

ESTUDIO DE LA CONTAMINACION MARINA POR
HIDROCARBUROS EN EL LITORAL PACIFICO COLOMBIANO:
1989.- 1990

*Por: Alonso J. Marrugo González
Mario Alberto Palacios Moreno*

RESUMEN

Se presentan y evalúan los resultados de los análisis de los hidrocarburos de petróleo obtenidos en las muestras de agua, sedimentos y organismos, durante el período de Junio de 1989 a Junio de 1990, en las zonas costeras del Pacífico colombiano, Ensenada de Tumaco, Bahía Guapi, Isla Gorgona, Bahía de Buenaventura, Bahía Málaga y Cabo Corrientes. Correspondientes a la región IV zonas 2 y 3 del Plan de Desarrollo de Ciencias y Tecnologías del Mar en Colombia 1090-2000.

Las concentraciones de hidrocarburos disueltos dispersos en aguas son bajas en todo el litoral, presentando una concentración media de 0.52 Ug/L. La zona con mayores valores fue la de Buenaventura con 1.16 Ug/1. Los sedimentos y los bivalvos, presentaron altas concentraciones en la Bahía interna de Tumaco y en el Muelle de Ecopetrol en Buenaventura.

Los resultados obtenidos, nos brindan una visión bastante clara de como las actividades de movilización y almacenaje de petróleo crudo y sus derivados, contribuyen al aumento de las concentraciones de hidrocarburos fósiles en los ecosistemas costeros.

ABSTRACT

This survey present and evaluate the results of petroleum hydrocarbon analysis from water, sediment and organism samples during june/89 - june/90 in Tumaco Inlet, Guapi Bay, Gorgona Island, Buenaventura Bay, Malaga Bay and Cabo Gorrientes, all these are included on IV Región, 2 and 3 zones of sea science and technology development plain in Colombia.

The concentrations of hydrocarbon dissolved and spread in water are low along the Littoral and it show a mean value of 0.52 ug/1. The higher values was shown in Buenaventura Bay with 1.16 Ug/L. The sediment and bivalves hydrocarbon concentrations were major in Tumaco inner Bay and Buenaventura Ecopetrol wharf.

The results provide a clear sight about the contribution *my* the movilization and storage of oil crude and its derivates over the increase of fossil hydrocarbon concentration on shore ecosystems.

La dispersión de hidrocarburos del petróleo en el sistema marino como resultado de las necesidades energéticas del Hombre, son visibles, en el ensuciamiento de las playas, el recubrimiento de las aguas superficiales con películas y conglomerados de alquitrán, y en algunos casos la presencia de aves muertas o moribundas (Goldberg, E.D., 1979). De la misma forma, la presencia de hidrocarburos disueltos y dispersos en la columna de agua, así como la acumulación de estos residuos en sedimentos de la plataforma y organismos marinos, es evidente y están siendo estudiados a nivel mundial.

Además del aporte de hidrocarburos petrogénicos ocasionado por la manipulación del petróleo por el hombre, existen otras fuentes como los infiltrados de modo natural por el fondo del mar y los hidrocarburos producidos por los propios organismos o biogénicos.

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 o por los aportes crónicos provenientes de las actividades marítimas y portuarias, transporte, refinación y usos del mismo. Por lo tanto, la evaluación posterior a los derrames y el continuo monitoreo son tareas imperativas y es sólo con base en ellas como puede medirse la magnitud real de los accidentes y los aportes crónicos, y sus efectos posteriores sobre la biota marina, tanto a corto, como a mediano y largo plazo (Botello, et:al.1987).

El petróleo derramado después que penetra en los mares se dispersa sobre las aguas superficiales.

Cada vertimiento se comporta de distinta manera dependiendo de su composición química, de la dirección y velocidad de los vientos y de las corrientes marinas predominantes.

Es por ello, que la determinación de los hidrocarburos del petróleo disueltos/dispersos en el agua de mar, acumulados en sedimentos y organismos marinos se ha convertido en los últimos años en una necesidad para todos los países cuyas fronteras limitan con el mar. La situación se hace más crítica en aquellas zonas de gran tráfico de barcos y en especial, de buques petroleros (Martínez.M.et. al 1987).

En Colombia el uso del petróleo y sus derivados son fuentes de energía y materia prima para la industria. En la actualidad con la perforación, la explotación de nuevos pozos, con fines de auto-abastecimiento y exportación, la producción bruta nacional ha aumentado gradualmente. Por esto se ha de suponer, que los procesos de vertimientos en el mar, zonas litorales y los ríos han aumentado,

a la medida en que se ha incrementado su exploración, refinación, transporte y usos del mismo. Por otra parte, en los últimos años los frecuentes atentados a los oleoductos nacionales han aportado a nuestras cuencas hidrográficas una nueva fuente de contaminación por hidrocarburos bastante considerable.

El presente trabajo corresponde a las actividades realizadas entre Junio de 1989 y Junio de 1990, los resultados obtenidos de los análisis de muestras de aguas, sedimentos y ostras de veinticuatro (24) estaciones, 5 en la Ensenada de Tumaco, 4 en Isla Gorgona, 4 en la Bahía de Buenaventura, 4 en la Bahía de Guapi, 4 en la Bahía Málaga y 3 en Cabo Corrientes (figura 1).

MATERIALES Y METODOS

AREA DE ESTUDIO

Para la realización de la investigación se escogieron las zonas de más alto riesgo y vulnerabilidad del Pacífico Sur Colombiano. Se analizaron muestras tomadas en 24 estaciones: 5 en la Ensenada de Tumaco, 4 en la Bahía de Guapi, 4 en la Isla de

Gorgona, 4 en la Bahía de Buenaventura y 4 en la Bahía Málaga, 3 en Cabo Corrientes, se analizaron las concentraciones de hidrocarburos en aguas, sedimentos y organismos (figura 1).

La Ensenada de Tumaco, la Bahía de Buenaventura y la Bahía de Guapi fueron escogidas como

COLOMBIANA - FASE 2

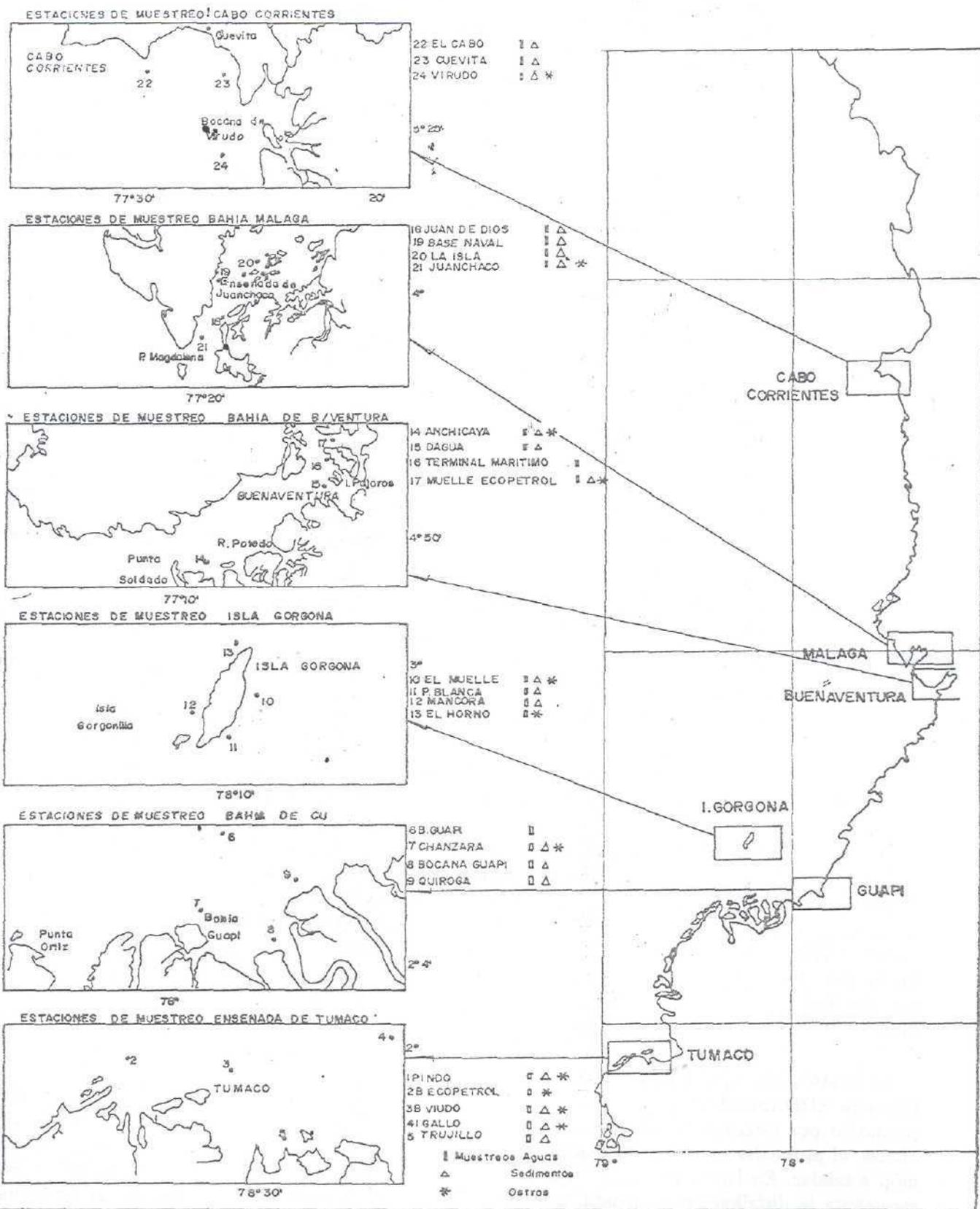


Figura 1

zonas de estudio, por ser los principales centros poblacionales y donde se registra el mayor tráfico marítimo, además de ser una región de alta vulnerabilidad y sensibilidad por su abundante riqueza marina. La Isla Gorgona y Cabo Corrientes se escogieron por ser zonas aparentemente alejadas de cualquier fuente de contaminación directa, lo cual nos ha servido para establecer nuestros propios criterios de contaminación relativos, indispensables en este tipo de estudio. La Bahía Málaga se escogió como zona de estudio para evaluar su posible deterioro a consecuencia del incremento del tráfico marítimo y poblacional con la construcción de la Base Naval del Pacífico.

METODOLOGÍA

Se tuvieron como referencias los manuales y guías No. 13 de la COI "Manuales para la Vigilancia del Aceite y los Hidrocarburos del Petróleo Disueltos y Dispersos en el agua de Mar y en las Playas". UNESCO 1982, los manuales y guías No. 11 de la COI "Determinación de los Hidrocarburos Petrogénicos en los sedimentos" UNESCO 1982, los manuales de métodos de muestreo, manejo y análisis recopilados por la UNESCO/COI/FNUMA, 1984. Documentos operativos de la CPPS-CONPACSE y el Informe del curso regional sobre Técnicas analíticas para la determinación de Hidrocarburos de Petróleo, en Organismos, y Sedimentos Marinos en el Pacífico Sudeste, Valparaíso, Chile (Bruhn et. al 1987).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los análisis de hidrocarburos disueltos dispersos en agua (HDD), teóricamente revelan si la contaminación por hidrocarburos sigue afectando o no dicha agua, y son muy variables debido a que su concentración depende de la dinámica de las aguas, los vientos, de la dispersión y de la evaporación a que son sometidos estos hidrocarburos al llegar al mar.

En la tabla No. 1. puede observarse el número de datos de HDD tomados en cuenta en el cálculo del promedio por estación, el rango de las concentraciones, el promedio por sitio estudiado y la desviación estándar. En las figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7, se representa la distribución horizontal de los HDD, registrados para las diferentes zonas estudiadas.

Los valores obtenidos en los análisis correspondientes son heterogéneos (figura No. 8), con promedios bajos y sin tendencia definida a través de los cinco (5) muestreos. Los valores están todos por debajo de 10 Ug/l, norma establecida por UNESCO 1976, como máximo para aguas superficiales no contaminadas. Sin embargo, es importante hacer una comparación entre los mínimos y máximos obtenidos, así como describir las posibles fuentes, ya que existe cierta homogeneidad entre las diversas estaciones.

Las mayores concentraciones se registraron para la zona de la Bahía de Buenaventura, con un promedio de HDD de 1.16 Ug/l. Los mayores valores se presentaron en la estación No. 15, Dagua con una media de 2.33 Ug/l, en un intervalo de 0.3 a 9.8 Ug/l, registrando un máximo en el mes de Marzo de 1990 con 9.75 Ug/l. Este sitio está influenciado por aportes fluviales del río Dagua que arrastra detritos y material orgánico de diferente origen. Además, esta estación se encuentra muy cerca al canal de acceso al Puerto de Buenaventura en donde la actividad marítima y portuaria es intensa, tanto de embarcaciones de mayor como menor calado.

En la Bahía de Buenaventura se registraron valores altos, también en las estaciones 16 y 17 Terminal Marítimo, y Muelle de Ecopetrol respectivamente. Estos sitios están influenciados por las descargas de hidrocarburos de petróleo que ocurren en sus muelles, especialmente el de Ecopetrol, por la actividad Marítima y Portuaria de todo tipo de embarcaciones del Terminal Marítimo.

Es importante decir que la concentración de HDD en el Terminal Marítimo de Buenaventura no es tan alta como cabría esperarse si tenemos en cuenta el constante tráfico de grandes y pequeñas embarcaciones que realizan sus maniobras en el principal Puerto del país. En esta estación el promedio registrado fue de 0.39 Ug/l, presentó su pico máximo en el mes de Septiembre con 0.42 Ug/l y una dispersión de 0.04.

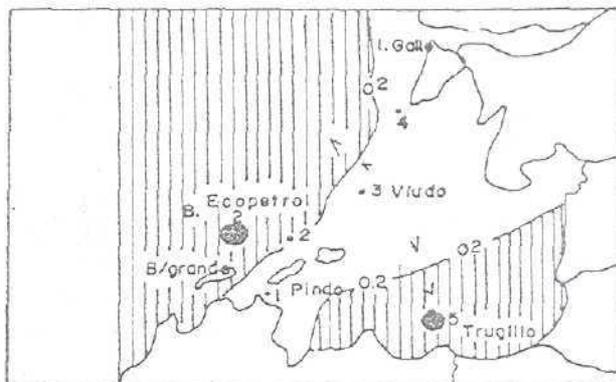
Los valores registrados en la Bahía de Buenaventura, como era de esperarse, son los más altos del área estudiada, teniendo en cuenta que la Bahía es pequeña y las actividades Marítimas y Portuarias son considerables, además de ser un estuario que recibe las aguas de grandes ríos como el Dagua, el

DISTRIBUCIÓN DE LOS HIDROCARBUROS EN LA ENSENA DE TUMACO



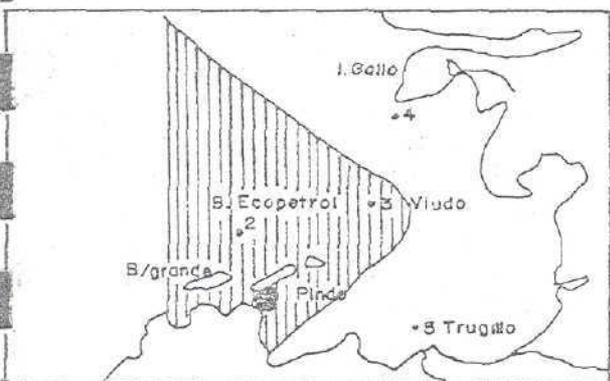
ESTACIONES DE MUESTREO E. DE TUMACO

- AGUAS
- SEDIMENTOS
- * OSTRAS



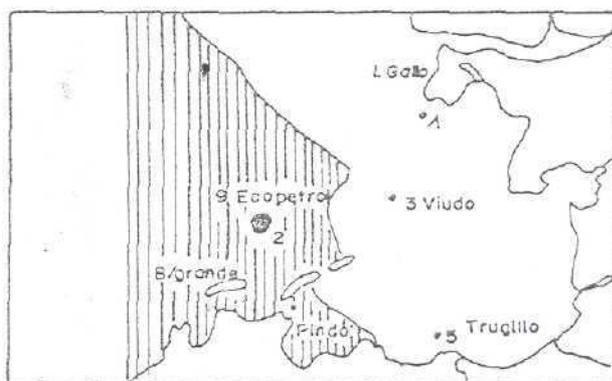
HIDROCARBUROS AROMATICOS EN AGUAS E. DE TUMACO

- < 0.2 Mg/l
- ▨ > 0.2 Mg/l
- 0.4 Mg/l



HIDROCARBUROS TOTALES EN SEDIMENTOS E. TUMACO

- < 20 Mg/g
- ▨ > 20 Mg/g
- 167 Mg/g

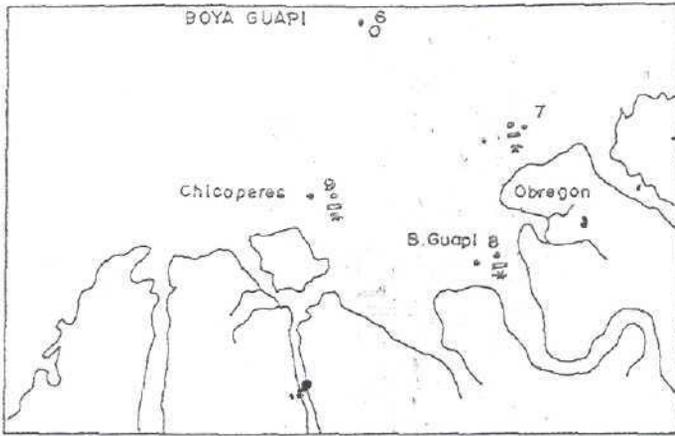


HIDROCARBUROS TOTALES EN OSTRAS E. DE TUMACO

- < 15 Mg/g
- ▨ > 15 Mg/g
- 25.69 Mg/g

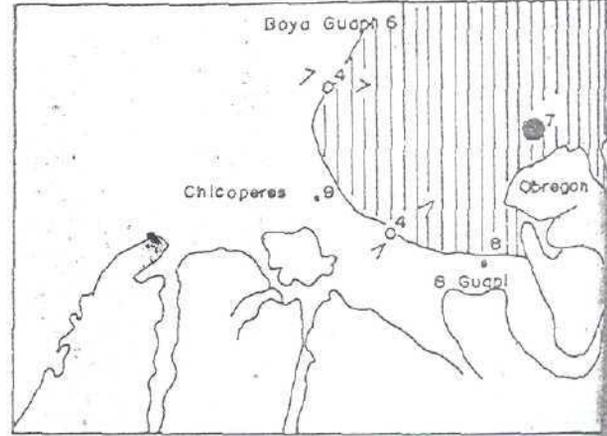
Figura 2

DISTRIBUCION DE LOS HIDROCARBUROS BAHÍA DE GUAPI



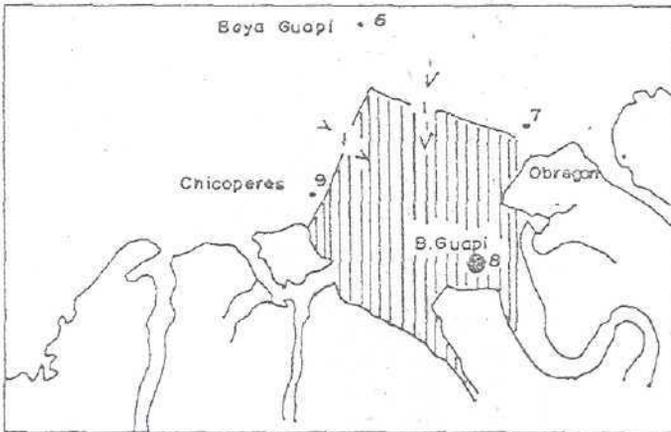
ESTACIONES DE MUESTREO B. GUAPI

- AGUAS
- ▨ SEDIMENTOS
- * OSTRAS



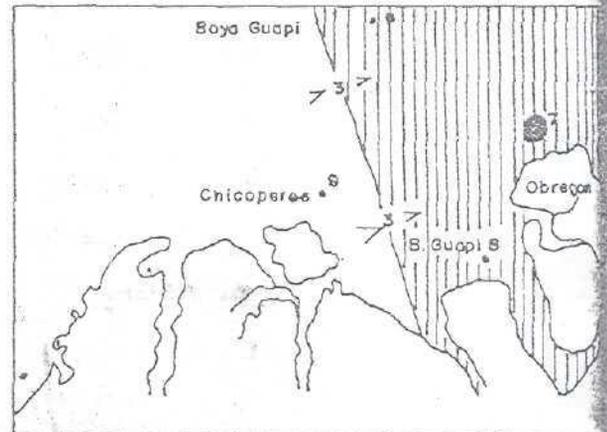
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS EN AGUAS B. GUAPI

- ▨ < 0.4 Mg/l
- ▨ > 0.4 Mg/l
- 2 Mg/l



HIDROCARBUROS TOTALES EN SEDIMENTOS B. GUAPI

- ▨ < 1 Mg/g
- ▨ > 1 Mg/g
- 5.77 Mg/g

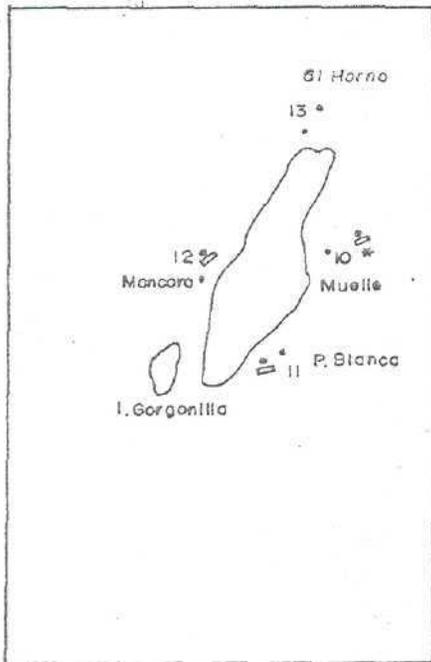


HIDROCARBUROS TOTALS EN OSTRAS S. GUAPI

- ▨ < 3 Mg/g
- ▨ > 3 Mg/g
- 420 Mg/g

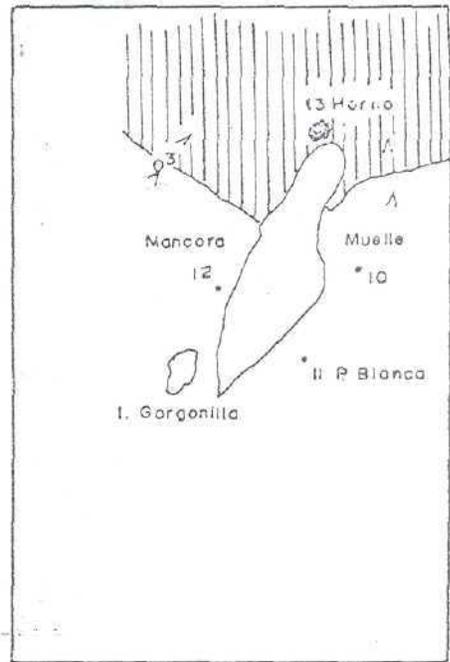
Figura 3

DISTRIBUCIÓN DE LOS H(OROCARBUROS EN LA I. GORGONA



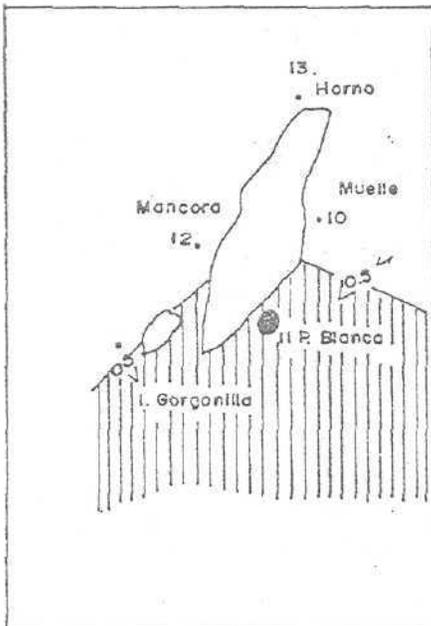
UBICACIÓN DE ESTACIONES I.GORGONILLA

- **Estufis**
-  **SEDIMENTOS**
- * **OSTRAS**



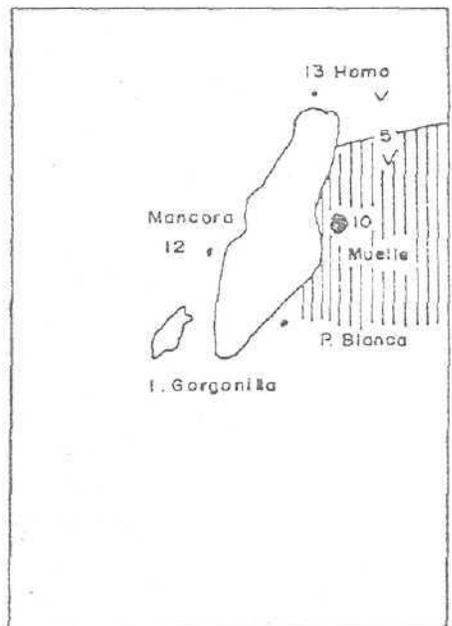
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS EN AGUAS I. GORGONILLA

-  **0-3**
-  **0.5**
-  **04**



HIDROCARBUROS TOTALES EN SEDIMENTOS

-  **< 0.5**
-  **> 0.5**
-  **1 Mg/g**



HIDROCARBUROS TOTALES EN OSTAS

-  **< 5 Mg/g**
-  **> 5 Mg/g**
-  **> 10 Mg/g**

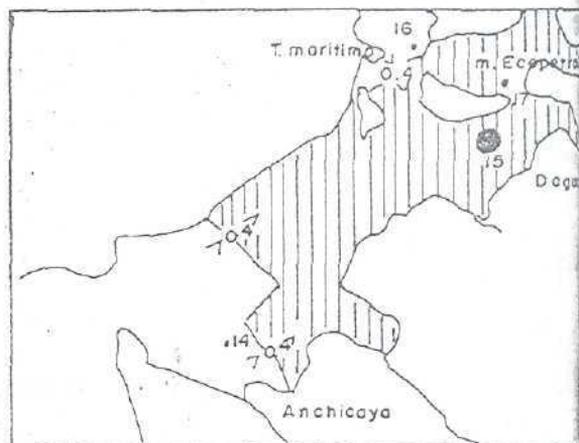
Figura 4

DISTRIBUCIÓN DE LOS HIDROCARBUROS EN LA BAHÍA DE B/VENTURA



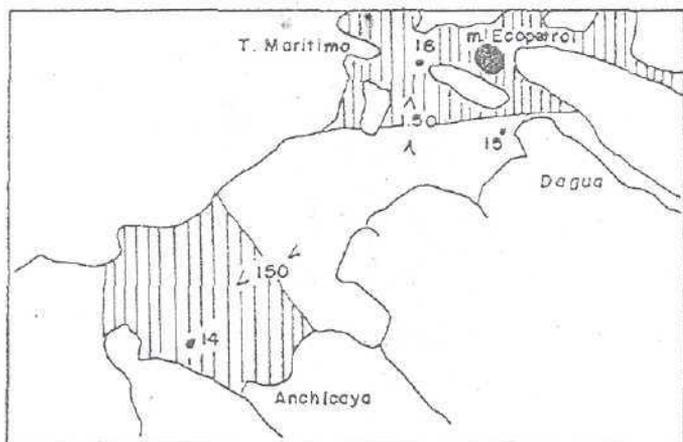
ESTACIONES DE MUÉSTREOS B/VENTURA

- AGUAS
- ★ SEDIMENTOS
- ★ OSTRAS



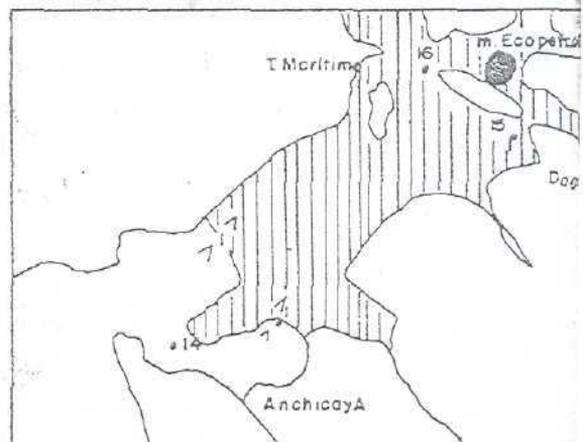
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS AGUAS B/ VENTURA

- ▨ > 0.4 Mg/l
- E3] > 0.4 Hg/l
- ◎ 4.15 Mg/l



HIDROCARBUROS TOTALES EN SEDIMENTOS B/VENTURA

- ▨ C3] < 16 Mg/l
- ▨ EXB > 15 Mg/l
- ◎ 204.4 Mg/l



HIDROCARBUROS EN OSTRAS B/VENTURA

- ▨ < 1 Mg/g
- ▨ > 1 Mg/g
- ◎ 38 Mg/g

DISTRIBUCIÓN DE LOS HIDROCARBUROS EN BAHIA MALAGA



ESTACIONES DE MUESTREO S.MALAGA

- AGUAS
- SEDIMENTOS
- OSTRAS



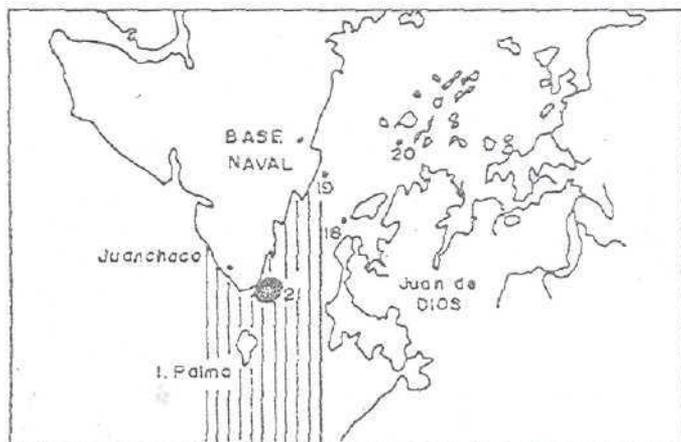
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS AGUAS B. MALAGA

- 0.3 Mg/l
- ▨ 0.3 Mg/l
- 0.5-4 Mg/l



HIDROCARBUROS TOTALES EN SEDIMENTOS B. MALAGA

- 5 Mg/g
- ▨ 5 Mg/g
- 12 Mg/g

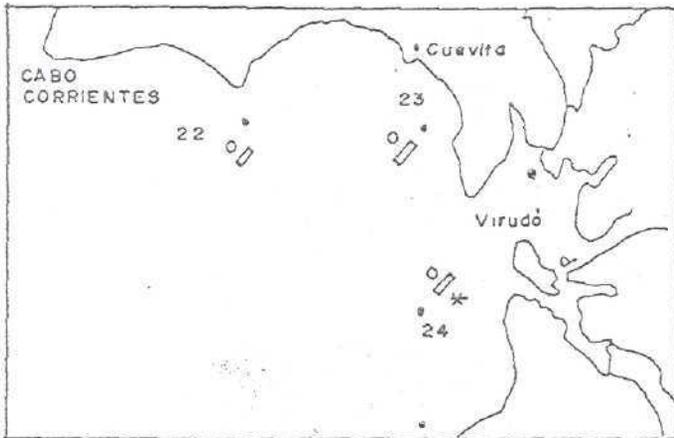


HIDROCARBUROS EN OSTRAS B. MALAGA.

- Nd
- ▨ 12.6 Mg/g
- 12.6 Mg/g

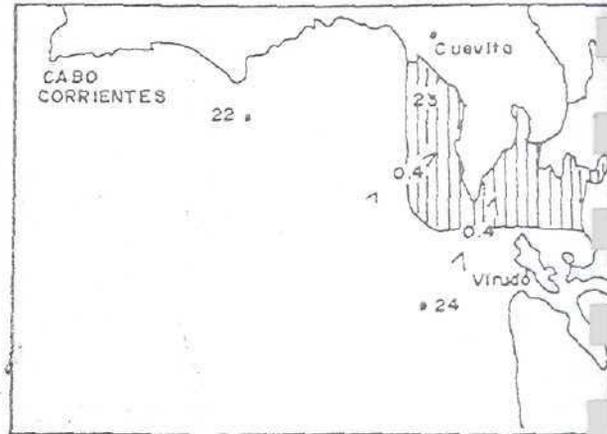
Figura 6

DISTRIBUCION DE LOS HIDROCARBUROS EN CABO CORRIENTES



ESTACIONES DE MUESTREO EN CABO CORRIENTES

- AGUAS
- ▭ SEDIMENTOS
- ✱ OSTRAS

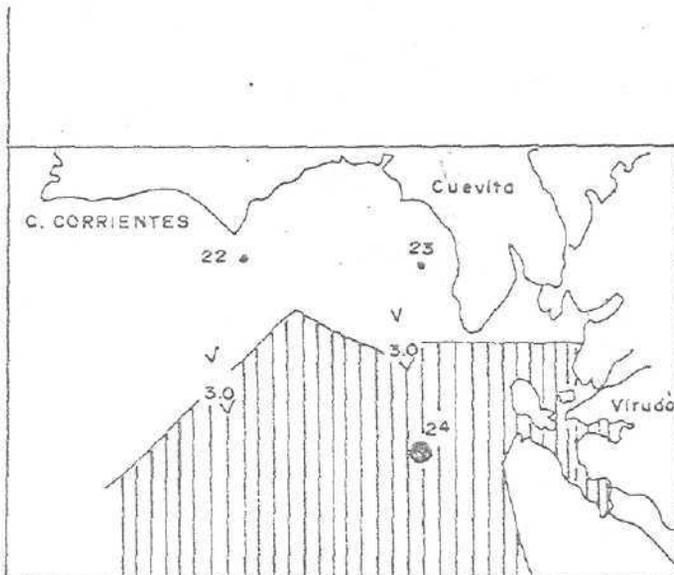


HIDROCARBUROS AROMATICOS EN AGUAS C. CORRIENTES

▭ < 0.4 µg/l

▭ > 0.4 µg/l

● 0.47 µg/l

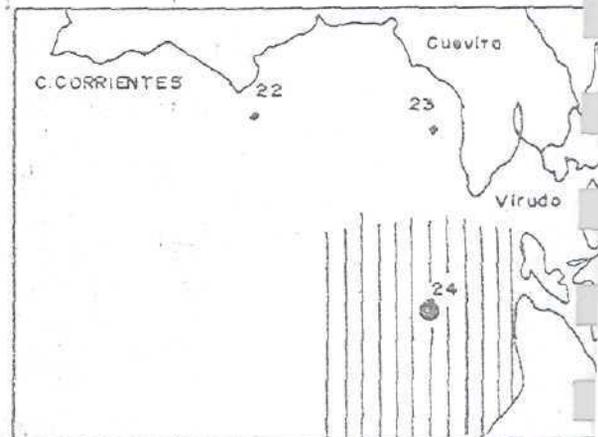


HIDROCARBUROS TOTALES EN SEDIMENTOS EN C. CORRIENTES

▭ < 3.0

▭ > 3.0

● 682 mg/g



HIDROCARBUROS EN OSTRAS C. CORRIENTES

▭ N d

▭ 6.0 mg/g

● 6.0 mg/g

Figur

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS DISL/DISP.
AGUAS PACIFICO COLOMBIANO / PROMEDIOS

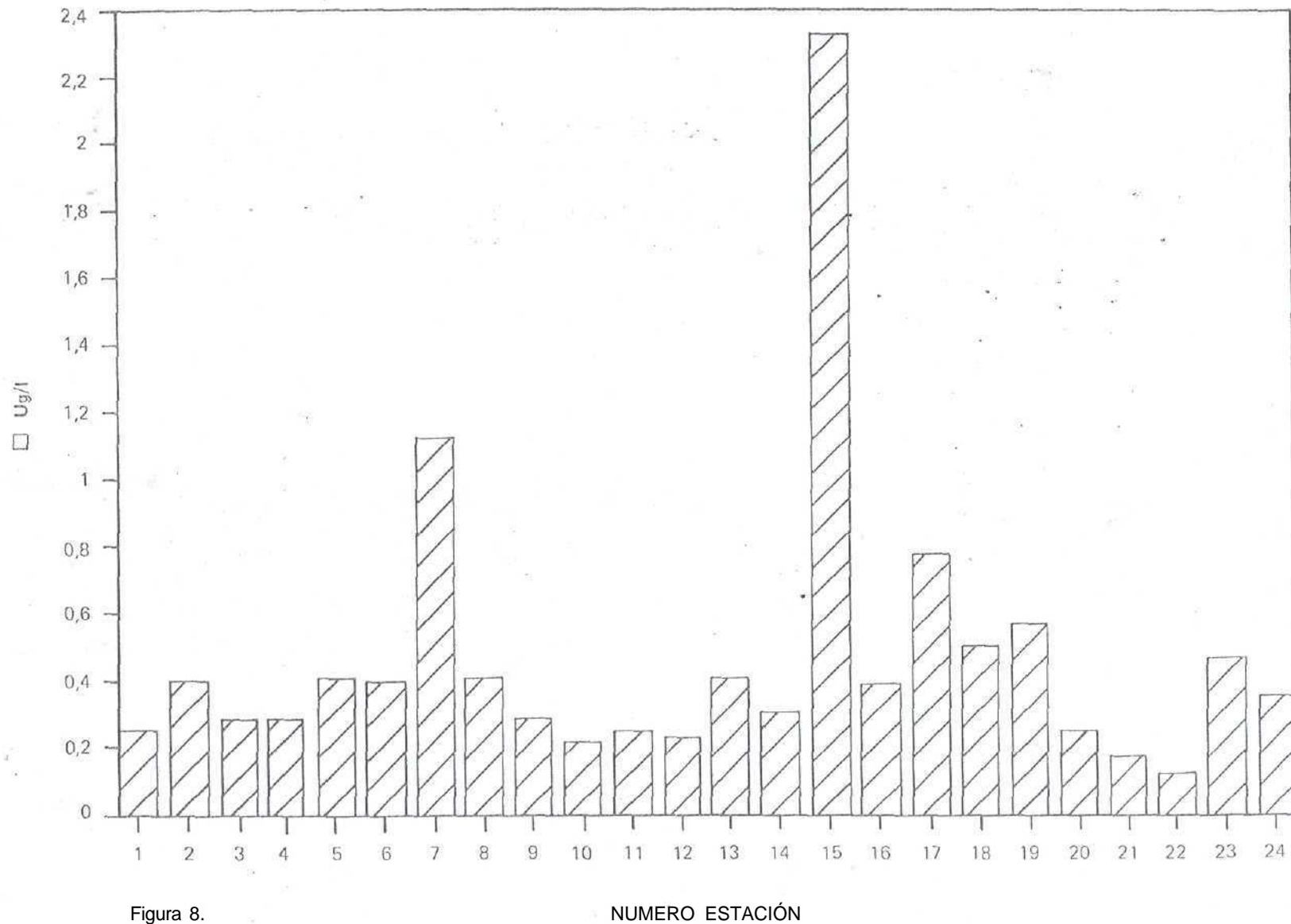


Figura 8.

NUMERO ESTACIÓN

Anchicayá y el Potedó. También este cuerpo de agua recibe todos los desechos de cerca de 200.000 habitantes. La Bahía podría estar más contaminada, pero gracias al intercambio de aguas durante los pleamares y bajamares, que pueden llegar a alcanzar una amplitud máxima aproximada de 5 metros, se mantienen niveles hasta ahora por debajo de las normas internacionales.

Los valores hallados para la zona de Buenaventura de 1,16 Ug/1, en el presente trabajo, son menores a los hallados en estudios anteriores de la misma zona: 1.75 Ug/1, (Marrugo, 1988), y 6.63 Ug/1 (Marrugo, 1989); también es inferior al reportado en estudios realizados en la Bahía de Cartagena de 0.1 a 65 Ug/1 y 10 Ug/1 en promedio (Caray 1986-87).

En la Bahía de Guapi se registró el segundo promedio más alto de HDD con 0.73 Ug/1, los mayores valores se obtuvieron en la estación No. 7 (Playa Obregón) con un promedio de 1.13 Ug/1 (Tabla No. 1), presentando un dato máximo en el mes de Junio de 1990 de 4.80 Ug/1.

En la Bahía de Guapi se obtuvieron además los siguientes valores: en la Estación 8, Bocana Guapi, un promedio de 0,41 Ug/1, registrando un máximo valor en el mes de Junio de 1989 de 1.21 Ug/1. En la Estación 6, Boya de Guapi, la más oceánica de la zona, un promedio de 0.4 Ug/1, con un valor máximo en el mes de Junio de 1990, con 0.78 Ug/1. Hay que anotar que las muestras tomadas en la Bahía de Guapi se hicieron teniendo como eje la desembocadura del Río Guapi, el cual se constituye en la mayor fuente de residuos antropogénicos en el área estudiada. Estos aportes fluviales contienen gran cantidad de material detrítico en suspensión y orgánico de diversa naturaleza, los cuales también son sensibles al método de análisis por fluorometría (Celis, 1987), pudiendo a la vez ser causa del aumento de los valores de HDD reportados, pues como se observa, estos aumentan a medida que aumenta la afluencia del río en las estaciones.

En Bahía Málaga se registró un valor promedio de 0.39 Ug/1. Los mayores valores para la zona se reportaron en las Estaciones 19 (Base Naval) y 18 (Juan de Dios) con promedios de 0.57 Ug/1 y 0.50 Ug/1, respectivamente. En la Estación 19 las concentraciones se hallaron en un intervalo de 0.1 - 1.8 Ug/1 y se registró el máximo valor en el

mes de Junio de 1990 con 1.82 Ug/1. En la Estación 18 las concentraciones se hallaron en un intervalo de 0.1 - 1.4 Ug/1. El máximo valor se registró en el mes de Junio de 1990 con 1.36 Ug/1. En la Estación 21 (Juanchaco), se registró una concentración promedio de 0.18 Ug/1, con un máximo en el mes de Septiembre de 1989 de 0.41 Ug/1. A pesar de que los valores obtenidos en Bahía Málaga son bajos, están por encima de los hallados en la Ensenada de Tumaco. Esto es debido, posiblemente, a las maniobras que se realizan en la Base Naval del Pacífico, aunque esto es difícil de confirmar ya que no se tienen registros de cómo se encontraba esta Bahía antes de la construcción de dicha Base en 1985, con referencia a los hidrocarburos.

La concentración media de HDD para la Zona de la Ensenada de Tumaco fue de 0.33 Ug/1 valor éste inferior al registrado para la misma zona en años anteriores 2.45 y 1.33 Ug/1 (Marrugo, 1988, 1989). La menor concentración media, en esta área, se encontró en la estación 1, ubicada a unos 300 metros del Puente del Pindo, en la parte sur de la Bahía Interna de Tumaco, con un valor de 0.25 Ug/1 y un intervalo de concentración que va de 0-0.67 Ug/1, presentando su máximo valor de 0.5 Ug/1 en el mes de Diciembre de 1989 y una dispersión de 0.20 Ug/1. Es de extrañar que las menores concentraciones de HDD se encuentren distribuidas en esta estación ya que aquí las fuentes contaminantes son variadas: los aportes antropogénicos producidos dentro de la Bahía interna, como residuos de gasolineras y todo tipo de material orgánico especial desechos de la industria maderera y pesquera que son transportados a través de este punto durante, los procesos de renovación de los cuerpos de agua en cada cambio mareal. Es posible también que sobre esta zona pueda tener cierta influencia el muelle flotante de Ecopetrol, sitio de cargue de crudos y descargue de lastre, localizado a unas dos (2) millas mar afuera de esta estación. Lo anterior lo corroboran las altas concentraciones de hidrocarburos hallados en sedimentos y organismos.

Entre las más altas concentraciones de HDD en el área de Tumaco, se encuentra la Estación No. localizada cerca al muelle flotante de Ecopetrol que, como ya se ha dicho, es sitio de cargue de crudos y atracadero de buque-tanques a unas (2) millas mar afuera al Sur Occidente de la Bahía de Tumaco. La concentración media registrada fue de 0.40 Ug/1, la máxima se registró en el mes de Julio.

de 1990 con 0.96 Ug/l. La dispersión fue de 0.39 (Tabla No. 1). Considerando la localización de esta estación, en donde la influencia de aguas continentales es menor, lo mismo que la carga de material orgánico, es posible que estos hidrocarburos tengan un origen petrogénico debido a las operaciones que se realizan en dicho sitio.

Bajas concentraciones de HDD en el área se registraron en las Estaciones 3 y 4 ubicadas en la parte Nor-occidental de mayor intercambio de aguas, entre la Ensenada y el mar abierto. Estos bajos valores, posiblemente se deban a la mayor influencia en estas estaciones de aguas oceánicas, con menor contenido de material orgánico de origen continental. Es de esperar que por estos dos sitios haya alguna influencia de los aportes antropogénicos producidos en la ciudad de Tumaco, aunque en menor grado que en la Bahía Interna, (Estaciones 1 y 2), ya que los hidrocarburos generalmente son transportados por las corrientes y los vientos, que en la Ensenada soplan en este sentido, y también durante los procesos de renovación de cuerpo de aguas por las mareas. Además, muy cerca a estas estaciones circulan los buques dedicados a la pesca por arrastre.

Es posible que debido a los vientos predominantes Nor-orientales y a las corrientes superficiales locales, exista una mayor influencia de aportes antropogénicos de hidrocarburos producidos en las Boyas de Ecopetrol y en la "Bahía Interna" de Tumaco sobre la Estación 5 localizada en la parte Oriental de la Ensenada de Tumaco. Otra fuente de contaminación incidente en esta Estación puede ser la aportada por los ríos Rosario y Caunapí que reciben descargas de las poblaciones Espriella, Caunapí y Llorente, además de los desechos de 5 empresas extractoras de aceite de palma. También en la zona se reciben aportes dulce-acuicolas de los ríos Mejicano, Imbilí, Tablones, Guandájo, Chaguí y Colorado. La concentración media de HDD, en la Estación 5 fue de 0.41 Ug/l con un pico máximo en el mes de Diciembre de 1990 de 0.98 Ug/l (Tabla No. 1).

Para los alrededores de la Isla Gorgona se obtuvo un promedio de HDD de 0.27 Ug/l valor este inferior al obtenido en estudios anteriores de 1.57 Ug/l (Marrugo, 1988) y 3.07 Ug/l (Marrugo, 1989).

En la Estación No. 13 localizada en el sector del Horno al Norte de la Isla, se registró el mayor pro-

medio de la zona con 0.41 Ug/l, con un valor máximo en el mes de Junio de 1990 con 1.10 Ug/l. Aunque las concentraciones de HDD en la Isla sean bajas y bastante alejadas de la norma internacional de 10 Ug/l, se esperaba obtener las menores concentraciones del Pacífico Colombiano por tratarse de un Parque Natural, aparentemente lo bastante alejado de cualquier fuente directa de contaminación antropogénica. Estos hidrocarburos en la Isla posiblemente sean arrastrados por la Corriente Colombia, que de Sur a Norte recorre esta parte del Pacífico Colombiano. También pueden ser ocasionados por los buques de cabotaje que utilizan esta ruta. Por otro lado el origen de estos hidrocarburos puede ser biogénico, especialmente de los ecosistemas costeros y algo de los detritos aportados por los numerosos arroyos de la Isla.

El promedio obtenido para las tres estaciones monitoreadas en el presente estudio en la zona de Cabo Corrientes fue de 0.26 Ug/l. Este es el promedio más bajo registrado para el Pacífico Colombiano en lo referente a HDD. En esta zona las fuentes de contaminación directas de hidrocarburos son prácticamente inexistentes, podrían considerarse los hidrocarburos obtenidos como aportes biogénicos. Sin embargo, debido a la circulación de las Corrientes Colombia y Panamá en los meses de Febrero-Abril es posible el arrastre de algunos hidrocarburos de origen antropogénico. La mayor concentración de hidrocarburos en esta zona, se registró en la Estación Cueva, con un promedio de 0.47 Ug/l, y con un máximo valor registrado en el mes de Junio de 1990 con 1.14 Ug/l.

Promediando las concentraciones de HDD obtenidas para toda el área estudiada del Pacífico Sur Colombiano, registramos la cifra de 0.52 Ug/l, valor este inferior al obtenido para la Costa Caribe Colombiana, Barbacoas hasta Santa Marta, de 2.00 ug/l (Garay, 1986-87), y también al registrado para esta misma zona del Pacífico Sur Colombiano de 1.92 Ug/l en 1986 (Marrugo, 1987) y de 3.68 (Marrugo, 1989), y a nivel mundial inferiores a los obtenidos en la Costa Pacífica Panameña de 11.9 Ug/l, Litoral Chileno 21.27 Ug/l, Costa Ecuatoriana 9.97 Ug/l (Escobar, J. 1987), Golfo de Méjico 20 Ug/l (Celis, 1987), Costa Norte de Cuba 20 Ug/l (Martínez, 1987), Costa de Jamaica 15 Ug/l (Barry, 1987). (Tabla No. 4).

En las áreas estudiadas en el presente trabajo las concentraciones son bajas, sólo presentó un nivel un poco inquietante, el registrado en Dagua en el mes de Marzo de 1990 con 9.75 Ug/1. Parece ser que los aportes antropogénicos son limitados y las concentraciones detectadas dependen de los aportes biogénicos propios de las actividades de productividad de los ecosistemas costeros. El problema detectado en algunas estaciones no es generalizado sino eminentemente puntual:

Las concentraciones medias de hidrocarburos totales en sedimentos (HTS) obtenidas en el transcurso del presente estudio para las diferentes estaciones discriminadas en aromáticos, alifáticos resueltos, alifáticos no resueltos y totales, se registran en la Tabla No. 2. En la Tabla No. 5 se presentan los datos de HTS reportados en diferentes zonas del mundo. En los mapas. 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se presenta la distribución horizontal de los HTS en las diferentes áreas de estudio. Los valores HTS

superficiales son bastante significativos a la hora de dar un concepto sobre el grado en que la contaminación ha afectado al ecosistema, a diferencia de los análisis de aguas, ya que son más homogéneos, y varían menos con el tiempo (Figura 9).

El proceso de sedimentación de hidrocarburos se efectúa con bastante lentitud. Para determinar los hidrocarburos acumulados se toman sedimentos superficiales o también llamados sedimentos recientes, su contenido en hidrocarburos puede depender de la dinámica de sedimentación a que esté sometida el área estudiada.

No tenemos referencias de normas establecidas por entidades internacionales sobre niveles permitidos de hidrocarburos en sedimentos. Para dar una concentración límite, ésta debería estar fundamentada en el grado de toxicidad del hidrocarburo detectado en cada muestra, no en hidrocarburos totales donde no se tiene en cuenta el porcentaje

TABLA No. 1 CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS DISUELTOS DISPERSOS EN AGUAS (Ug/1)

AREA DE MUESTREO	No. NOMBRE ESTACIÓN	No. Datos	Intervalo Ug/1	Promedio	STD	Promedio " Area
ENSENADA DE TUMACO	1. Puente del Pindo	5	0,0-0,6	0,25	0,20	0,33
ENSENADA DE TUMACO	2. Boyas de Ecopetrol	4	0,1-1,0	0,40	0,39	0,33
ENSENADA DE TUMACO	3. Bajo del Viudó	5	0,0-0,8	0,28	0,26	0,33
ENSENADA DE TUMACO	4. ISLA DEL GALLO	5	0,0-1,0	0,29	0,42	0,33
ENSENADA DS TUMACO	5. TRUJILLO	5	0,1-1,0	0,41	0,32	0,33
BAHÍA GUAPI	6. Boya Guapi	5	0,2-0,8	0,40	0,24	0,73
BAHÍA GUAPI	7. Obregón	5	0,1-4,8	1,13	2,05	0,73
BAHÍA GUAPI	8. Bocana Guapi	5	0,1-1,2	0,41	0,49	0,73
BAHÍA GUAPI	9. Chicoperes	5	0,2-0,5	0,29	0,14	0,73
ISLA GORGONA	10. El Muelle	5	0,1-0,6	0,22	0,24	0,27
ISLA GORGONA	11. Playa Blanca	5	0,1-0,5	0,25	0,14	0,27
ISLA GORGONA	12. Mancora	5	0,1-0,6	0,23	0,22	0,27
ISLA GORGONA	13. El Horno	4	0,1-1,1	0,41	0,47	0,27
BAHÍA BUENAVENTURA	14. Anchicaya	5	0,1-0,7	0,31	0,21	1,16
BAHÍA BUENAVENTURA	15. Dagua	5	0,3-9,8	2,33	4,15	1,16
BAHÍA BUENAVENTURA	16. Terminal Marítimo	5	0,3-0,4	0,39	0,39	1,16
BAHÍA BUENAVENTURA	17. Muelle Ecopetrol	5	0,4-1,0	0,78	0,26	1,16
BAHÍA MÁLAGA	18. Juan de Dios	5	0,1-1,4	0,50	0,50	0,39
BAHÍA MÁLAGA	19. Base Naval	5	0,1-1,8	0,57	0,71	0,39
BAHÍA MÁLAGA	20. La Isla	5	0,1-0,4	0,25	0,18	0,39
BAKIA MÁLAGA	21. Juan. Chaco	5	0,1-0,4	0,18	0,15	0,39
CABO CORRIENTES	22. El Cabo	5	0,1-0,2	0,13	0,07	0,26
CABO CORRIENTES'	23. Cuevita	5	0,1-1,1	0,47	0,44	0,26
CABO CORRIENTES	24. Virudó	5	0,1-0,8	0,35	0,27	0,26
PACIFICO COLOMBIANO						
CABO CORRIENTES						0,52
E. DE TUMACO						

HIDROCARBUROS TOTALES EN SEDIMENTOS

PACIFICO COLOMBIANO - VALORES MEDIOS

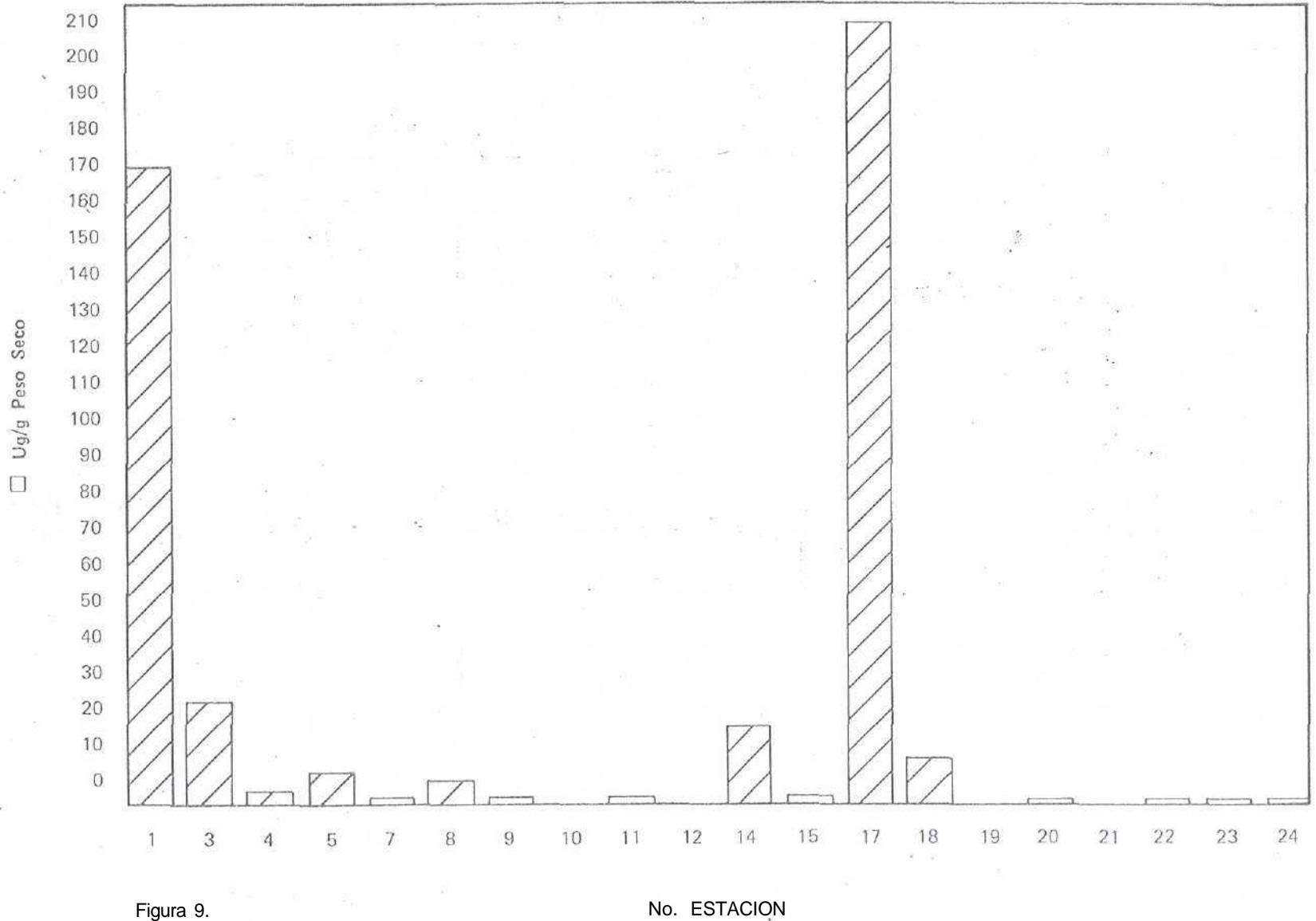


Figura 9.

No. ESTACION

aromático y de hidrocarburos de tipo biogénicos; además es indispensable conocer el contenido de material orgánico y el tipo de sedimentos, porque está comprobado que el análisis cromatográfico de sedimentos provenientes de áreas estuarinas: (caso de muchas estaciones del presente estudio), muestran diferencias claras con zonas marinas, ya que en ellas se encuentra una mezcla compleja de hidrocarburos biogénicos con los de tipo petrogénicos, sin una predominancia de parafinas impares y presentando un área no resuelta, típica de cromatogramas de hidrocarburos petrogénicos (Farrington y Quínn, 1973).

Una forma que hemos adoptado para poder establecer ciertos límites de concentración en nuestro estudio, es la de monitorear en puntos de alto riesgo de contaminación como el Muelle de Ecopetrol en Buenaventura y el Puente del Pindo en Tumaco, y en puntos aislados de bajo riesgo como las Estaciones de la Isla de Gofgona y Cabo Corrientes.

Del análisis de estas cifras, obtuvimos los valores límites de 48 Ug/g en sedimentos y de 16 Ug/g para organismos.

La mayor concentración promedio de HTS por zona estudiada se registró en la Bahía de Buenaventura con 75.66 Ug/g destacándose las altas concentraciones registradas en el Muelle de Ecopetrol con 204.43 Ug/g (peso seco), valor éste comparable con los obtenidos en zonas contaminadas a nivel mundial como en Oman, Arabia Saudita 226 Ug/g (Burns et al 1982) Tabla No. 5. El intervalo de concentración estuvo comprendido entre 83-298 Ug/g y registró un máximo valor en Junio de 1989 con 297.44 Ug/g.

Las concentraciones de aromáticos en sedimentos son superiores en el Puente del Pindo, en la Ensenada de Tumaco con 2.54 Ug/g. El predominio principal de hidrocarburos alifáticos no resueltos (UCM), en el caso del Muelle de Ecopetrol 199.76 Ug/g, y el Puente del Pindo 158.82 Ug/g evidencia la presencia de hidrocarburos petrogénicos (Farrington y Quínn 1973). Los sedimentos obtenidos en estas estaciones están constituidos en un 35.0% por lodos, y en un 60.8% por arenas medias, finas y muy finas, además, presentan contenidos de materia orgánica que constituyen aproximadamente un 13% de la masa total del sedimento seco, este tipo de sedimentos propicia la

retención de hidrocarburos, las demás estaciones presentan contenidos de materia orgánica en sedimentos del orden de 5%. Los cromatogramas de las muestras de sedimentos tomadas en esta Estación presentan como características una gran envolvente de hidrocarburos no resueltos, con dos máximos, el primero a la altura del C20 y el segundo a la altura del C29, típico de presencia de hidrocarburos petrogénicos (Albaiges 1983), (Figura No. 11). Los cromatogramas presentan una serie homologa de hidrocarburos alifáticos resueltos y muy degradados que van del C16 al C32, sin predominio marcado de los impares sobre los pares; estos últimos característicos de hidrocarburos petrogénicos (Farrington y Quínn, 1973).

En las estaciones 1 y 3 localizadas en la "Bahía de Tumaco" se presentaron los valores promedios de hidrocarburos totales en sedimentos más altos en el área estudiada después del Muelle de Ecopetrol en Buenaventura, con 158.82 y 26.53 Ug/g, respectivamente, presentando ambas su máximo valor en el mes de Junio de 1989 con 252.6 y 53.01 Ug/g. Uno de los cromatogramas obtenidos, en la Estación 1 se muestra en la Figura No. 12, se puede apreciar una serie de picos pequeños que van desde el C16 al C38 destacándose el pico C29 por C31, lo cual indica un predominio de hidrocarburos de número de carbonos impar típico de hidrocarburos biogénicos (Botello, 1987). En este como en los demás cromatogramas obtenidos en esta estación, se presenta una gran área no resuelta (UCM); la cual se compone de una mezcla compleja de hidrocarburos biogénicos y petrogénicos, esta UCM presenta 2 máximos uno a la altura de C20 y otro a la altura del C29, siendo en este caso mayor la segunda, típica de contaminación petrogénica. Los sedimentos colectados en esta estación están constituidos en más de un 13% de material orgánico (esquirlas de madera), lodos (28%) y arenas muy finas (44%). Es muy probable que como lo muestra la predominancia de hidrocarburos de carbonos impares, aquí la contaminación tenga un origen predominantemente biogénico. Hay que destacar que en esta estación se obtuvo el más alto valor promedio de hidrocarburos aromáticos del área estudiada 2.54 Ug/g, con tendencia

ascendente a través de los 3 muestreos (Tabla No. 2). Los sedimentos están compuestos en el Bajo del Viudo; Estación 3, en un 90% por arenas medias y muy finas y menos del 1% en lodos. La materia orgánica contenida en estos sedimentos es

TABLA 2. CONCENTRACIONES MEDIAS DE HIDROCARBUROS EN SEDIMENTOS (Ug/g en peso seco)

AREA DE MUESTREO	No. NOMBRE ESTACIÓN	No. Datos	Aromáticos	Alifáticos Resuelt. No. Resuelt.	Totales	Promedio Area Totales
ENSENADA DE TUMACO	1. Puente del Pindo	3	2,54	5,71	158,82	51,19
ENSENADA DE TUMACO	3. Bajo del Viudo	3	0,02	14,02	12,48	51,19
ENSENADA DE TUMACO	4. Isla Gallo	3	0,15	1,63	1,28	51,19
ENSENADA DE TUMACO	5. Trujillo	3	0,39	0,03	7,70	51,19
BAHÍA GUAPI	7. Obregón	3	0,38	0,03	0,39	2,49
BAHÍA GUAPI	8. Bocana Guapi	3	0,64	2,81	2,33	2,49
BAHÍA GUAPI	9. Chicoperes	3	0,45'	0,03	0,43	2,49
ISLA GORGONA	10. El Muelle	3	0,10	0,01	0,15	0,52
ISLA GORGONA	11. Playa Blanca	3	0,02	ND	0,97	0,52
ISLA GORGONA	12. Mancora	2	0,13	0,01	0,18	0,52
BAHÍA BUENAVENTURA	14. Anchicaya	3	1,18	3,27	15,94	75,66
BAHÍA BUENAVENTURA	15. Dagua	3	0,43	0,16	1,58	75,66
BAHÍA BUENAVENTURA	17. Muelle de Ecopetrol	3	0,84	3,82	199,76	75,66
BAHÍA MALAGA	18. Juan de Dios	3	0,23	0,16	11,62	3,36
BAHÍA MALAGA	19. Base Naval	1	0,15	ND	ND	3,36
BAHÍA MALAGA	20. La Isla	3	0,32	0,03	0,76	3,36
BAHÍA MALAGA	21. Juanchaco	3	0,05	0,01	0,12	3,36
CABO CORRIENTES	22. El Cabo	2	0,91	0,03	0,74	0,93
CABO CORRIENTES	23. Cuevita	1	0,29	ND	ND	0,93
CABO CORRIENTES	24. Virudo	2	0,18	ND	0,64	0,93
PACIFICO COLOMBIANO						
CABO CORRIENTES						22,36
ENSENADA DE TUMACO						

de un 3%. En los cromatogramas obtenidos se puede apreciar, (Figura No. 13) una serie de picos de n-parañas muy grandes que van del C23 al C31 sin predominancia de hidrocarburos impares o pares; este cromatograma es típico de un sedimento contaminado recientemente, en el cual se puede apreciar poca degradación. En los cromatogramas tomados posteriormente se puede observar la progresiva degradación de estos hidrocarburos hasta su total desaparición al cabo de un año de monitoreo.

En orden de mayor a menor concentración de HTS en Tumaco, viene luego la Estación 5 con un promedio de 8.12 Ug/g, con un máximo observado en el mes de Junio/89 de 20.88 Ug/g y una dispersión de 10.88.

Entre las mayores concentraciones medias de HTS, se encuentran las registradas en la Estación No. 14, ubicada en la desembocadura del Río Anchicayá (Bahía de Buenaventura), con un valor medio de 20,39 Ug/g, un máximo registrado en el mes de Junio/89. Con 48.66 Ug/g y una dispersión de 24,60 (Tabla No. 2). En especial existe una predominancia de hidrocarburos biogénicos sobre los petrogénicos. Debido a la gran influencia de aportes de agua dulce y material orgánico de procedencia continental.

También se registraron altas concentraciones de HTS en la Estación 18 ubicada en la Bahía Málaga, con media de 12.01 Ug/g, los cromatogramas obtenidos presentan una envoltura de hidrocarburos no resuelta muy pequeña, característica de estación

TABLA No. 3. CONCENTRACIONES MEDIAS DE HIDROCARBUROS EN ORGANISMOS (Ug/g en pesos seco)

AREA DE MUESTREO	No. NOMBRE ESTACIÓN	No. Datos	Aromáticos	Alifáticos		Totales
				Resuelt.	No Resuelt.	
ENSENADA DE TUMACO	1. Puente del Pindo	3	10,61	0,25	6,35	17,21
ENSENADA DE TUMACO	2. Boyas de Ecopetrol	2	0,45	0,14	25,05	25,64
ENSENADA DE TUMACO	3. Bajo del Viudo	5	0,84	0,02	2,23	3,09
ENSENADA DE TUMACO	4. Isla Gallo	3	0,25	0,02	5,16	5,43
BAHÍA GUAPI	7. Obrcgón	3	0,42	0,14	3,64	4,20
BAHÍA GUAPI	9. Chicoperes	1	0,04	0,01	3,16	3,21
ISLA GORGONA	10. El Muelle	3	0,38	0,27	8,45	9,10
ISLA GORGONA	13. El Horno	3	0,23	0,04	2,28	2,55
BAHÍA BUENAVENTURA	14. Anchicaya	3	0,12	0,03	0,43	0,58
BAHÍA BUENAVENTURA	15. Dagua	2	0,28	ND	2,00	2,28
BAHÍA BUENAVENTURA	17. Muelle de Ecopetrol	3	21,41	0,48	16,10	37,99
BAHÍA MALAGA	21. Juanchaco	3	4,04	0,87	7,62	12,57
CABO CORRIENTES	24. Virudó	2	0,08	0,04	5,95	6,07
PACIFICO COLOMBIANO CABO CORRIENTES - ENSENADA DE TUMACO						

TABLA No. 4. HIDROCARBUROS DISUELTOS DISPERSOS EN AGUA DE ALGUNAS ZONAS DEL CARIBE Y PACIFICO SUR

AREA DE LOCALIZACION	CONCENTRACIÓN MEDÍA (Ug/l)	REFERENCIA
Bahía de Cartagena, Colombia	10	Caray, 1987
Costa Caribe Colombiana	2	Ospina, 1988
Golfo de México	20	Celis, 1987
Costa Norte de Cuba	20	Martínez, 1987
Costa de Jamaica	15	Barry, 1987
Bahía de Panamá	5,5	CPPS, 1987
Puerto de Balboa, Panamá	10,2	CPPS, 1987-
Valparaíso, Chile	34,5	CPPS, 1987
Concepcio, Chile	2,6	CPPS, 1987
Cayao - Lima, Perú	0,95	CPPS, 1987
Estuario de Esmeraldas,-Ecuador	50	CPPS, 1987
Costa Ecuatoriana	2	CPPS, 1987
Ensenada de Tumaco, Colombia	0,33	Presente Trabajo
Bahía de Buenaventura Colombia	1,16	Presente Trabajo
Isla Gorgona, Colombia.	0,27	Presente Trabajo
Bahía Guapi, Colombia	0,73	Presente Trabajo
Bahía Málaga, Colombia'	0,39	Presente Trabajo
Cabo Corrientes, Colombia	0,26	Presente Trabajo

Oceánica. Los hidrocarburos se encuentran poco degradados, lo cual denota contaminación reciente.

En la Estación 4 ubicada en la parte Nororiental de la Ensenada de Tumaco, se registraron concentraciones medias de HTS de 3.09 Ug/g. Presentando su máximo valor en el mes de Junio de 1990 con concentración de 5.38 Ug/g en peso seco. Se recolectaron sedimentos, compuestos principalmente por arenas finas. Los cromatogramas obtenidos presentan una serie homologa que va del C21 al C29 sin un claro predominio de los hidrocarburos impares.

En la Estación 8 localizada en la desembocadura del Río Guapi se registró una concentración media de HTS de 5.77 Ug/g, siendo este valor el más alto obtenido en esta zona. Las concentraciones se encuentran en un rango de 0.2 a 10.5 Ug/g, estos valores son relativamente bajos comparados con el límite obtenido para sedimentos de 48 Ug/g. Su origen posiblemente sea en mayor proporción-biogénico, producto de los aportes de aguas fluviales provenientes del Río Guapi que transporta gran cantidad de material en suspensión y las descargas de material orgánico provenientes de los emisores de la ciudad. En las demás estacio-

nes de la Bahía de Guapi (7 y S), se registraron concentraciones en el rango de HTS de 0.2 a 1-6 Ug/g).

Las estaciones ubicadas en los alrededores de la Isla Gorgona (10., 11 y 12) presentan concentraciones que van de 0.01 a 1.51 Ug/g en peso seco. Estas son las concentraciones más bajas de HTS obtenidas en el presente estudio, lo cual era de esperarse ya que Gorgona no cuenta con fuentes directas de contaminación. Otra posible causa de que sean bajas las concentraciones de HTS es que los sedimentos del tipo oceánico, como los de la Gorgona, en los cuales hay un mayor contenido en arenas gruesas y medias hacen que se retengan, menos los contaminantes. Otra causa puede ser el menor contenido de materia orgánica hallado en ellas, el cual es directamente proporcional al contenido de hidrocarburos. Los cromatogramas (Figura 14) muestran una serie de picos pequeños que van desde C16 hasta el C32 y dispuestos sobre una muy pequeña envolvente, lo cual es típico de áreas costeras no contaminadas (Cooper y Bray, 1983; Botello, 1987), estos pequeños picos pueden deberse a la presencia de material orgánico.

TABLA No. 5. CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS TOTALES EN SEDIMENTOS REPORTADOS EN DIFERENTES ZONAS DEL MUNDO

AREA DE LOCALIZACION	INTERVALO () (Ug/g)	REFERENCIA
Bahía de Cartagena, Colombia	23 - 886	Garay, 1986
Costa Caribe Colombiana	0,5 - 61,1	Garay, 1988
Costa Mediterránea	0,4 - 1,6	Albaiges, 1983
California Bight	45 - 730	Venka Tessan, 1980
Costa Francesa	0,6 - 1,2	HD Y saliot, 1982
New York Bight	2 - 1200	Farrington y Tripp/77
Golfo de México	42 - 232	Gearing, 1976
Río Coatzacoalcos, México	89 - 2623	Botello, 1985
Puerto de New York, USA	1,0 - 2900	Parker, 1974
Oman, Arabia Saudita	42 - 835	Burns et al, 1982
.Concepción, Chile	0,14 - 5,34	CPPS, 1987
Golfo de Guayaquil, Ecuador	0,2 - 4,0	CPPS, 1987
Ensenada de Tumaco, Colombia	3,0 - 167	Presente Trabajo
Bahía de Buenaventura, Colombia	2,0 - 205	Presente Trabajo
Isla Gorgona, Colombia	0,2 - 0,9	Presente Trabajo
Bahía Guapi, Colombia	0,8 - 6,0	Presente Trabajo
Bahía Málaga, Colombia	0,1 - 12,1	Presente Trabajo
Cabo CorcienfljB, Colombia	0,2 - 1,7	Presente Trabajo

Las Estaciones 19, 20 y 21 ubicadas en la Bahía Málaga registraron concentraciones de HTS en un rango de 0.07 a 1.25 Ug/g en peso seco. Estos sedimentos están constituidos principalmente por arenas medias y finas y la materia orgánica representa menos del 5%. Los cromatogramas obtenidos no presentan grandes envoltentes y los hidrocarburos resueltos presentan un marcado origen biogénico.

En las estaciones ubicadas en Cabo Corrientes 22, 23 y 24 se encontraron concentraciones muy bajas, comparadas con el límite obtenido en el presente estudio de 48 Ug/g para sedimentos libres de contaminación, que van de 0.2 a 1.92 Ug/g. Esta zona está libre de fuentes directas de contaminación, lo cual lo corroboran los análisis cromatográficos realizados a estos sedimentos, donde los cromatogramas (Figura 15), muestran una serie de picos muy pequeños que van del C18 al C31 con una ligera predominancia de picos de carbonos impares o de tipo biogénico, producto del mismo ecosistema costero.

En la Tabla No. 3 se presentan los resultados de los análisis de hidrocarburos totales acumulados en bivalvos (HTB), el número de muestras colectadas, los rangos de concentración, el promedio por estación y la dispersión de los datos obtenidos. La distribución horizontal de los HTB está representada en las figuras: 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Se tomaron muestras de *Crassostrea sp* en 13 estaciones, de la Ensenada de Tumaco, Bahía Guapi, Isla de Gorgona, Bahía de Buenaventura, Bahía Málaga y Cabo Corrientes.

Las mayores concentraciones obtenidas de hidrocarburos aromáticos se presentaron en las estaciones: Muelle de Ecopetrol en Buenaventura con 21.41 Ug/g y en la Estación ubicada en la Bahía interna de Tumaco: Puente del Pindo con 10.61 Ug/g en peso seco (Tabla No. 3).

La mayor concentración promedio de HTB, se obtuvo en la Bahía de Buenaventura en la Estación No. 17 ubicada en el Muelle de Ecopetrol con 37.99 Ug/g, un rango de variación de 14-58 Ug/g y un valor máximo registrado en el mes de Junio de 1990 con 57.87 Ug/g. Esta estación tuvo una dispersión de 22.06. Observando un cromatograma de la misma (Figura 15), podemos ver unos picos resueltos muy degradados sobre una gran envol-

vente con un máximo a la altura del C17. Es muy probable el origen petrogénico de los hidrocarburos detectados por la presencia de fuentes de contaminación en el lugar.

En las demás estaciones de la Bahía de Buenaventura, Anchicayá y Dagua se registraron concentraciones muy pequeñas de 0.58 y 2.28 Ug/g, lo cual corrobora nuestras suposiciones, de que la contaminación por hidrocarburos en la Bahía de Buenaventura no es generalizada, sino que afecta a sitios específicos.

Otras altas concentraciones medias de HTB, fueron las registradas en la Bahía de Tumaco Estaciones números 1 y 2 con 17.21 y 25.64 Ug/g (en peso seco), el cromatograma de la Estación 1 presenta picos resueltos pequeños que van del C16 al C30 sin predominio aparente de pares o impares, sobre una amplia envoltente. Posiblemente sean hidrocarburos de origen petrogénico, considerando que este sitio está localizado en el Puente que une la Isla de Tumaco con el continente, lugar obligado de cruce de lanchas con motor fuera de borda, sitio de intercambio de las aguas contaminadas de la Bahía Interna de Tumaco donde vierten sus residuos emisores de la ciudad, las gasolineras, la industria maderera, etc.

En la Estación 2 (Boyas de Ecopetrol) ubicada alrededor del Muelle flotante de Ecopetrol, sitio de cargue de crudo, se obtuvo un cromatograma en el cual se puede apreciar una serie de picos que van del C22 al C32, sin predominancia de hidrocarburos biogénicos o petrogénicos. Al no presentar este cromatograma una apreciable envoltente se puede afirmar que forma parte de una mezcla de hidrocarburos recientes o poco degradados. Es posible que estos hidrocarburos sean absorbidos por las ostras de aguas provenientes de los deslástres de los tanqueros o de hidrocarburos particulados o disueltos en agua, cuya presencia sea ocasionada por fugas durante las operaciones de cargue de crudos.

También se registraron altas concentraciones de HTB en la Estación 21 ubicada en el Muelle de Juanchaco en la zona de Bahía Málaga. En esta estación, en los tres (3) muestreos realizados en el año, se obtuvo un promedio de 12.57 Ug/g en peso seco, con un máximo registrado en el mes de Junio de 1990 de 21.3 Ug/g y con una dispersión de

11.16. Los cromatogramas realizados a estas muestras registraron unos picos y unas envolventes, pequeña característica de hidrocarburos degradados. Es posible que exista contaminación petrográfica en estas muestras, ya que por estos sitios se sucede el intercambio de aguas de la Bahía donde se encuentra la Base Naval de Málaga de la Armada Nacional, además de ser este el sitio de atraque de lanchas y buques que llegan al balneario de Juan-chaco.

En los dos (2) muestreos realizados, en Junio de 1989 y Junio de 1990, en la Estación 24 ubicada en Virudó, zona de Cabo Corrientes, se registró una concentración media de HTB de 6.07 Ug/g, una dispersión de 8.35 y un máximo valor en el primer muestreo de 11.91 Ug/g. El cromatograma obtenido nos muestra unos picos y una envolvente muy pequeños lo que nos indica bajas concentraciones y nos hace suponer que estos hidrocarburos son propios del mismo ecosistema (biogéneos), ya que en esta zona del Pacífico las fuentes de contaminación antropogénicas son muy escasas.

Las concentraciones promedias más bajas de HTB, obtenidas en el presente estudio, se registra-

ron en las Estaciones 3 y 4 ubicadas en la parte Nor-occidental de la Ensenada de Tumaco, las Estaciones 10 y 13 ubicadas en la Isla Gorgona, y las Estaciones 7 y 9 de la Bahía de Guapi. Sus valores medios fueron de 3.09, 5.43, 4.20, 3.21, 9.10 y 2.55 Ug/g (en peso seco), respectivamente) Los anteriores valores puede servir de comparación para evaluar el grado de contaminación en otros sitios de la zona. Algunos de sus cromatogramas se pueden observar en las figuras 20, 21 y 22. En ellos también se puede apreciar la variación en el tamaño de la envolvente a medida que van cambiando las condiciones de las estaciones, de estuarinas a oceánicas.

Las estaciones que sobrepasan los 16 Ug/g, que a nuestro criterio es el máximo permisible, son: en la Ensenada de Tumaco, la Estación Puente del Pindo y las Boyas de Ecopetrol; y en Buenaventura la Estación Muelle de Ecopetrol. En promedio el Pacífico Colombiano presenta una concentración de 9.11 Ug/g, valor inferior al obtenido para el Caribe Colombiano de 38.5 a 81.0 Ug/g (Garay et. al. 1987).

CONCLUSIONES

Después de analizar las concentraciones de hidrocarburos obtenidas en más del 80% del área de la Costa Pacífica Colombiana, los mayores valores de HDD se registraron en la Bahía de Buenaventura. Los valores encontrados están muy por debajo de la norma internacional de 10 Ug/l para las aguas superficiales libres de contaminación. Un caso similar ocurrió con los HTS y HTB, donde también, las mayores concentraciones se registraron en la Bahía de Buenaventura, especialmente en la Estación ubicada en el Muelle de Ecopetrol.

En general las concentraciones de hidrocarburos en los tres medios estudiados: aguas, sedimentos y ostras, son mayores en la Bahía de Buenaventura, y en orden descendente le siguen la Ensenada de Tumaco, Bahía Málaga, Bahía de Guapi, Isla Gorgona y Cabo Corrientes. Esta tendencia es lógica por el volumen y cantidad de las posibles fuentes contaminantes en cada una de estas áreas. No se cumple el orden anterior en lo referente a los HDD,

en donde las concentraciones, siendo en ambas zonas muy bajas, presentan mayores valores en la Bahía de Guapi que en la Ensenada de Tumaco.

A lo largo de los cuatro (4) años de estudio, del programa de monitoreo de la contaminación por hidrocarburos, las concentraciones de HDD, han tenido un comportamiento discontinuo y heterogéneo. Las concentraciones medias obtenidas en el presente estudio son menores a las de los anteriores, en la Bahía de Buenaventura, Isla Gorgona y en la Ensenada de Tumaco. Para las demás zonas geográficas no existían antecedentes. El posible problema de la contaminación en aguas, está principalmente centralizado en la Bahía de Buenaventura, donde en algunos muestreos se han alcanzado valores cercanos a la norma permitida de 10 Ug/l.

Los valores promedios de HDD que se reportan, pueden muchas veces ocultar problemas locales serios, ya que debido a la dinámica de las aguas superficiales, el flujo de mareas, los vientos y las

altas temperaturas que contribuyen a la evaporación y metabolismo de los hidrocarburos; éstos disminuyen a una velocidad considerable, (Botella, 1985).

Las concentraciones de HTS como era de esperarse tuvieron sus más altos valores, en las áreas con mayor influencia humana debido a los usos, de petróleo y sus derivados, como son el Puente del Pindo en la Bahía Interna de Tumaco y en el Muelle de Ecopetrol en la Bahía de Buenaventura. La falta de actividad industrial y escasos asentamientos humanos en las áreas de Gbrgona y Cabe Corrientes las hacen libres de contaminación por hidrocarburos.

La mayoría de las muestras analizadas presentan claros indicios de hidrocarburos de origen biogénico, es decir, predominio de n-alcános con número de carbonos impares, correspondiendo los mayores picos al C29, C31, C33, C21 y C19, lo que es común para sedimentos marinos de origen continental formados principalmente por detritos de plantas terrestres y pastos de pantanos, así como de zonas libres de contaminación por petróleo (Botello, 1984). En términos generales el aporte de hidrocarburos petrogénicos a los sedimentos del área de estudio en el Pacífico Colombiano, se produce específicamente en la Bahía de Buenaventura y en la Ensenada de Tumaco. Donde existen importantes aportes provenientes de las numerosas actividades humanas que tienen relación con el manejo y usos del petróleo y sus derivados, sin embargo, se considera que los niveles de concentración de hidrocarburos petrogénicos en los sedimentos en estas bahías son moderados, comparados con los reportados en otras áreas del mundo (Tabla No. 5), donde el tráfico y manejo de grandes cantidades de crudos es un verdadero problema.

Las mayores concentraciones de HTB halladas en el Pacífico Colombiano son las determinadas en los sitios Muelle de Ecopetrol en la Bahía de Buenaventura; en el Puente *del* Pindó y las Boyas de Ecopetrol en la zona de Tumaco. Se han obtenido valores hasta de 37.99 Ug/g de hidrocarburos totales; al no existir estudios a nivel nacional o internacional sobre niveles permisibles de hidrocarburos en ostras, que permitan sustentar algunas hipótesis, es aventurado hacer conjeturas sobre contaminación de las mismas en el Pacífico Colombiano. En el presente estudio se ha encon-

trado una relación directa entre los niveles de hidrocarburos en sedimentos y ostras, siendo mayores los HTS, en algunos casos ostensiblemente.

Se puede concluir que existe una relación directa entre los HTB y las actividades humanas cercanas a su habitat. Se observan generalmente las mayores concentraciones en los sitios de intenso tráfico marítimo y portuario así como de constante transporte y uso del petróleo.

Los resultados sobre HTB del presente estudio, son la base científica, indispensable, para futuros estudios de monitoreo, impacto ambiental y de tasas de bioacumulación en organismos indicadores. Además es un medio para determinar puntos calientes o áreas críticas, en el Litoral Pacífico Colombiano.

Lo más importante, del presente estudio, es la imagen global de la mayor parte del Litoral Pacífico Colombiano, respecto a la incidencia de los residuos petrogénicos sobre los ecosistemas costeros. Además, el hecho de haber detectado hidrocarburos de origen petrogénico, especialmente aromáticos, en agua, sedimentos y ostras, aunque en concentraciones muy pequeñas, muestra la existencia de un problema inquietante, puesto que son las fracciones más tóxicas del petróleo sobre los organismos. (Martínez, 1987).

RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con el programa de monitoreo de hidrocarburos en la totalidad del Pacífico Colombiano incluida la Isla de Malpelo y el área oceánica, complementando de esta forma las bases científicas para estudios posteriores.

Fomentar los intercambios de experiencias de los diferentes programas de vigilancia, a nivel nacional e internacional, para unificar criterios a fin de lograr la intercomparabilidad de los resultados.

Fomentar los trabajos tendientes a establecer en el país los niveles de concentración máximos permi-

tidos de hidrocarburos, especialmente aromáticos, en sedimentos y organismos, que permitan ejercer medidas de control eficaces sobre las fuentes de contaminación.

Con base en los resultados obtenidos es necesario recomendar a las autoridades competentes: las Capitanías de Puerto (DIMAR), el INDERENA y las Corporaciones Autónomas Regionales, un control más severo sobre vertimientos de petróleo

y sus derivados, provenientes de todas las actividades que generan estos residuos, especialmente los buques tahqueros y de cabotaje, y las estaciones de suministro de combustibles y lubricantes on todo el Litoral Pacifico, pero.especialmente en las Bahías de Buenaventura y Tumaco. Lo anterior permitirá desintoxicar el medio ambiente, evitándose así que, en tiempo no muy lejano, se llegue a niveles peligrosos para los ecosistemas costeros y la salud humana.

HIDROCARBUROS TOTALES EN ORGANISMOS
PACIFICO COLOMBIANO -VALORES MEDIOS

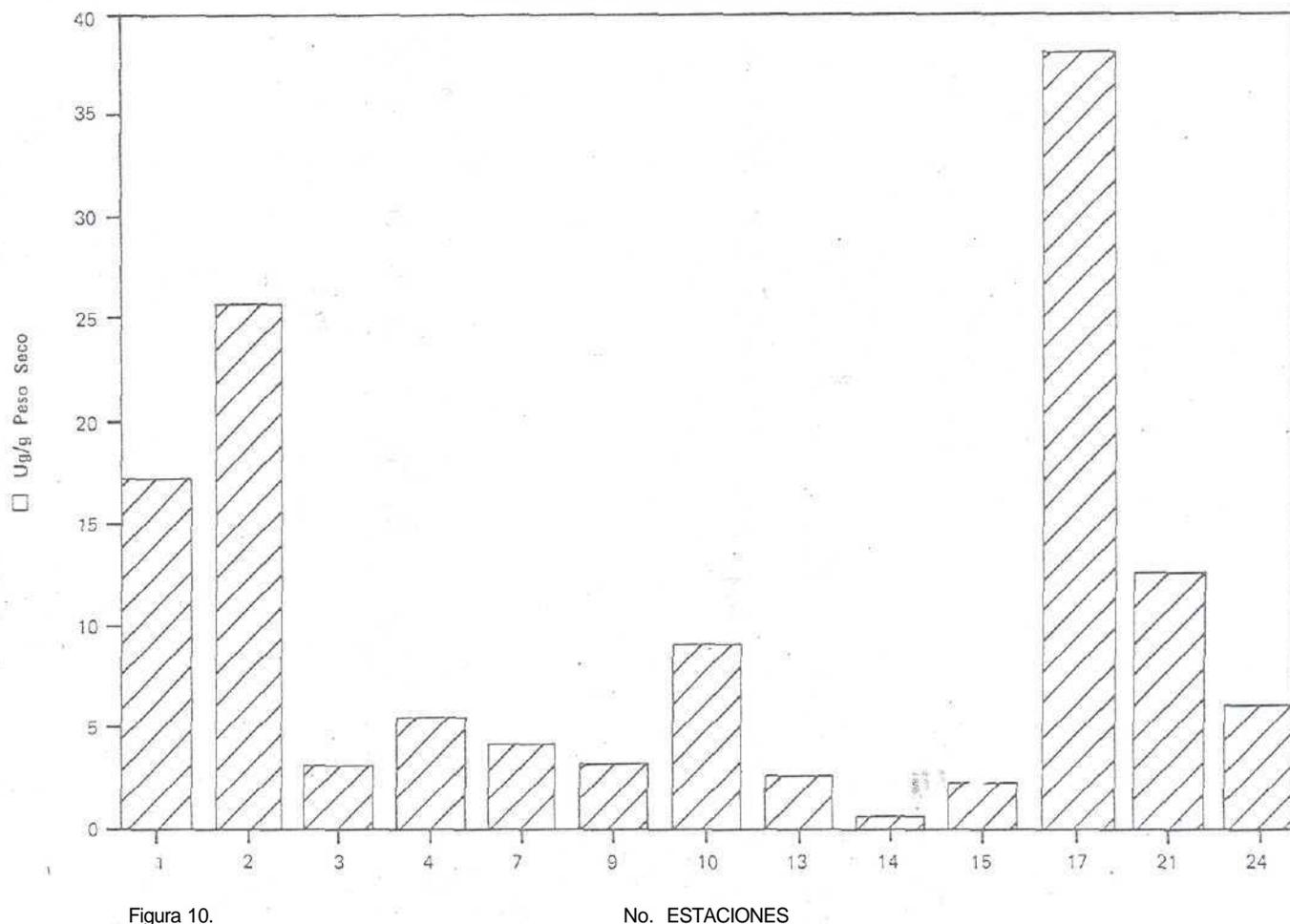


Figura 10.

No. ESTACIONES

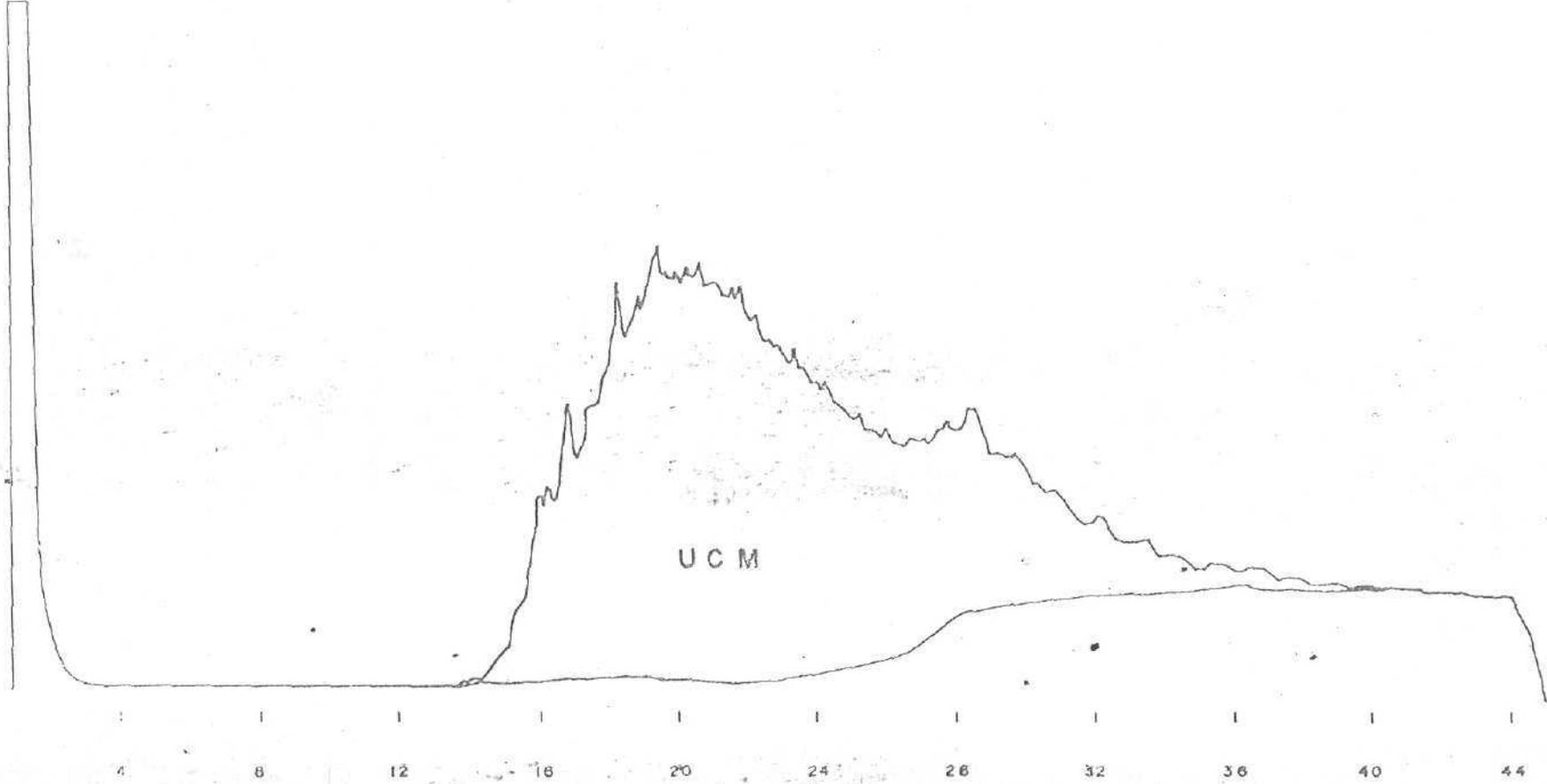


Figura 11 CROMATOGRAMA GC - FID COLUMNAS EMPACADAS
ESTACION No. 17 MUELLE DE ECOPETROL - B/VENTURA SEDIMENTOS MUESTREO JUN/87

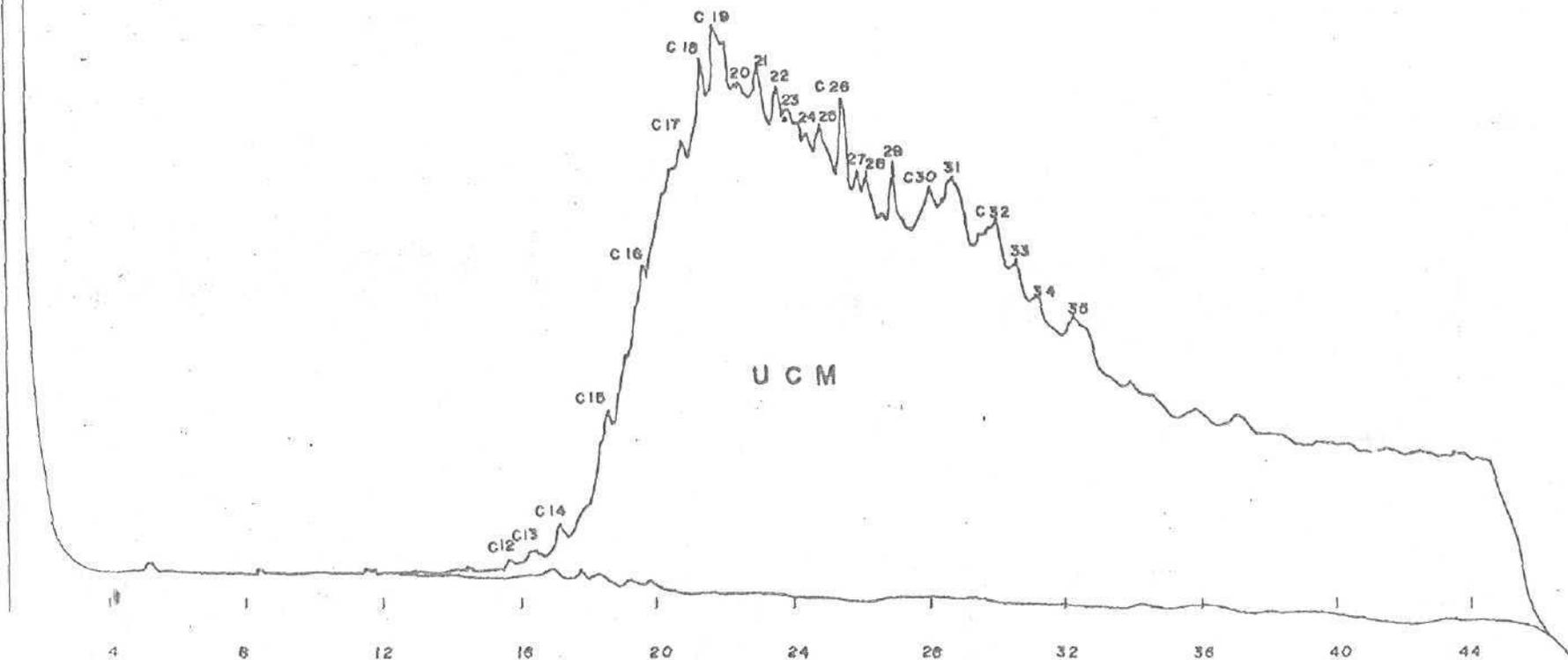


Figura 12

CROMATOGRAMA GC-FID (COLUMNAS EMPACADAS)

ESTACION Nº I. PUENTE EL PINDO-TUMACO - SEDIMENTOS. MUESTREO JUN/69

V. INY = 2 MI

V. DIL = 500 MI

ATT = 5 x 800

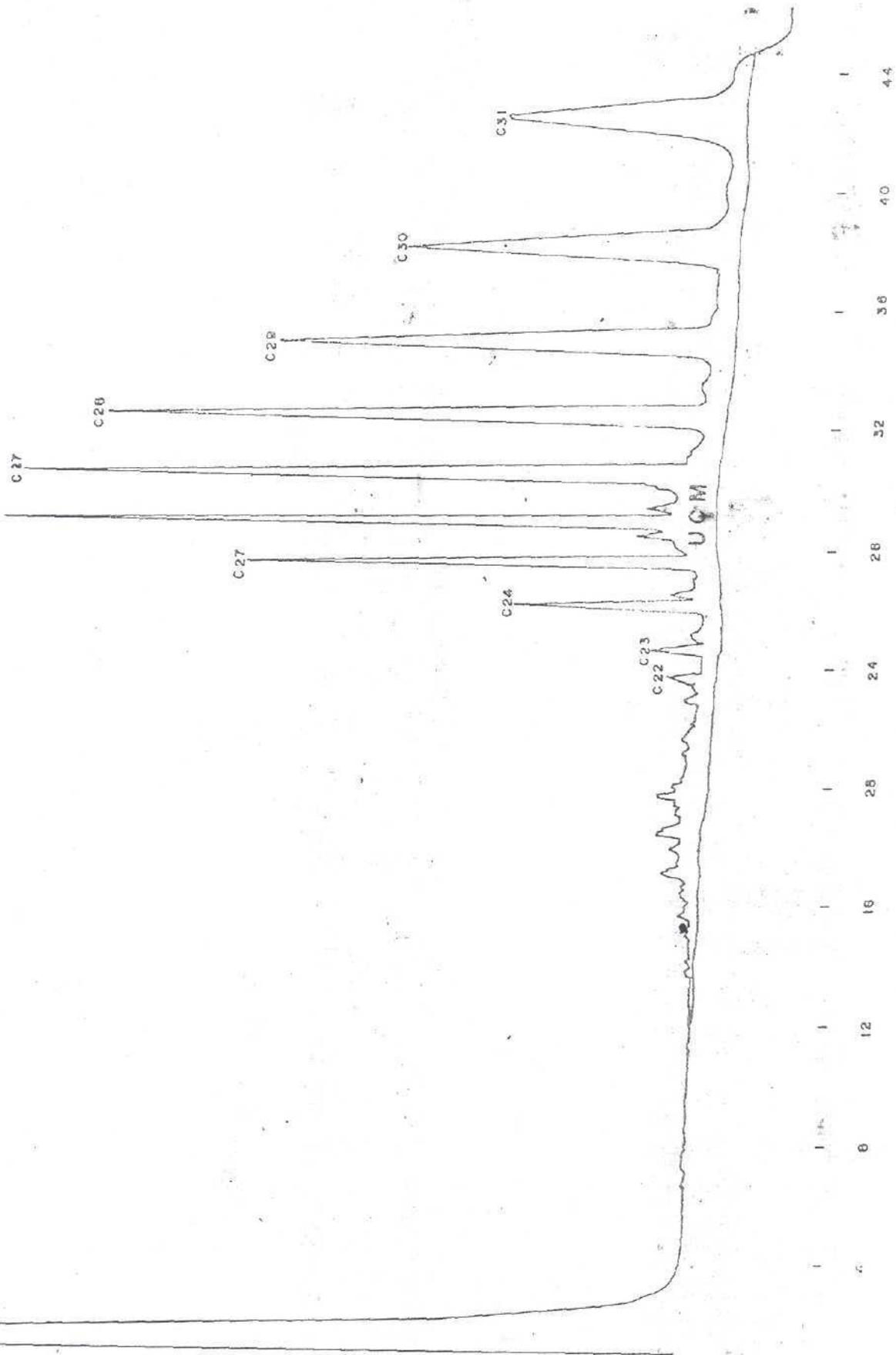


Figura 13. CROMATOGRAMA GC-FID (COLUMNAS EMPACADAS).

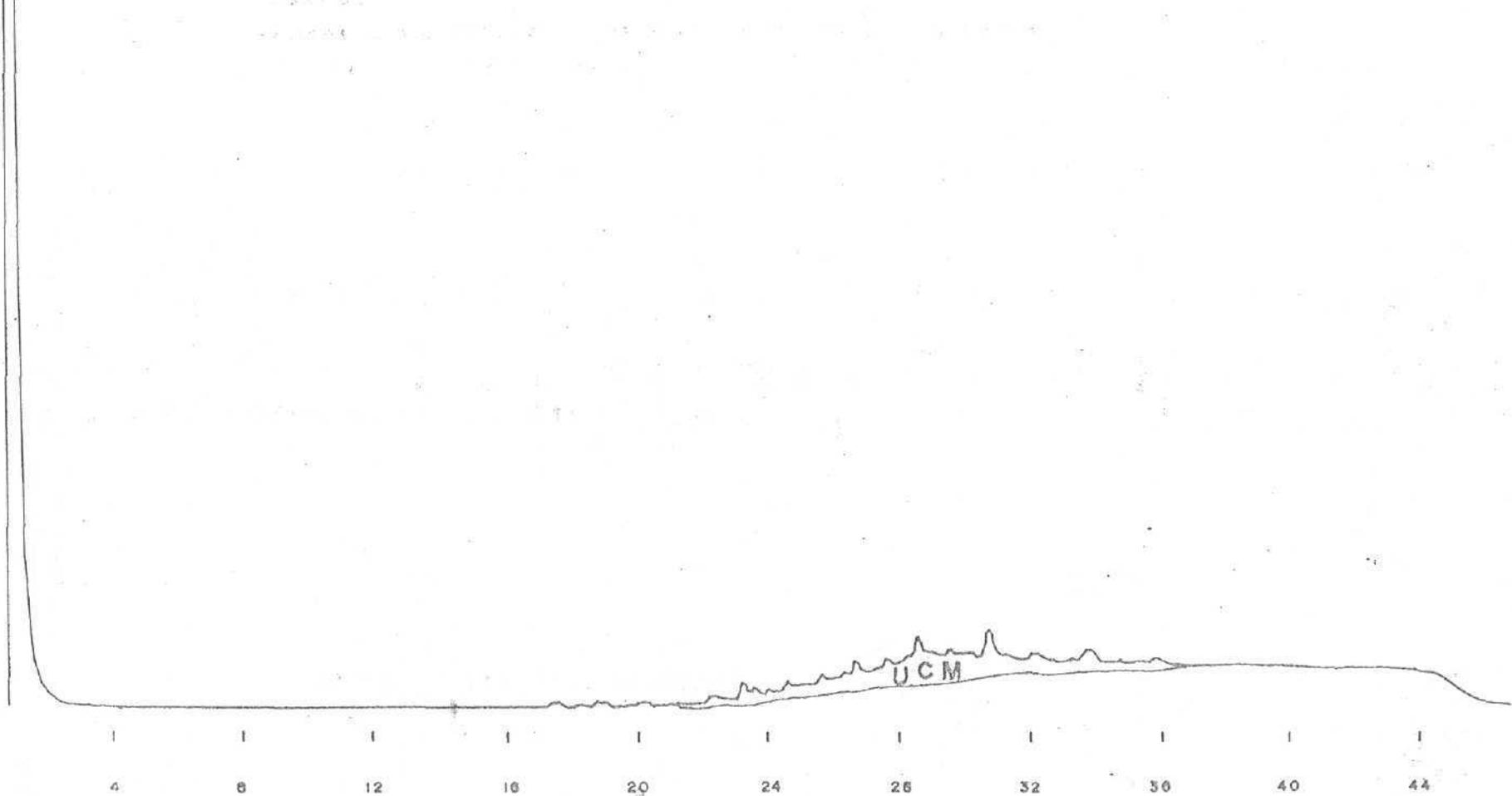


Figura 14

CROMATOGRAMA GC-FID (COLUMNAS EMPACADAS)

ESTACION Nº 10. EL MUELLE - GORGONA - SEDIMENTOS. MUESTREO DIC/89

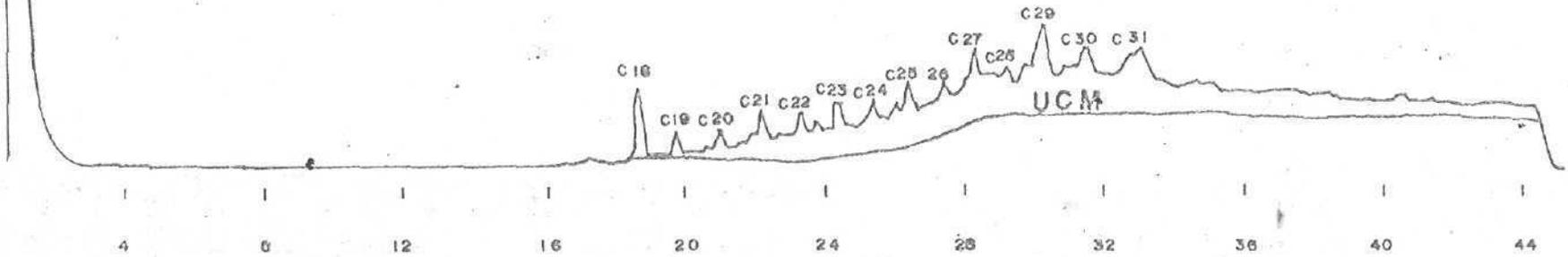


Figura 15

CROMATOGRAMA GC-FID (COLUMNAS EMPACADAS)

LAGUNA DE LOS CERRITOS - CORRIENTES - SEDIMENTOS MUESTREO JUNIO 1990

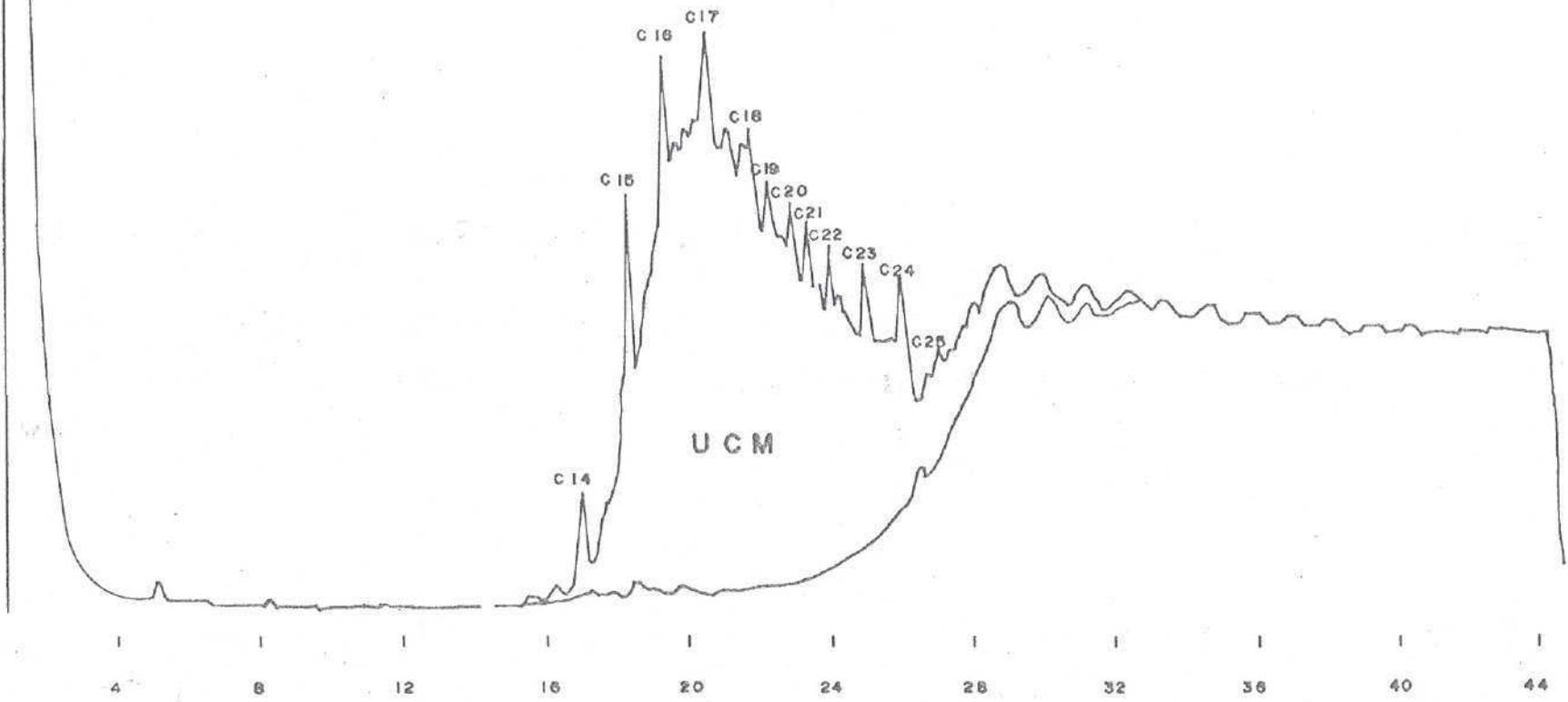


Figura 16

CROMATOGRAMA GC-FID COLUMNAS EMPACADAS

ESTACION N° 17. MUELLE DE ECOPETROL B/VENTURA- ORGANISMOS. MUESTREO JUNIO DE 1990

V. INY = 3 MI

V. DIL = 50 MI

ATT = 3 x 100

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALBAIGES J. y A. CUBERES, 1975. *Control de la Contaminación Marina por Hidrocarburos y su aplicación al Litoral Mediterráneo Español*. Barcelona, PP. 937-952.
- BOTELLO A. S. Villanueva, M. Mendelewicz 1978-1984. *Programa de Vigilancia de los Hidrocarburos Fósiles en los Sedimentos del Golfo de Méjico y Caribe Mejicano*.
- BRUHN C., Duke V., Lecarós. O., Marrugo A., Sonnerholzner S. Informe del Curso Regional CPPS/PNUMA/COI. "Técnicas Analíticas para la Determinación de Hidrocarburos de Petróleo en Organismos y Sedimentos Marinos en el Pacífico Sudeste". 1987. PP. 23.
- BURNS C. 1982. *Survey of Tar, Hydrocarbons and Metal Pollution in the Coastal Waters of Oman Sea*. Bull. 13: 240-247.
- CCCP, 1986. *Estudio Preliminar de la Contaminación por Hidrocarburos del Petróleo en el Litoral Pacífico Colombiano*. Tumaco, 1986.
- CELIS L., A. BOTELLO, M. MENDELEWICZ y G. DIAZ. *Actividades del Proyecto CARIPOL en la Zona Costera de Méjico: 1. Hidrocarburos Disueltos*. Méjico 1987.
- COI. *Intercalibration Exercise for Petroleum Hydrocarbons in biota and Sediments*. Barcelona 1986.
- CPPS/UNESCO/COI. *Manual y Guía. Determinación de los Hidrocarburos del Petróleo en los Sedimentos*. Noruega, 1982.
- ESCOBAR J. 1987. *Investigación y Vigilancia de la Contaminación Marina por Hidrocarburos del Petróleo en el Pacífico Sudeste, dentro del Marco del Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Areas Costeras*. CPPS.
- FARRINGTON y QUIN 1973. *Petroleum Hydrocarbons in Narragah Set Bay: Survey of Hydrocarbons in Sediments and Clams*.
- GARAY J. *Vigilancia de la Contaminación por Petróleo en el Caribe Colombiano*, 1985.
- HIMAT. *Pronóstico de Pleamares y Bajamares en la Costa Pacífica Colombiana*. Bogotá, 1987-88.
- IOCARIBE. *Manual de Caripol para la Vigilancia de la Contaminación por Petróleo*. Miami 1980.
- Manuales y Guías No. 13, UNESCO. 1984, *Procedimientos para el Componente Petróleo del Sistema de Vigilancia de la Contaminación del Mar (MARPOLMON - P)*. COI. 37, 1o.
- MARRUGO A. *Programa de Investigación, Vigilancia y Control de la Contaminación Marina por Hidrocarburos de petróleo en el Pacífico Sudeste. Fase I. (COMPACSE)* 1987.
- MARRUGO A. *Estudio de la Contaminación por Hidrocarburos en el Litoral Sur Pacífico Colombiano*. 1989.
- MARTINEZ M. *Distribución de Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares en el Litoral Norte de las Provincias de la Habana Matanzas*. Cuba 1987.
- PNUMA, CPPS. *Métodos de Referencia para Estudios de Contaminación Marina, Plan de Acción del Pacífico Sudeste*. Quito, 1984.