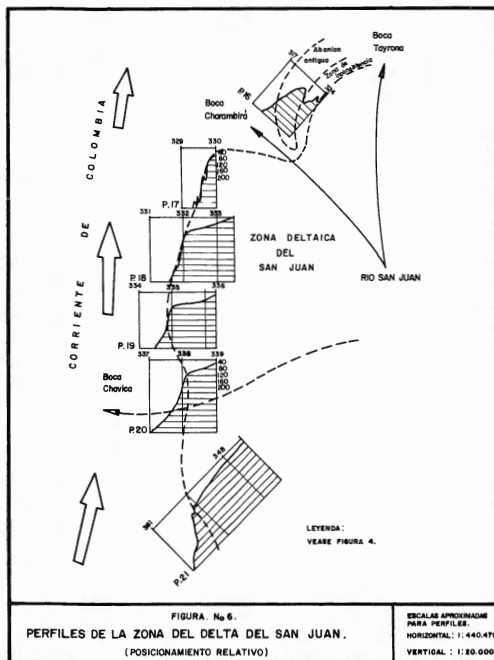


FIGURA No. 5. PERFILES DE LA ZONA CABO CORRIENTES A OCCAMPADO. ( POSICIONAMIENTO RELATIVO )

ESCALAS APROXIMADAS PARA PERFILES.  
HORIZONTAL: 1:420.494  
VERTICAL: 1:80.000

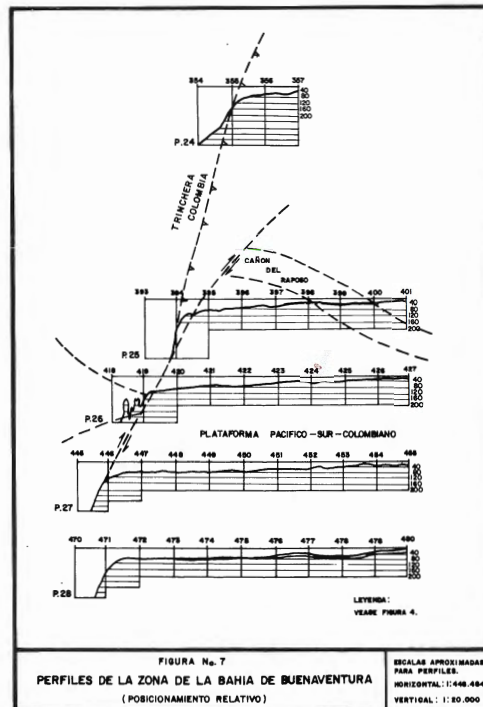




Dentro de las facies observadas (Figs 5a y 5b), la sedimentación terrígena constituye el 95% con tres tipos principales: lodos terrígenos, arenas lodosas terrígenas, y el 5% restante corresponde a sedimentos carbonatados, conformados por dos tipos: arenas carbonatadas, biógenas y arenas lodosas carbonatadas y biógenas.

En el sector norte, (Fig.9), las arenas lodosas terrígenas representan el depósito externo de la plataforma a excepción de bahía Octavia y ensenada de Tribugá donde alcanzan el nivel costero; las arenas lodosas carbonatadas aparecen rodeando a las arenas lodosas biógenas y a las arenas biógenas. En general, las arenas tienen un tamaño de grano comprendido entre 80 y 560 micras; la mayoría no sobrepasa las 280 micras (arenas medias). En lo referente al material lodoso, éste se presenta hacia la parte interna de la plataforma.

En el sector sur (Fig.10), las arenas lodosas terrígenas cerca de cabo Corrientes, rodean los lodos terrígenos extendiéndose a lo largo de la plataforma interna. En la bahía de Buenaventura además de estas arenas que constituyen la mayor sedimentación se presentan las arenas terrígenas que conforman el frente deltáico del



San Juan y se extienden próximas a la costa hasta los límites de la zona estudiada. Las arenas lodosas carbonatadas dibujan sectores aislados frente a la bahía de Buenaventura. Esta facie presenta un stock arenoso compuesto que resulta de la asociación de una población biodetrítica con arena cuarzosa.

Los lodos en esta zona constituyen aún el depósito dominante, con una posición central y externa al sur de cabo Corrientes y se disponen bajo la forma de un arco de círculo frente al San Juan, siguiendo la flexión del edificio deltáico. Finalmente a nivel de la bahía de Buenaventura representan una capa cuya extensión disminuye hasta desaparecer completamente hacia el norte.

En lo referente a la distribución sedimentaria sobre la plataforma, es evidente su relación con los efluvios, que son repartidos posteriormente por las corrientes marinas (Figs. 2,3,11). Por la interacción del efluvio del San Juan y la corriente Colombia se forma la gran faja de arenas lodosas terrígenas (Fig. 10) que se extienden hacia el norte hasta la boca del cañón de Docampado; su composición mineralógica: hornblenda, hipersteno y micas indica que provienen de la carga sedimentaria del río San Juan y se depositan en grandes cantidades

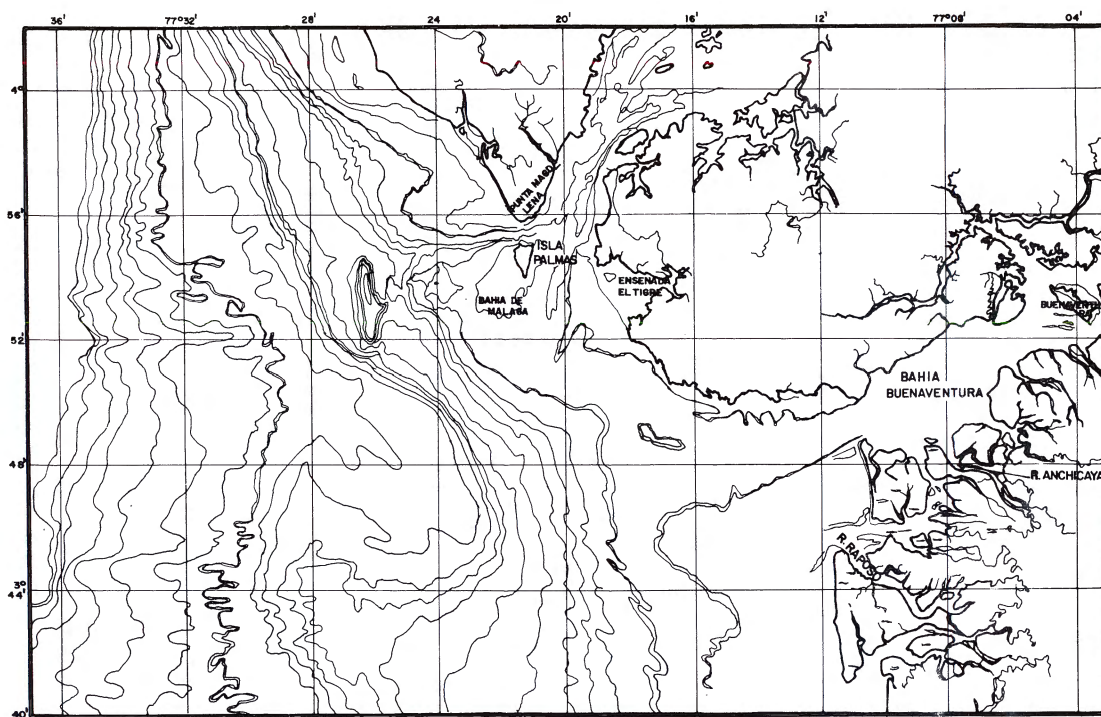


FIGURA Nº 8 INTERPRETACION BATIMETRICA DE LA BAHIA DE BUENAVENTURA.

frente al delta (Vergara y Marín, 1988).

La pluma del San Juan es desviada hacia el norte y su aporte sedimentario es distribuido a lo largo de la plataforma hasta bahía Cueva (fig. 10 y 11). Lo primero indica su dirección y lo segundo su fuerza.

Al norte de cabo Corrientes no se presentan sedimentos aportados por los ríos San Juan y Baudó. Esto es confirmado por Vergara y Marín, 1988, al reportar la ausencia total de hipersteno, la variedad titanífera de hornblenda y los anfíboles típicos del San Juan, así como la poca cantidad de micas, feldespato y cuarzo (Figs. 2, 3 y 11).

Este notorio corte en la distribución sedimentaria parece deberse a la presencia de una contracorriente encontrada por Stevenson et al. 1966, la cual desvía la corriente de Colombia hacia el oeste en este sector (Fig. 2).

La distribución del material carbonatado al norte de cabo Corrientes se debe a que la contracorriente erosional la formación arrecifal originada sobre las cuchillas submarinas antes mencionadas. En la zona sur frente a punta Catripe (Fig. 10), se observa una faja de sedimentos carbonatados que se originaron por estar expuestos a la corriente Colombia.

En lo referente a minerales pesados Vergara y Marín, 1988 informan de una inusitada abundancia de magnetita y cromita en la bahía de Chirichirí y de una alta concentración de magnetita en la playa de Juradó; esto sugiere la proximidad de cuerpos básicos a ultrabásicos.

En lo que respecta a la mineralogía de las arcillas, los mismos autores consideran que las smectitas se presentan en un 82 a 47% en la zona hidrográfica norte, constituyendo los lodos submarinos junto con 44% de cloritas y menos del 20% de illitas y caolinitas.

Finalmente del análisis mineralógico (Vergara y Marín, 1988) y de la distribución sedimentaria, junto con el cuadro geológico fue posible determinar que los sedimentos en este sector de la plataforma pacífica provienen de tres provincias (Fig. 11).

- Cordillera y pre-cordillera Occidental con aportes de rocas oceánicas de bajo a medio grado de metamorfismo.
- Serranía del Baudó, zona de secuencia sedimentaria con rocas pelíticas, calcáreas y tobáceas.
- La zona del núcleo de arcos insulares de la cordillera de Juradó con rocas básicas a ultra-





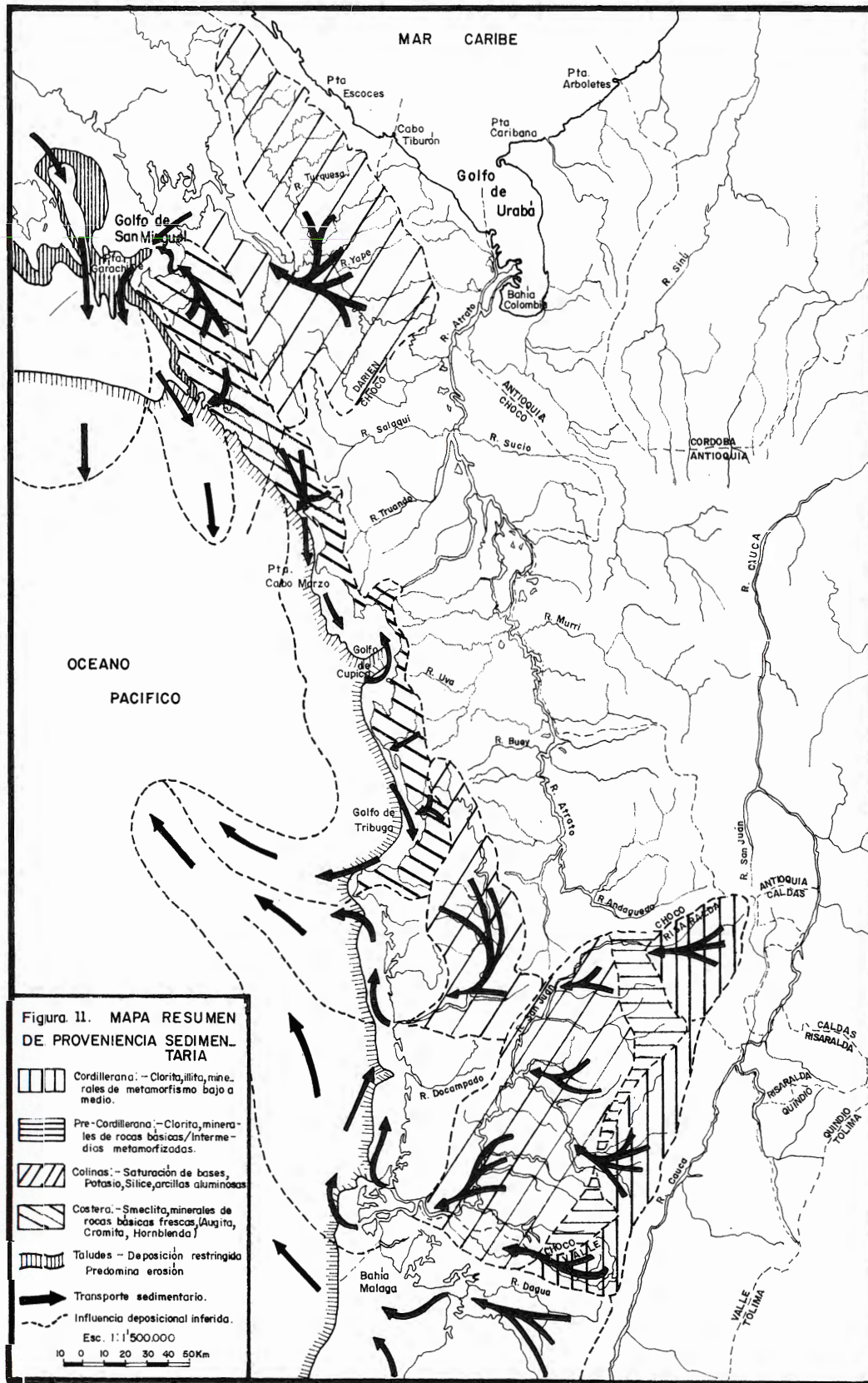









Figura. 11. MAPA RESUMEN DE PROVENIENCIA SEDIMENTARIA

-  Cordillerana: - Clorita, illita, minerales de metamorfismo bajo a medio.
-  Pre-Cordillerana: - Clorita, minerales de rocas básicas/intermedias metamorfozadas.
-  Colinas: - Saturación de bases, Potasio, Sílice, arcillas aluminosas
-  Costera: - Smectita, minerales de rocas básicas frescas (Augita, Cromita, Hornblenda)
-  Taludes - Deposition restringida Predomina erosión
-  Transporte sedimentario.
-  Influencia deposicional inferida.

Esc. 1:1,500,000  
 10 0 10 20 30 40 50 Km

## BIBLIOGRAFIA

- BRIDGER, C.S. 1980. Northwestern Colombia coal reconnaissance trip. Informe interno de la minera Utah de Colombia, Ltda., 16p.
- MACDONALD, H.C. 1969. Geologic evaluation of radar imagery from darieen prince, Panamá, Type II Special Interin Technical Report, for the Center for research, Inc. the University of Kansas, 121 p.
- MERRITT, R. Stevenson et al. Atlas de las aguas costeras del océano Pacífico de América del Sur.
- VERGARA, L.E., L.C. Marin. 1988. Estudio sedimentológico de algunas muestras litorales recuperadas en la plataforma continental del Pacífico colombiano. Trabajo de grado de la Univ. Nal. de Colombia, Secc. Medellín, Facultad de Ciencias, 206 p.
- VERNETTE, G. 1985. La plataforma continentales Caraibe de Colombie L'importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sedimentation. The'e doctorat d'état és sciences. Université de Bordeaux I, 387p.
- WYRTKI, K. 1965. Surface Currents of the Eastern Tropical Pacific ocean. IATTC, BULL. 0 (5): 271-304 (Inglés - Español).



Bol. Cient.	Cartagena (Colombia)	No. 10	Mayo 1992	Pág. 37- 56	ISSN 0120-0542
-------------	-------------------------	--------	--------------	-------------	----------------

## CARTOGRAFIA BIOECOLOGICA DE LA ISLA NAVAL ARCHIPIELAGO ISLAS DEL ROSARIO - COLOMBIA

*Por:*  
**TN. Rubén Serrano Acevedo\***  
**TN. Ricardo Quintero Serpa\***

### RESUMEN

El presente trabajo es el resultado del estudio de la cartografía bioecológica del infralitoral de la Isla Naval, en el archipiélago de Islas del Rosario, elaborado a partir de monitoreos generales del área mediante fotografías aéreas horizontales e inclinadas, fotografías de los fondos submarinos y porcentajes de cobertura de los organismos que conforman las comunidades presentes a lo largo de 28 transeptos perpendiculares a la línea de costa.

Se describen y presentan gráficamente en mapas y perfiles las comunidades bióticas encontradas, representadas por comunidades de arenas litorales, comunidades de rocas de terrazas arrecifales fósiles litorales, manglares litorales, fondos de sedimentos, fondos coralinos de varios tipos, praderas de fanerogramas marinas y fondos algales.

En la zona se observaron 181 especies de organismos, distribuidos en 10 grupos.

### ABSTRACT

*The results of the analysis of bioecological cartography of the "Isla Naval" and surroundings in the archipelago of Rosario. The study was based in aerial and submarine photography, monitoring and covering percentage of representative organisms from the different communities present along the 28 perpendicular to the coastal line.*

*This work is presented in the form of a general description, schematic mapping and profiles of the biotic communities founded represented by coastal sands, littoral mangrove, coral reefs fósiles, sediment algae bottoms and prairies of marine phanerogamous.*

*181 organism especies were observed, distributed in ten (10) groups.*

### INTRODUCCION

Esta investigación forma parte del proyecto "Recuperación ecológica del Infralitoral Isla Naval", del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), financiado por la Dirección General Marítima (DIMAR), en 1988.

Los levantamientos cartográficos bioecológicos submarinos se constituyen en prioritarios para el mayor conocimiento, manejo y conservación de los recursos naturales con que cuentan los países; sistema adoptado por las recomendaciones emitidas en el Tercer Simposio

Interamericano sobre arrecifes Coralinos, realizado en Miami durante mayo de 1977, lo que permite actuar a nivel cooperativo en la conservación de estas importantes estructuras.

Colombia ha realizado varios estudios coralinos, sin embargo, es reciente este tipo de cartografía; el presente trabajo es el segundo en este género, el cual se efectuó en 1988 en la Isla Naval, localizada en el archipiélago de las Islas del Rosario, dentro del Parque Natural Submarino Corales del Rosario (PNSCR) (figura 1).

\* Biólogo Marino - Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. A.A. 982

Con los resultados obtenidos en la presente investigación se desea cooperar en la preservación y el conocimiento de estos importantes ecosistemas marinos.

## I. GENERALIDADES

### OBJETIVOS

A. Determinar la composición y características de las especies coralinas de la Isla Naval y sus alrededores, así como el inventario de los organismos marinos asociados a ellas.

B. Efectuar el levantamiento cartográfico bioecológico submarino de la Isla Naval y sus alrededores.

## II. AREA DE ESTUDIO

La Isla Naval es una de las 28 islas mayores que conforman el archipiélago de las Islas del Rosario, localizado en el área comprendida entre los 10° 08' 00" y los 10° 15' 00" de latitud norte y entre los 75° 40' 00" y los 75° 48' 00" de longitud oeste.

El clima es tropical caliente subhúmedo, con tres períodos marcados: Una época seca de diciembre a abril dominada por los vientos Alisios, un período de transición de mayo a junio y un tercer período húmedo con intensas lluvias y con vientos del sur este, entre los meses de agosto a noviembre.

Las Islas del Rosario se pueden considerar como un complejo arrecifal formado de arrecifes costeros, barreras, atolones y parrecifales (islas emergidas, manglares y ciénagas) de una misma área sedimentológica. Las islas corresponden a antiguos arrecifes, actualmente situados por encima del nivel marino, que se formaron durante la última transgresión marina (Leble & Cuignon, 1977), con una edad estimada entre 5.000 y 10.000 años (Paff, 1969), y con la misma composición y distribución de los arrecifes coralinos que actualmente hay en la parte viva submarina alrededor de las islas (Wearding & Sánchez, 1979). Leble & Cuignon, (op. cit) manifiestan que en general las olas del norte-noroeste son más fuertes y frecuentes, pero excepcionalmente pueden llegar del sur-oeste olas destructivas llamadas mar de leva. La marea es de tipo semidiurna con rango corto y variación promedio de 17 a 42 centímetros. Están presentes la corriente del Caribe y la contracorriente de Panamá, resultantes de la

circulación atmosférica, manteniéndose por la acción de los vientos.

Andrade & Thomas en 1988 reportan un brazo costero de la contracorriente del Darién, que controla la turbidez de las aguas de las Islas del Rosario.

Como aporte fluvial recibe las aguas del Canal del Dique, las cuales tienen acceso al área del archipiélago mediante los caños Correa, Matunilla y Lequerica, con elevadas cargas sólidas en suspensión (Verette, 1985).

## III. ASPECTOS METODOLOGICOS

Mediante la utilización de fotografías aéreas horizontales a escala y fotografías aéreas inclinadas (fotos 1 y 2) se seleccionaron las áreas de mayor importancia, siendo estas corroboradas con el monitoreo general de la zona de estudio por el método de buceo remolcado con lancha, determinándose las ubicaciones de los transeptos a investigar. En total se realizaron 28 transeptos perpendiculares a la línea de costa (figura 2).

Cuando se efectuaron los transeptos, se instaló un cabo medido con el propósito de delinear la ruta a seguir; por medio de buceo autónomo y apnea, se desplazó un cuadrante de un metro cuadrado (foto 3), dentro del cual se determinaron los porcentajes de cobertura de los componentes ecológicos presentes en cada posición del cuadrante (tabla 1), siendo anotados los datos en tablas acrílicas. Igualmente se registró la batimetría y algunas fotografías submarinas utilizando una cámara fotográfica NIKONOS 400 ASA. En algunas ocasiones fue necesario recolectar y preservar muestras de organismos biológicos, para ser identificados posteriormente en el laboratorio utilizando claves específicas.

En un computador Leading Edge con el paquete LOTUS, se procesaron y agruparon los datos de las coberturas de acuerdo con las escalas de Margalef (1980). Para el proceso cartográfico, se procedió con base en los métodos de la FAO (1986), Van Duyl (1985), y de la Escuela Cartográfica (sin año); inicialmente se empleó un zoom Transfer Scope ZTS-5, para el análisis e interpretación de las aerofotografías; posteriormente esta información junto con las coberturas y los datos de los monitoreos fueron digitalizadas automáticamente en un computador AST-AT con el Software PAMAP - GIS y plotter

Heullet Packard HP del Sistema de Información Geográfica (SIG) del CIOH.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 1. COMUNIDADES LITORALES

La Isal Naval con 5.360 metros cuadrados de área terrestre (tabla 2), tiene comunidades litorales que se establecen en la interfase tierra-mar; estas se hallan sometidas a la acción de las mareas y la rompiente de las olas.

La mayor parte de los litorales que conforman la Isla Naval son de origen coralino en forma de terrazas arrecifales fósiles, junto con áreas de manglar y en menor escala por arena coralina.

Desde el punto de vista geológico el sustrato rocoso de la isla es de origen coralino. En la parte norte y sur de la isla dominan los sedimentos con fragmentos de coral, conchas de moluscos muertos y arena de origen coralino; mientras que en la parte oriental y occidental arenas y lodos, estos últimos debido a los manglares.

Los organismos que se localizan en la parte litoral de las terrazas arrecifales fósiles principalmente son: Moluscos como Littorina ziczac, Littorina angulifera, Diodora listeri, Tectarius muricatus, Chiton tuberculatus, Acanthopleura granulata, Nerita perolonta, Nerita versicolor, Nerita tessellata; entre los decápodos es común encontrar los Pagurus sp. con diferentes tipos de conchas de moluscos y dentro de los equinodermos Diadema antillarum.

La ubicación de los manglares (figura 3) está influenciada por la geomorfología de la zona, ya que encuentra un medio favorable de depresiones litorales donde se acumulan gran cantidad de sedimentos finos. La ubicación de los manglares se encuentra sobre la parte oriental y occidental en los caños de la Guasa y Ratón. La especie de mangle dominante es Rhizophora mangle y en menor escala Laguncularia racemosa y Conocarpus erectus situándose principalmente en el costado occidental de la isla.

Sobre la parte litoral de las zonas de manglar se encuentran adheridos a las raíces, especies como: Littorina angulifera, Littorina ziczac, Crassostrea rhizophorae, Ostrea frons, Nerita versicolor, Pagurus sp., y organismos como esponjas, hidrozoarios, anémonas y algas principalmente.

En la zona infralitoral entre las raíces fúlcreas de Rhizophora mangle se aprecia gran cantidad de larvas y juveniles de diferentes organismos marinos, lo cual constituye un criadero natural, ya que poseen refugio contra predadores y encuentran gran cantidad de alimento producido por la productividad del manglar.

##### 2. DISTRIBUCION DE SEDIMENTOS DE FONDO

Alrededor de la Isla Naval se encuentran dos tipos de fondos principales, que son los de arena coralina, guijarros (foto 4) y fango, ocupando 29.666,8 metros cuadrados del total del área submarina estudiada, constituyéndose en el biotopo más extenso del estudio (tabla 2). Dentro de estos tipos coralinos con conchas de moluscos (foto 5), sustratos arenosos coralinos, arenosos, areno-fangosos y fangosos.

El sustrato dominante en la parte norte y sur de la isla es el arenoso con fragmentos de coral y guijarros; éste va desde arenas de gránulo grueso hasta arenas finas, con guijarros y conchas de moluscos de proporciones variables. En la parte occidental de la isla (Caño de la Guasa) el tipo de fondo predominante es el fangoso, y en la parte oriental (Caño Ratón) el fondo predominante es el areno-fangoso.

Como se puede apreciar y es evidente estos tipos de fondo corresponden a la dinámica del agua, que controla la depositación de partículas de los diferentes tipos de grano. Dentro de los fondos lodosos se encuentran comunidades principalmente conformadas por poliquetos infaunales, algas como Caulerpa sp., Dictyota sp., Halimeda sp. y por Penicillus sp. principalmente; la fauna es en general de hábitos enterradores, es decir, de organismos infaunales en su gran mayoría filtradores, por lo cual es difícil apreciarlos a simple vista; para ello se tiene que excavar. Dentro de los moluscos se encontraron los siguientes organismos característicos de esta zona: Tellina sp., Anomalocardia brasiliana, Chione paphia, Pitar dione, Solen sp., Codakia orbicularis, Oliva sp.

En sustratos arenosos coralinos, la fauna varía desde algas como Halimeda sp., Penicillus sp. y algas coralináceas de diferente tipo, alternadas con Caulerpa racemosa principalmente; dentro de éstas hay que incluir a la fanerógama Thalassia testudinum. Los corales predominantes en esta zona y los principales organismos son descritos posteriormente en las praderas de fanerógamas



marinas.

Las arenas gruesas con fragmentos coralinos se sitúan cerca de la parte norte y sur de la isla; la gran mayoría de los fragmentos son biogénicos y sobre estos crecen algas y esponjas; dentro de las concavidades formadas por los fragmentos habitan peces de pequeño tamaño, poliquetos tubícolas, cangrejos, moluscos y equinodermos.

### 3. PRADERAS DE FANEROGAMAS MARINAS

Las praderas de Thalassia testudinum se encuentran distribuidas circundando todo el litoral, pero principalmente la parte sur occidental de la isla (figura 3), y comprenden 12.490.9 metros cuadrados del área submarina objeto de estudio (tabla 2). El 100% de las fanerógamas alrededor de la Isla Naval, está conformado por Thalassia testudinum.

Las praderas de Thalassia de acuerdo con las características del habitat que ocupan y de sus comunidades acompañantes varían desde praderas sobre fondos consolidados de fragmentos coralinos (fotos 6 y 7), hasta las que ocupan fondos fangosos.

Las praderas sobre fondos consolidados de fragmentos coralinos y arenosos se encuentran principalmente hacia la parte norte, sur y sur-occidental de la isla. Las praderas sobre fondos fangosos se sitúan en la parte oriental (Caño Ratón) y parte occidental (Caño de la Guasa) así como en la parte sur-occidental distante de la isla.

Se aprecia que las praderas que se sitúan sobre fondos consolidados de fragmentos coralinos y/o arenosos, no son muy densos, sus plantas no son de gran tamaño, pero a medida que se acerca la transición arena-fango, estas son bastante desarrolladas y sus praderas son bien tupidas.

La fauna y flora acompañante de las praderas de Thalassia en fondos coralinos, están constituidas principalmente por corales como: Manicina aerolata, Porites porites, Porites astreoides, Montastrea cavernosa, Meandrina meandrites, Siderastrea radians; algas como: Valonia sp., Dictyosphaeria sp., Dictyota sp.; y algas coralináceas; moluscos como: Strombus gigas, Strombus pugilis, Strombus raninus, Cymatium sp., Vasum muricatum, Conus sp.,

Cypraea zebra. La fauna y flora acompañantes en praderas de Thalassia sobre fondos arenofangosos se encuentran conformadas principalmente por algas como Halimeda sp., Dictyota sp., Caulerpa sp., Penicillus sp., Dictyosphaeria sp., y gran número de esponjas. Moluscos como Atrina rigida, Lima scabra, Lima pellucida, Isognomon radiatus, Pinna cornea, Anodontia alba, Codakia orbicularis, Strombus raninus, Charonia variegata, Cymatium muricatum, Olivella sp., Melongena melongena, Oliva sp., Conus sp., Brachidontes sp., Leavocardium sp., Tellina sp., Tonna maculosa, Cassis tuberosa.

Equinodermos como Echinometra lucunter, Lytechinus variegatus y Oreaster reticulatus principalmente.

### . COMUNIDADES DE FONDOS ALGALES

Este tipo de fondos se encuentra principalmente en la parte distal de los transeptos 2,3 y 4 y en la parte intermedia de los transeptos 16,17 y 18 (tabla 1). En los anteriores transeptos (foto 8), se encuentra un fondo de sedimentos lodosos con guijarros coralinos, los cuales con el tiempo han sido invadidos por algas tipo: Dictyota sp.; Caulerpa sp.; Valonia sp.; Halimeda sp.; hipnea sp.; Penicillus sp.; Dictiopteris sp.; Dictyosphaeria sp.; Cladophora sp.; y Padina sp.; principalmente. Sobre este tipo de fondo la invasión algal es tal, que no hay cabida para otros organismos a excepción de pequeños crustáceos y algunos moluscos roedores. En general este tipo de fondo fue encontrado entre 1 y 2 metros de profundidad y las algas más representativas fueron las Halimeda sp. y Dictyota sp.

### 5. ARRECIFE DE PARCHE

Se le da esta denominación a aquellas zonas en donde se presentan corales en forma aislada (cada 2, 3 o 4 metros) y en medio de estos se encuentran generalmente arena coralina, Thalassia testudinum, pequeñas cantidades de algas y fragmentos coralinos en forma de coral muerto o de conchas de moluscos. Márquez (1987) describe parches conformados fisionómicamente por tres componentes dominantes: corales pétreos, octocorales y algas blandas, y dentro de éstos existen varios tipos intermedios dando así una mezcla equilibrada de corales pétreos y octocorales, con pocas algas.

En la zona estudiada, se aprecian estos arrecifes

de parche tanto en la parte norte como en la parte sur de la Isla Naval, siendo el arrecife de la parte sur más desarrollado y con mayor área que los de la parte norte. Estos se encuentran principalmente en la llanura arrecifal entre 2,5 a 4 metros de profundidad. Los organismos más característicos de esta zona son

Corales: Montastrea cavernosa, Millepora alcicornis, Diploria clivosa, Diploria labyrinthiformis, Siderastrea siderea, Siderastrea radians y Dichocoenia stokesi (foto 11).

Algas: Halimeda sp. y Dictyota sp.; principalmente. Esponjas: Aplysina fulva, Xestospongia subtriangularis y Niphates digitalis.

Moluscos: Anadara sp., Lima sp., Brachidontes sp., Spondilus sp., Trachicardium sp., Chione sp., Charonia variegata, Strombus gigas y Strombus raninus, fundamentalmente.

## 6. ARRECIFE DE BARRERA

Se encuentra tanto en la parte norte y sur de la Isla Naval (figura 3), siendo el de la parte norte mucho más complejo y de mayor extensión que el del sur. En los arrecifes del norte y del sur se determinó la presencia de una extensa zona de 4085 metros cuadrados cubiertos por coral muerto (tabla 2). Esta alarmante cifra demuestra la necesidad de actuar con premura para proteger en el Parque Submarino estos importantísimos recursos naturales con que cuenta el país siendo prioritaria la aplicación inmediata del plan de manejo que para el parque actualmente están elaborando las instituciones encargadas de tal misión. Las causas de estas mortandades ya han sido estudiadas en los trabajos de Ramírez (1984 a y b), Alvarado et al (1986), Gómez y Sánchez (1987) y Galvis (1988), pero aún se requiere profundizar estas investigaciones.

Hacia el costado nor-occidental (figura 3), aparece una zona de Acropora palmata especie que no había sido encontrada en ninguno de los transeptos; sin embargo es de importancia mencionarla debido a que el porcentaje de esta especie es del 100% en el sector, encontrándose bien desarrollada y propagada.

El arrecife coralino norte se encuentra a una profundidad promedio de 1.5 metros; es de mayor extensión y presenta las siguientes especies coralinas:

Porites porites que se encuentra cubriendo grandes extensiones sobre la parte superficial en la zona de la rompiente (foto 9), Millepora squarrosa, se encuentra a una profundidad promedio de 1 metro hacia la parte anterior y posterior de la rompiente al igual que Millepora complanata y Millepora alcicornis; Porites astreoides se encuentra situado en la parte interior de la rompiente a una profundidad promedio de 1 a 1.5 metros; Montastrea annularis se encontró sobre la parte anterior y posterior de la rompiente a una profundidad de 1,5 metros. Diploria clivosa se observó principalmente sobre la parte anterior de la rompiente a una profundidad entre 4 y 6 metros. Se apreciaron grandes extensiones de coral muerto, principalmente constituidos por Porites porites. Hacia la parte distal de la isla al terminarse el arrecife, se encuentra un pequeño cantil con pendiente fuerte hasta una profundidad de 14 metros y a continuación siguen arenas y guijarros ubicados sobre fondo plano.

El perfil del arrecife de barrera norte presenta la estructura típica con sus unidades geomorfológicas muy bien definidas: laguna arrecifal, llanura arrecifal, cresta arrecifal, terraza antearrecifal, constituyendo una defensa natural para las islas contra la acción del oleaje marino, a diferencia del arrecife de la parte sur en donde no existe una cresta arrecifal ya que su profundidad se encuentra entre 3 y 5 metros; sus especies características son: Montastrea annularis, a una profundidad promedio de 3.2 metros y es una de las especies que se encuentra con mayor invasión algal (foto 10), confirmándose esta anomalía reportada por Gómez y Sánchez (1987). Millepora alcicornis se encuentra ampliamente distribuida a profundidades entre 3 y 5 metros. Porites porites se encuentra entre los 3 y 4 metros de profundidad. Porites astreoides en profundidades de 4 metros (foto 11 y 12) y. Acropora cervicornis alrededor de los cuatro metros de profundidad; Agaricia tenuifolia se presenta en altas concentraciones y una profundidad entre 4 y 30 metros (profundidad límite para el estudio de esta zona = 30 metros), siendo esta última la especie dominante en el cantil, el cual continúa bajando después de los 30 metros, con una pendiente aproximada de 75 grados. En el arrecife de barrera del sur, en menor cantidad se encuentran: Eusmilia fastigiata, Siderastrea siderea, Siderastrea radians, Favia fragum, Diploria labyrinthiformis y Montastrea cavernosa.

En el arrecife del sur también vale la pena de-



tallar la presencia del fenómeno de blanqueamiento de los corales, ampliamente reportado y estudiado por varios autores de investigaciones de corales.

## 7. FAUNA Y FLORA ENCONTRADA EN LA ZONA DE ESTUDIO

A continuación se da un listado de especies o géneros de algunos organismos encontrados, ya sea formando parte de los transeptos o cerca de éstos, o por medio de monitoreo por buceo remolcado dentro de los predios de la zona de estudio de acuerdo con la figura 2:

**MANGLE:** Rhizophora mangle, Laguncularia racemosa, Conocarpus erectus.

**FANEROGAMAS MARINAS:** Thalassia testudium (foto 13).

**ALGAS:** Acanthophora muscoides, Gracilaria sp., Briopsis sp., Caulerpa mexicana, Caulerpa racemosa, Caulerpa cupressoides, Dictyosphaeria cavernosa, Valonia ventricosa, Penicillus capitatus, Penicillus pyriformis, Halimeda opuntia, Halimeda monile, Halimeda incrassata, Halimeda discoidea, Acetabularia sp., Cladophora vagabunda, Enteromorpha sp., Dictyota cervicornis, Dictyota dichotoma, Dictyopteris delicatula, Dictyopteris sp., Padina sanctaecrucis, Padina haitiensis, Padina gymnospora, Galaxaura sp., Gelidium sp., Amphiroa tribulus, Amphiroa fragilissima, Hypnea musciformis, Laurencia microcladia, Grateloupia filicina.

### ESPONJAS:

Spongia pertusa, Ircinia sp., Ircinia campana, Aplysina fulva, Aplysina archeri, Verongula rigida, Sigmatocia caerulea, Amphimedon erina, Callispongia vaginalis, Xestospongia subtriangularis, Neofibularia sp., Ulosa funicularis, Niphates digitalis.

**CORALES:** Montastrea annularis, Montastrea cavernosa, Millepora complanata, Millepora squarrosa, Millepora alcornis, P. porites, Porites astreoides, Diploria clivosa, Diploria labyrinthiformis, Acropora palmata, Acropora cervicornis, Agaricia tenuifolia, Helioseris cucullata, Colpophyllia natans, Siderastrea siderea, Siderastrea fragum, Dichocoenia stokesi, Manicina aequalata. Se observa la ausencia de gorgonáceas en estas aguas.

**POLIQUETOS:** Sabellastarte magnifica,

Spirobranchus gigantus, Branchiomma cf. nigromaculata, Nereis sp., Ceratonereis mirabilis, Eunice floridana, Lepidonotus variabilis.

**EQUINODERMOS:** Oreaster reticulatus, Holothuria sp., Holothuria cf. impatiens, Diadema antillarum, Lytechinus variegatus, Echinometra lucunter, Arbacia punctulata, Tripneustes ventricosus, de las cuales Diadema antillarum fue observada en cantidades significativas en horas de la noche, al contrario de lo que sucedía en el día.

**MOLUSCOS:** Littorina ziczac, Littorina angulifera, Diodora listeri, Tectarius muricatus, Chiton tuberculatus, Acanthopleura granulata, Nerita tessellata, Crassostrea rhizophorae, Ostrea frons, Lucapina sp., Lyvona pica, Charonia variegata, Cymatium muricatum, Cymatium sp., Polinices lacteus, Natica canrena, Cypraea zebra, Atrina rigida, Conus sp., Pinna carnea, Lima scabra, Lima pellucida, Isognomon radiatus, Anadara notabilis, Anadara sp., Arca zebra, Tellina listeri, Tellina sp., Strombus pugilis, Strombus raninus, Strombus gigas, Cymatium sp., Cassis tuberosa, Cassis madagascariensis, Cypreacassis testiculus, Tonna maculosa, Murex recurvirostris, Nitidella sp., Anachis sp., Vasum muricatum, Conus sp., Terebra sp., Turbonilla sp., Acteocina candei, Bulla striata, melampus monilis, Aplysia sp., Trachicardium muricatum, Tellina laevigata, Tivela mactroides, Chione cancellata, Chione paphia, Chione latirilata, Anomalocardia brasiliana, Gouldia cerina, Pitar dione, Solen sp., Oliva sp., Smaragdia viridis, Atrina rigida, Olivella sp., Melongena melongena, Brachidontes sp., Laevicardium sp. Igualmente vale la pena destacar la presencia de Strombus gigas en pequeñas cantidades, especies de importancia comercial y que en el pasado fue numerosa en estas aguas, y actualmente se ven gran cantidad de sus hermosas conchas como adornos en la mayoría de las islas.

**CRUSTACEOS:** Pagurus sp., Paguristes tortugae, Paguristes cademati, Cardisoma guanhum, Pachygrapsus transversus, Mithrax spinosissimus, Mithrax caribbaeus, Mithrax sculptus, Mithrax verrucosus, Pachycheles sp., Periclimenes sp.

**PECES** Gymnothorax funebris, Sphyræna picudilla, Holocentrus rufus, Holocentrus ascensionis, Bodianus rufus, Equetus punctatus, Bothus lunatus, Chaetodon capistatus, Pomacanthus paru, Scarus coelestinus, Sparisoma viride, Balistes vetula, Diodon hystrix,



Thalassoma bifasciatum. Se destaca el hecho de que no se observaron peces de tallas comerciales.

## V. CONCLUSIONES

1.- Ecológicamente la Isla Naval posee dos ecosistemas definidos, uno coralino y otro de manglar, interactuando los dos con fanerógamas marinas y algunas algas; el coralino está ubicado tanto en la parte norte como al sur, y el segundo en la parte oriental y occidental de la Isla.

2.- En la zona de estudio se determinó cartográficamente la localización y las áreas ocupadas por seis comunidades bióticas bien definidas, representadas por comunidades litorales (de arenas litorales, de rocas de terrazas arrecifales fósiles litorales y manglares litorales), comunidades de fondos de sedimentos (de arenas, de lodos y guijarros), de praderas de fanerógamas marinas, de fondos algales, comunidades de arrecifes de las barreras del norte y del sur de la Isla, en donde se destacó el alarmante hecho de encontrar en el área estudiada la cantidad de 4.085 metros cuadrados de coral muerto, manifestándose la prioridad de defender urgentemente estas importantes estructuras en peligro.

3.- A nivel de comunidades bióticas, las terrazas arrecifales fósiles están constituidas principalmente por Lyttorina ziczac, Nerita perolonta y organismos del género Pagurus; las comunidades de manglar con Rhizophora mangle en cuyas raíces fúlcreas habitan principalmente Crassostrea rhizophorae, Ostrea frons, esponjas y gran cantidad de larvas de diversos organismos marinos; las comunidades de los fondos de sedimentos (arenas coralinas, guijarros y fangos), están representadas fundamentalmente por poliquetos infaunales y Halimeda sp., alternándose con parches de Thalassia testudium y esponjas; las comunidades de las praderas de fanerógamas marinas, están formadas por Thalassia testudium en compañía de Porites porites, Montastrea cavernosa, Strombus raninus, Lytechinus variegatus; las comunidades de los fondos algales están constituidas principalmente por especies de los géneros Halimeda, Dictyota, Caulerpa, y Penicillus en compañía de pequeños crustáceos y moluscos roedores. Las comunidades de los arrecifes de parches están formadas principalmente por Montastrea cavernosa, Montastrea annularis; Millepora alcornis, y Diplora labyrinthiformis en compañía de Dictyota

sp., y Anadara sp., las comunidades de los arrecifes de barreras del norte están constituidas principalmente por Porites porites y Acropora palmata en la rompiente, y presenta este arrecife sus unidades geomorfológicas bien definidas, a diferencia de los del sur que se caracterizan por ir aumentando gradualmente su profundidad hasta llegar al cantil.

4.- Los arrecifes de barrera del norte están más desarrollados que los del sur, en cambio este último presenta un cantil más profundo que el del norte; los arrecifes de parche del sur están mejor desarrollados que los del norte.

5.- Se determinó la presencia de 181 especies biológicas, constituidas por tres especies de mangle; una especie de fanerógama marina (T. testudinum); 32 especies de algas marinas; 13 especies de esponjas; 17 especies de corales hermetípicos, de los cuales los más representativos son Porites porites, Porites astreoides, Acropora palmata y Montastrea annularis. Se observaron tres especies de hidrozoarios del género Millepora; 7 especies de poliquetos; 8 especies de equinodermos; 71 especies de moluscos, constituyéndose éstos en los organismos más diversificados del presente estudio; 11 especies de crustáceos y 18 de peces, los cuales no presentaron tallas comerciales.

## VI. RECOMENDACIONES

Es apremiante la necesidad de poner en práctica el plan de manejo para el Parque Nacional Submarino Corales del Rosario, que actualmente desarrollan algunas entidades con el propósito de defender estas importantes estructuras, que se están deteriorando por la acción de diferentes agentes, los cuales aunque ya han sido identificados en diferentes trabajos (dinamita, sedimento-blanqueamiento, oleaje y natural), requieren profundizar su conocimiento por medio de investigaciones más detalladas, e igualmente se requiere continuar los levantamientos cartográficos bioecológicos del Parque, con el propósito de localizar y definir las zonas en donde se deben aplicar los procedimientos que arroje el mencionado plan de manejo.

De igual forma se requiere extender este tipo de investigaciones en las demás aguas marinas costeras continentales e insulares del país, con el propósito de mejorar el conocimiento, manejo y conservación de estos importantes recursos

Y conservación de estos importantes recursos dando también cumplimiento a las sugerencias del Tercer Simposio Interamericano sobre Arrecifes Coralinos. Portal motivo y teniendo en cuenta la gran extensión de las zonas a

cartografiar y lo extenuante de este trabajo, se sugiere constituir un grupo de trabajo interinstitucional, dentro del cual se distribuyan las diferentes áreas de estudio.

TABLA 1: PORCENTAJES TOTALES DE COBERTURA POR TRANSEPTO  
PORCENTAJE DE COBERTURA POR TRANSEPTO

OBSERVACIONES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9a	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	TOTAL		
Coral muerto	3	8,3						5,8	18	35	0	18				2,2	9,3	11	5,7	6,9		8,7	9		6,4	9,2	10	2,8	5,3	6,020689		
Montastrea annularis									12	5,8	1,1											0,4	0,8					12	9,6	1,437931		
Montastrea cavernosa									0,9	0,9													0,3	6,4						0,293103		
Millepora alcicornis								0,5	0,1	6,5								0,7									10	8,1		0,893103		
Millepora complanata																					1,4	2	1,6				1,7	1,6	2,1	0,358621		
Millepora squarrosa	0,5							0,2	0		1,8	1,5	0,5												2,3			5,4	5,6	0,613793		
Porites porites	2			3,6	1,3	1,4		1,6	2,7	4		1,7	0,9						0,1			0,4	2			0,2	2,3	1	16	24	2,248275	
Porites astreoides	1,5	2,5	0,8					1,4	1	2,7	2,1	0,6							0,3	0,1	0,2	0,7		1,7		2,4	0,3	1,6	5	1,510344		
Diploria clivosa																						2,5	1,8					5		0,320689		
Diploria labyrinthiformis											0,5	0,8													2,8					0,141379		
Acropora cervicornis											1,7																				0,058621	
Agaricia tenuifolia								2,4	2,2	2,3		0,1			0,5			0,2	5,1			1,5			5	3,2					0,775862	
Colpophylla natans																								0,6							0,020689	
Siderastrea siderea	0,8						0,1		0,7	2,2	1,6	1,3	0,2						0,8				1,1	6	4,1			0,5		0,668965		
Siderastrea radians				0,6	0,1	0,2					1								0,1				4,3								0,217241	
Eusmilia fastigiata									0,4	1,1		0,1																			0,055172	
Favia fragum								0,2	0,2		0,1												0,3	0,3							0,037931	
Dichocoenia stokesi																								0,2							0,006869	
Manicina aerolata			0,4		0,8	0,2	2,2					0,7	0,3											0,2							0,165517	
Thalassia testudinum	12	2,5	12	4,7	4,0	4,9	3,0	8	9,4	2,1	3,4	2,9	3,2	3,3	0,6	1,2	2,5	1,5	1,5	2,8	6,4	2,1	1,3	3,4	3,7					18,36551		
Dictyota sp.		3,7		3	1,1	8,5		2	3	0,2	3	4,2	1,5	2,7	2,6	2,6							6,4		3	2,8	1,6	2,6	2,8	7,9	3,4	2,365517
Halimeda sp.	6,5	1,0	8,7	1,7	5,9	4	1,0	1,0	2,6	5,2	5,3	4,6	4,6	0,2	0,4	8,3	4,3	2,5	5,7	4,8	5,4	2,8	1,0	1,7	1,3	1,0	4,4	6,6	8,7	6,317241		
Caulerpa sp.	1,2	2,5		3,4				0,8	0,2	0,2	0,7	1,1	0,2	0,7	1,6	1,3	0,5	1,2										1,6	0,7	1,2	0,762068	
Penicillus sp.		5,4	1,1	1,9	0,1	0,5	4,7					3,2	9	2,4	0,4	2,3	0,6		6,7							5,4	0,8			3,210344		
Acanthophora sp.												0,2			1,6																0,062068	
Hypnea sp.																				1,5											0,051724	
Valonia sp.		0,4			0,6	0,6	0,4					1,8														1,1				0,168965		
Dictiopteris sp.								1,7				0,7				1															0,117241	
Padina sp.									3,2													0	0,3								0,120689	
Cladophora sp.																						5,7									0,196551	
Gracilaria sp.																						0,3	1,5								0,062068	
Bryopsis sp.																							8,2								0,282758	
Dictyosphaeria sp.																0,8	0,5														0,044827	
Algas coralinaáceas			3,5	3,8	1,6	2	0,8					1,7			0,8								0,7			0,6	0,3				0,544827	
Espojas	2,5	4,5	4,5	5,5	3,4	1,9	2,1	2,8	3,4		5,1	3	2,4	0,7	4	10	2,3	1,3	5	16	5	6	15	2	3,1	3	8,8	18		5,275862		
Poliquetos				1,6	0,4						0,8	0,1			0,1													0,7			0,131034	
Equinodermos						0,4					0,1	1,3								0,7	0,3					0,3	0,4			0,120689		
Anémonas	2,6	0,4	1,1	0,5	0,1	0,5													0,1												0,182758	
Moluscos		0,4				0,5						2,1				0,2	1,3		1,1	0,5			0,2								0,217241	
Sedimento limoso		2	7	2,3	1,9	1,9							2,7	2,5	1,5	1,9															5,379311	
Árena	5,5	4,9	3,0	2,2	6,7	1,7	2,2	3,7	4,2	2,2	3,4	2,2	3,6	1,4	4,6	3,1	3,5	3,0	2,1	4,1	5,8	4,8	3,9	4,1	5,2	2,3	2,9		5,9	30,21379		
Guajarras	1,2	6,2	2,2	0,5	3,9	2,8	0,8				2,6	1,1		0,9	2,4	3,0	5,0	1,7	1,5			0,1	9,6			0,3	3,2	1,8	2,8	8,024137		
Basura																0,5	2,6														0,106896	

TABLA 2: AREAS TOTALES (METRO CUADRADO) OCUPADAS PO LOS DIFERENTES GRUPOS EN LA ISLA NAVAL HASTA LA PROFUNDIDAD DE 12 METROS	
GRUPOS	AREAS
Coral muerto	40,85,0
Coral vivo	6665,6
Fanerógamas marinas	12460,9
Algas marinas	9707,2
Eponjas	35,79,6
Poliquetos	88,9
Equinodermos	81,8
Anemonas	123,9
Moluscos	147,3
Fondos de sedimento	29666,8
<b>TOTAL AREA SUBMARINA ESTUDIADA</b>	<b>66607,0</b>
TERRENOS ISLA NAVAL	5360,0
TERRENOS ISLOTES ADJUNTOS A LA ISLA NAVAL	480,0



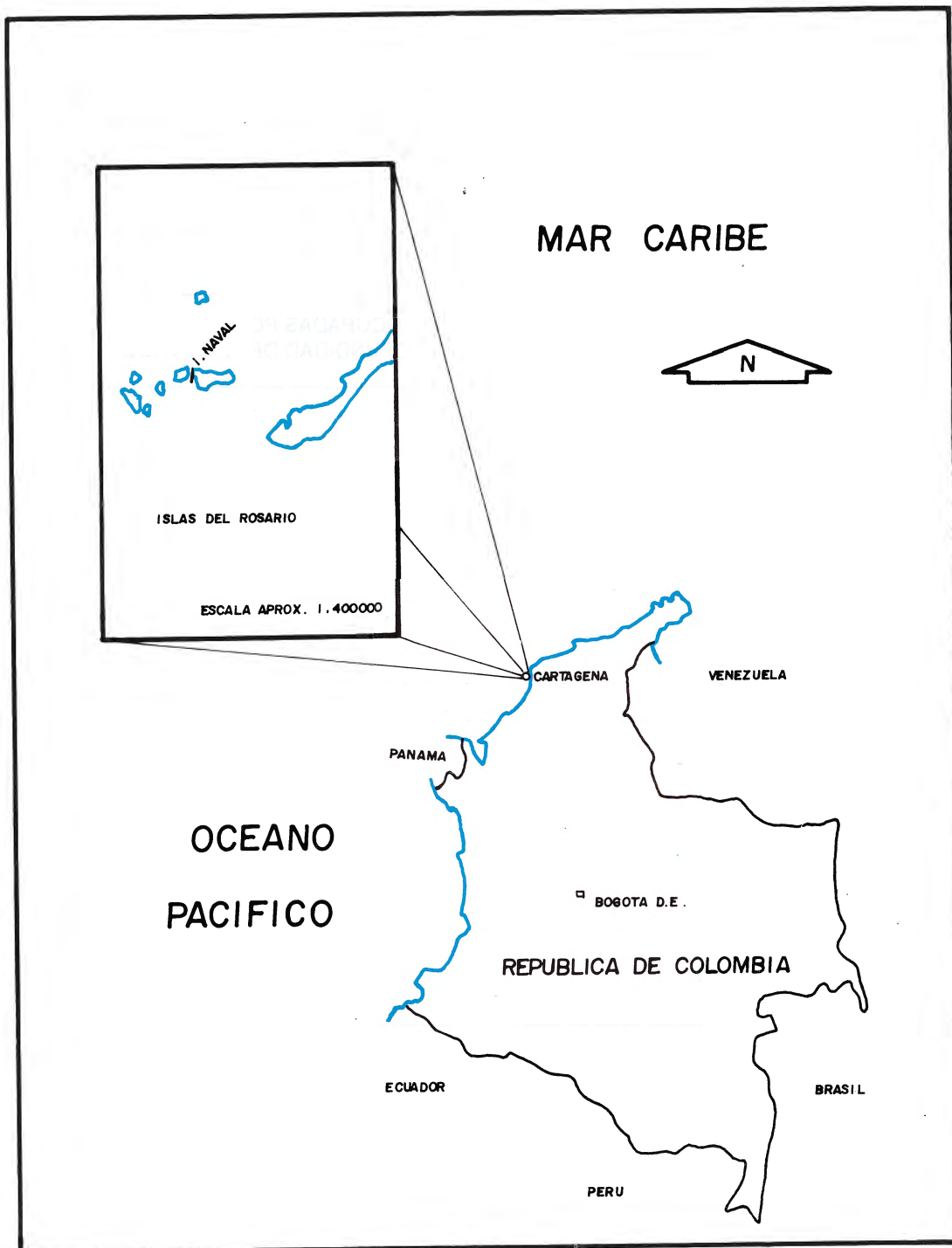
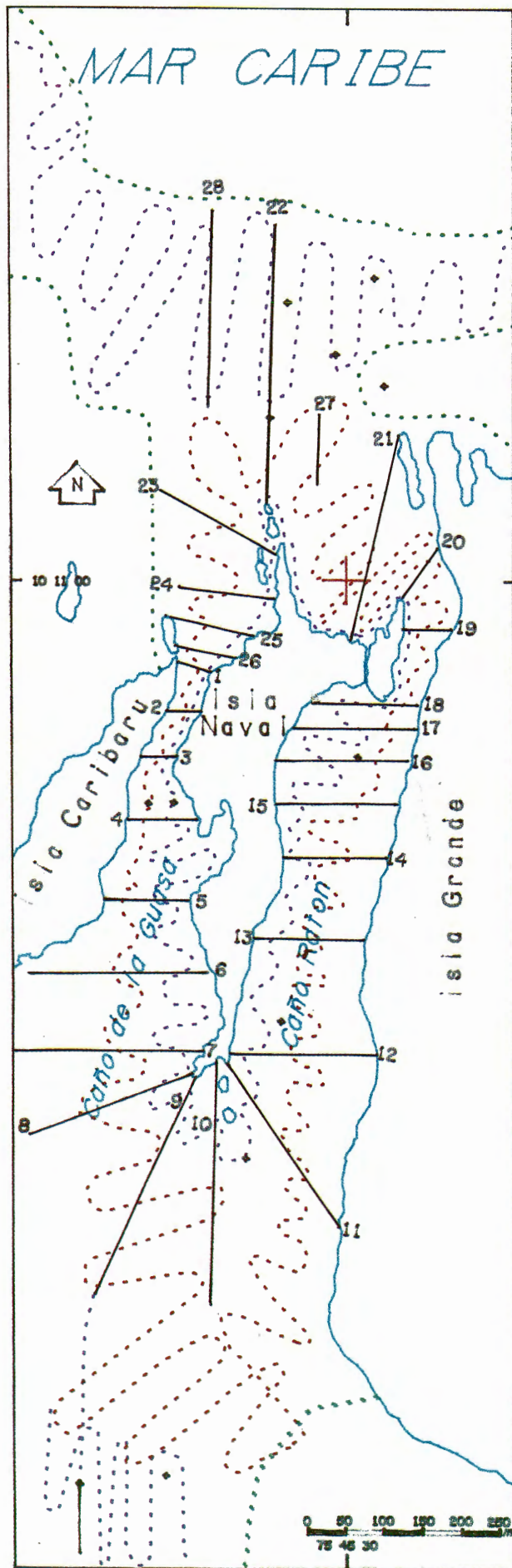


FIGURA 1. LOCALIZACION DE LA ISLA NAVAL (ISLA DEL ROSARIO).



**FIGURA 2**  
**MAPA DE**  
**LOCALIZACION DE LOS**  
**TRANSEPTOS Y**  
**MONITOREO DE**  
**VERIFICACION DE**  
**DATOS**

**REPRESENTACIONES**  
**GRAFICAS**

- ◆ BALIZAS
- TRANSEPTOS
- - - MONITOREO POR BUCEO REMOLCADO
- · · MONITOREO POR BUCEO AUTONOMO
- · · · · LIMITES DEL ESTUDIO

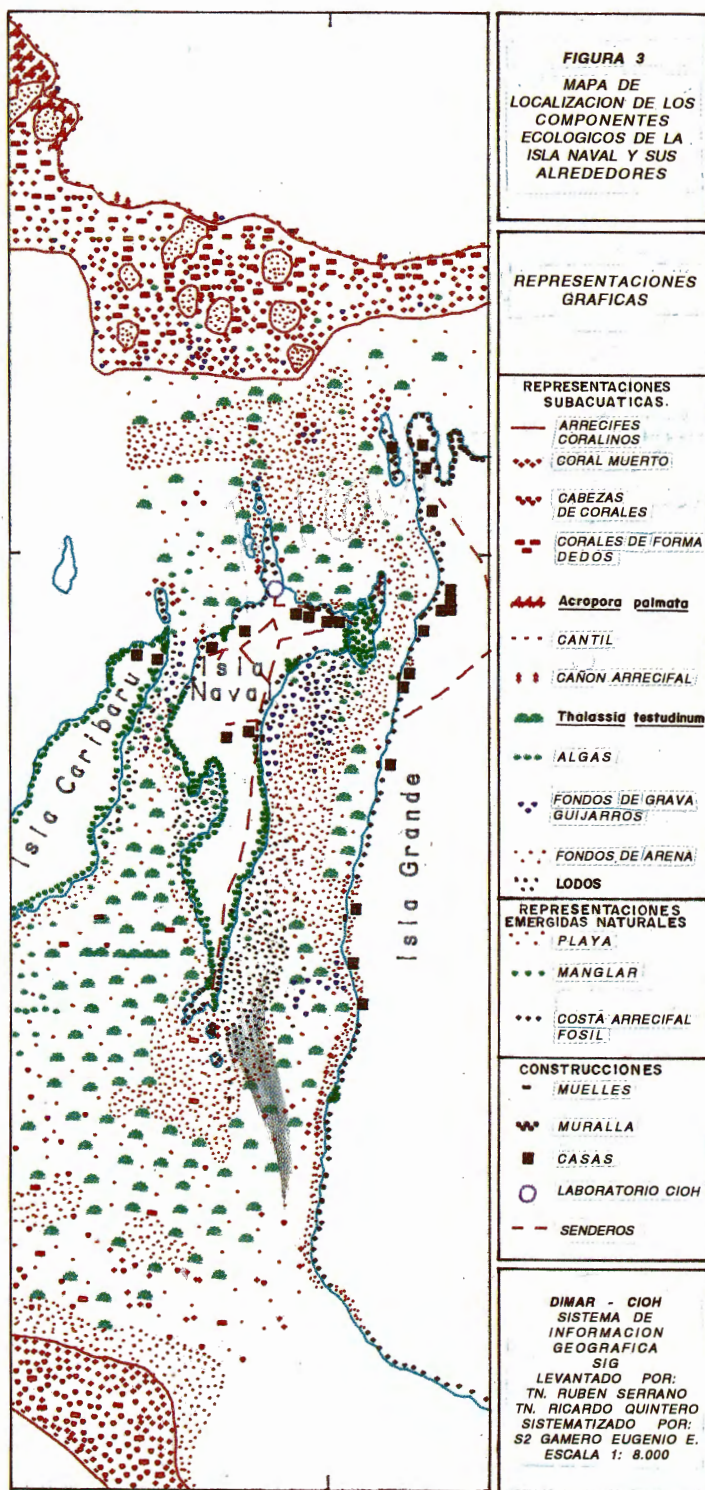
**DIMAR - CIOH**

**SISTEMA DE**  
**INFORMACION**  
**GEOGRAFICA**  
**SIG**

**LEVANTADO POR:**

**TN. RUBEN SERRANO**  
**TN. RICARDO**  
**QUINTERO**

**SISTEMATIZADO POR:**  
**S2 GAMERO EUGENIO E.**  
**ESCALA 1: 8.000**







**FOTO 1** Foto aérea inclinada tomada en el área de estudio  
(norte de la Isla Naval)



**FOTO 2** Foto aérea inclinada tomada en el área de estudio  
(sur de la Isla Naval)





**FOTO 3** Diploria labyrinthiformis, (transepto 10). Observar el cuadrante.



**foto 4.** Ejemplo de algunas especies que conforman la fauna acompañante de las zonas arrecifales del norte y sur de la Isla Naval.





FOTO 5 Fondos formados por guijarros de conchas de moluscos muertos y gravilla (transepto 17)



FOTO 6 Fondos de T. testudinum con arena, Halimeda sp., y Montastrea cavernosa (transepto 10).





FOTO 7 T. testudinum con restos de coral muerto y arena, P. astreoides, Meandrina meandrites, Manicina areolata, esponjas y Halimeda sp. (entre transectos 9,10)

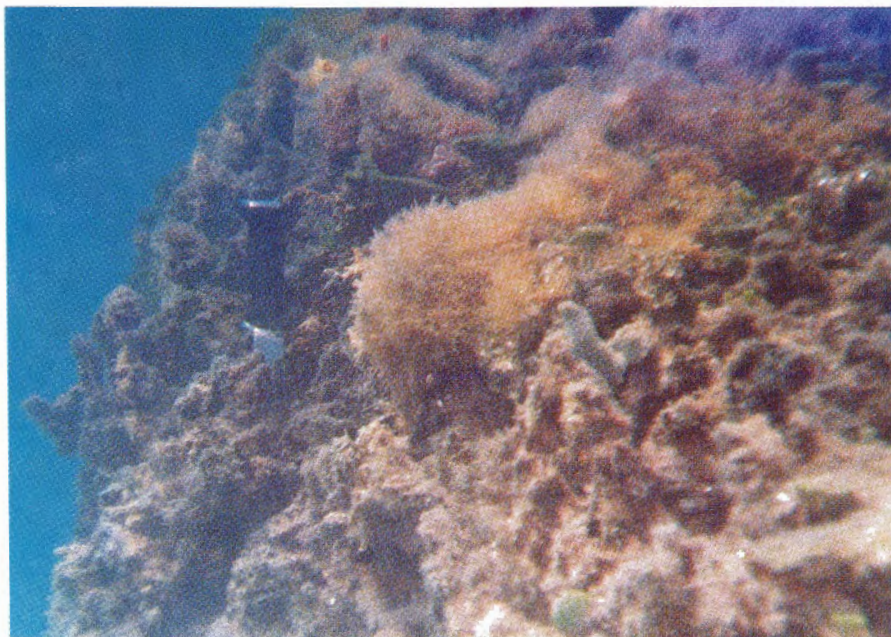


FOTO 8 Dictyota sp., Penicillus sp., Halimeda sp., Caulerpa sp., algas coralináceas, esponjas y sedimentos limosos (transecto 4).





FOTO 9 P. porites, P. astreoides, A. tenuifolia, M. complanata, M. annularis, Halimeda sp. esponjas. (zona arrecifal norte entre los transectos 22 v 28).



FOTO 10 Colonias de M. annularis con invasión de diferentes tipos de algas muy bien desarrolladas (transecto 9).





FOTO 11 Arena con *T. testudinum*, *Halimeda* sp., *Porites astreoides* y *Dichocoenia stokesi* la cual en su parte superior presenta inicio de invasión algal (proximidades del transepto 22).

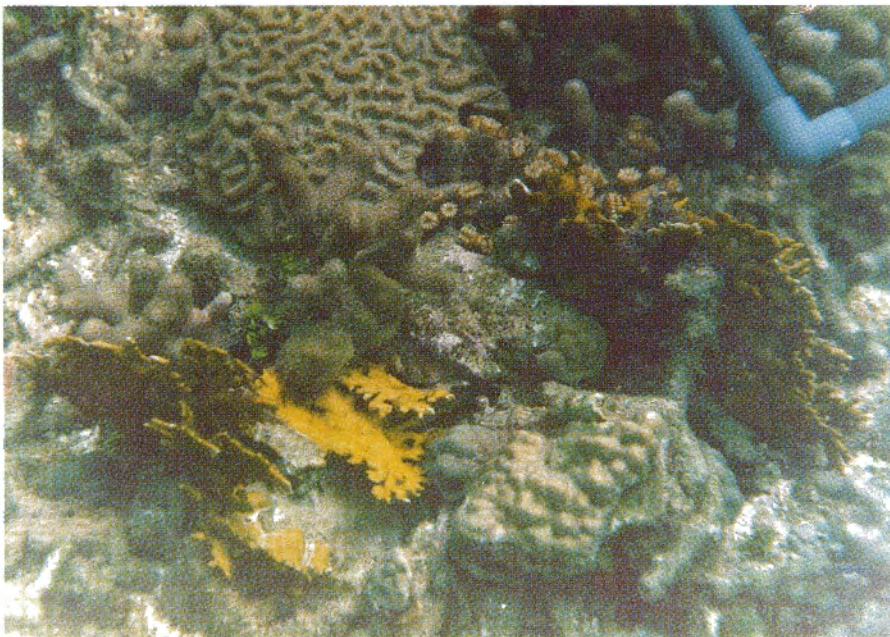


FOTO 12 *M. alcicornis*, *Eusmilia fastigiata*, *P. porites*, *P. astreoides*, *Halimeda* sp., *Dictyota* sp. y coral muerto (transepto 9).





**FOTO 13 Thalassia testudinum con arena y pepinos de mar (proximidades del transecto 6).**

#### **BIBLIOGRAFIA**

- ALVARADO, E.M. et al, 1986, Evaluación cualitativa de los arrecifes coralinos de las Islas del Rosario (Cartagena Colombia). Boletín Ecotrópica. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano: 1-30.
- ANDRADE, C. & F. Thomas. 1988. Sedimentos en suspensión e hidrodinámica al sureste del delta del río Magdalena, mar Caribe (Colombia). Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH). Bol. Cient. 8:27-34.
- ESCUELA CARTOGRAFICA. Sin fecha. Operador de la digitalizadora de mapas. Panamá C-103; 62:1-18.
- FAO. 1986. Marine resource mapping: and introductory manual. FAO Fisheries Technical Paper 274: 256p.
- GALVIS, N. 1988. Evaluación cuantitativa de las llanuras arrecifales de las Islas de Pavitos Parque Nacional Natural Corales del Rosario, Cartagena Colombia. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 22p
- GOMEZ, C. & L. F. Sánchez. 1987. Fenómeno del blanqueamiento en el parque zona atlántica Corales del Rosario, su identificación y explicación. Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA). Manglaría: 20-21.
- LEBLE, S. & R. Cuignon. 1987. El Archipiélago de las Islas del Rosario, Estudio Morfológico, Hidrodinámico y Sedimentológico. Centro de Investigaciones (CIOH). BOL. CIENT. 7:37-52.
- MARGALEF, R. 1980. Ecología. Ed. Omega, S.A. 3a. Ed. Barcelona. 951 p.
- MARQUEZ, G. 1987. Las Islas de Providencia y Santa Catalina Ecología Regional. Universidad Nacional - FEN COLOMBIA.

PFAFF, R. 1969. Las Scleractinia y Milleporina de las Islas del Rosario. Mitt. Inst. Colombo Alemán Invest. Cient. 3: 17-24.

PRAHL VON, H & H. Erhardt . 1985. Colombia corales y arrecifes coralinos. Fondo para la protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis" FEN COLOMBIA. 285 p.

RAMIREZ, A. 1984 a. Ecología Descriptiva de Las Llanuras Madreporarias del Parque Nacional Submarino los Corales del Rosario (mar Caribe) Colombia UJTL 28p.

-----  
1984 b. Arrecifes de coral: Ecosistema en infortunio. Universidad Jorge Tadeo Lozano - Seccional del Caribe. Futuro, 2: 35-37.

VAN DUYL, F.C. 1985. Atlas of the Living Reefs of Curacao and Bonaire (Netherilands Antilles). Thesis vrije Universiteit. Amsterdam. 37p

VERNETTE, G. 1985. La platform continentale Caraibe de Colombie (du débouché du Magdalena au golfe de Morrosquillo) Importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sedimentation. These de Doctorat détat es Sciences. Université de Bordeaux I. 387 p.

WERDING, B & H. Sánchez. 1979. Informe faunístico de las Islas del Rosario en la costa norte de Colombia. An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín. 11: 7-20.

ZEA, S. 1987. Esponjas del Caribe colombiano. Colciencias - Catálogo Científico - FEN COLOMBIA 286 p.