

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

**CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS DERIVADOS DEL PETRÓLEO
EN EL LITORAL CARIBE COLOMBIANO
BAHIA CISPATA HACIA RIOHACHA**

Por:
Oco. JESUS ANTONIO GARAY,*
Oco. 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 Cispata 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 with 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 as transportation, storage, refining and use of oil and its derivatives greatly contribute to gradual rise of the concentration of oil pollution on the Colombian Caribbean coastal ecosystems, specially those located close to industrial settlements, oil terminals or tankers route; 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, División Control Contaminación Marina, Apartado - Aéreo No. 992 - 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 Cispatá, 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 Cispatá 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 Cispatá en el extremo suroeste del golfo de Morrosquillo y Riohacha en el Caribe colombiano, (figura No. 1).

Esta zona comprende principalmente las bahías de Cispatá, 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 Fanchería, además de pequeños afluentes dulceacuícolas 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).

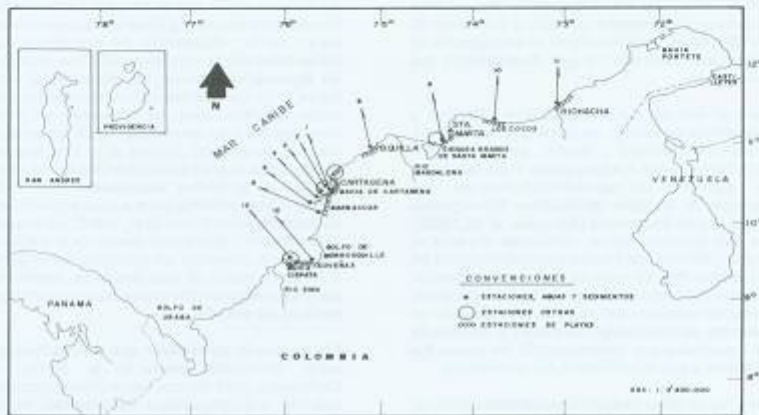


FIG. No. 1 POSICIÓN ESTACIONES DE MUESTREO DE AGUAS, SEDIMENTOS, OSTRAS Y PLAYAS — CARIPOL / COLOMBIA (BASE III, 1987) — CIOH / COLOMBIAS / OEA.

MATERIALES Y METODOS

Para cumplir con los objetivos del estudio y siguiendo las recomendaciones del Programa CARIPOL/OCARIBE (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/OCARIBE, 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 sílica 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 periodo de estudio. La desviación estándar 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 periodo 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 Marmón 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.

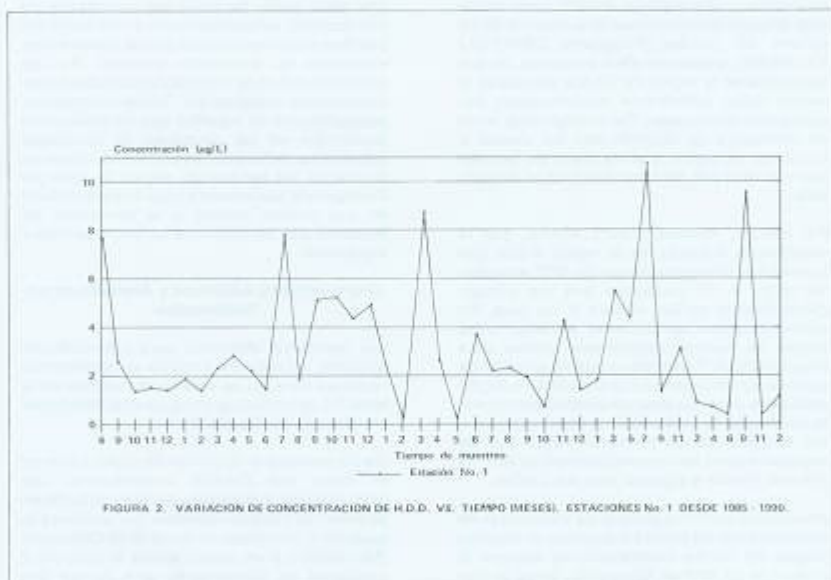
Para las demás estaciones de muestreo, los niveles de HDD son relativamente bajos, comparados con la zona de Cartagena, a través de todo el periodo de estudio, con valores menores de 5.4 ug/L, lo que hace suponer que

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 dulceacuicolas 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.



Breas y Agregados de Alquitrán 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 periodo 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 proviene

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 (Lable 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 muestrean 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 al 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 período 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 período 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 nordeste, 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 Richacha, 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 deposición 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 81.09 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.

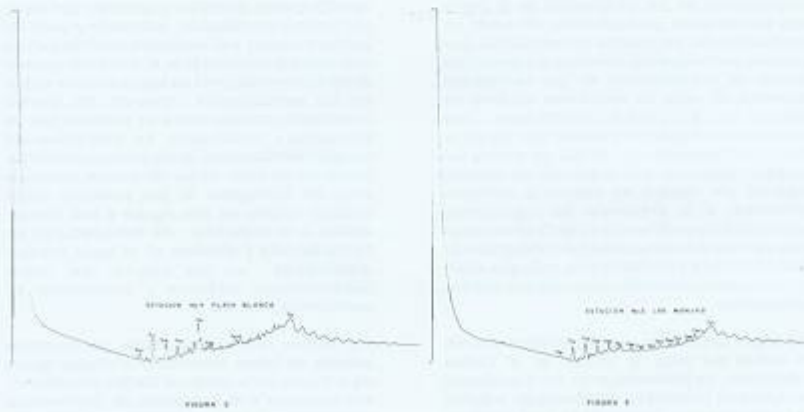
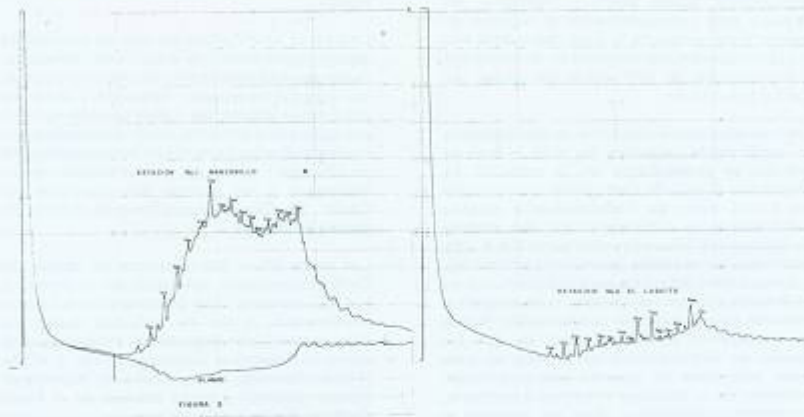
Los datos sobre hidrocarburos en ostras del Caribe colombiano obtenidos en el presente trabajo, son una base preliminar para futuros monitoreos, a fin de estudiar tasas de bioacumulación en organismos indicadores, tal como lo describe Gohberg (1979) y White (1984). Además, es un medio de determinar puntos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



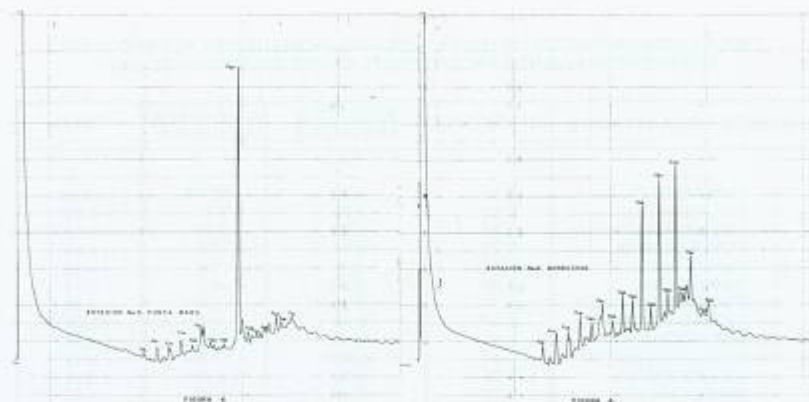


TABLA No. 1 INTERVALOS, PROMEDIOS Y DESVIACION ESTANDAR DE LOS HDD EN AGUA DEL CARIBE COLOMBIANO (ug/L).

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

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
2 - LAS MONJAS	11	0	-	5	1,53
3 - PLAYA BLANCA	11	0	-	22,7	7,3
4 - PUNTA BARU	10	0	-	12,7	2,92
5 - PUERTO COLOMBIA	7	0	0	0	0
8 - LOS COCOS	7	0	0	0	0
10- RIOHACHA	8	0	0	0	0
12- LA CAIMANERA	8	0	0	0	0
13- BAHIA CISPATA	8	0	0	0	0

TABLA 3 CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS AROMATICOS Y ALIFATICOS EN SEDIEMENTOS MARINOS RECIENTES DEL CARIBE COLOMBIANO (ug/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: Brea 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 lande clams (*Mercenaria mercenaria*) Estuar. Coastal mar. Sci 1: 71-79.
- GARAY, J.A. Vigilancia de la contaminación por petróleo en el Caribe colombiano (Punta Canoa 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 environmet: isolation and characterization by chromatography, visible, ultraviolet and mass spectrometry *Anal. Chem.*, 46: 1663-1671.
- GOLDBERG, E.D. 1978. The mussel wath environ. *Consér.* 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 wath 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.