

DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS EN AGUAS COSTERAS SUPERFICIALES DE CUMANÁ, ESTADO DE SUCRE. VENEZUELA

DISTRIBUTION OF ALIPHATIC HYDROCARBONS IN SURFACE COASTAL WATER OF CUMANÁ. ESTADO SUCRE, VENEZUELA

Humberto Campos O.¹; Miren Garmendia²; Luis Ocando²

RESUMEN

El derrame de petróleo, o sus derivados al medio ambiente acuático, le produce alteración dependiente de la concentración de hidrocarburos existentes, lo que parece haber aumentado en los últimos años como consecuencia de accidentes de barcos tanques, oleoductos u otras vías de transporte y con menor relevancia derivado de la producción biológica.

La bibliografía revisada propone diversos métodos para reconocer el origen de los hidrocarburos presentes y detectados en las muestras.

Cumaná, puerto de la región nororiental de Venezuela, como muchos otros de diversos países costeros, presenta intenso tráfico naviero y en sus costas se eliminan desechos urbanos e industriales, observándose altas concentraciones de hidrocarburos parafínicos en aguas costeras superficiales de diversos sectores costeros de esta ciudad puerto, correspondiendo su calificación y probable origen con la tendencia sugerida por las concentraciones determinadas con espectroscopia infrarroja (EIR) y cromatografía gaseosa (CG).

Los hidrocarburos parafínicos detectados en los sectores La Marina, Puerto Sucre y Terminal del Ferry, sugieren predominancia de los petrogénicos, mientras que en el Barrio El Salado, Muelle Pesquero, El Guapo y Los Castillitos, serían de origen mixto y finalmente en Los Uveros y San Luis habría predominancia de hidrocarburos biogénicos.

Se concluye que existe alto riesgo de contaminación en los sectores Barrio El Salado, Muelle Pesquero y El Guapo, disminuyendo en magnitud hacia Puerto Sucre, Terminal del Ferry, Los Castillitos, Los Uveros y San Luis.

ABSTRACT

The spill of oil or its derivatives into the aquatic environment produces changes to these environments depending upon the concentration of existing hydrocarbon. Such changes seem to have increased in the last decade as a consequence of coastal accidents, which have had an impact on biological production.

The revised bibliography suggests several methods to establish the origin of hydrocarbons detected in the samples.

Cumaná, a port in the northwest region of Venezuela, is located in an area of intense naval traffic. As it occurs in other coastal countries along the coast, the dumping of urban and industrial waste and wastewater, results in the presence of a high concentration of paraffinic hydrocarbons in surface coastal water throughout various locations. Classification and probable origin of hydrocarbons correspond to tendencies suggested in the concentration, which is determined by infrared spectroscopy (SIR) and gas chromatography (GC).

The hydrocarbons detected in La Marina, Puerto Sucre, and Terminal del Ferry locations suggest a fossil origin, while those detected in Barrio El Salado, Muelle Pesquero, El Guapo, and Los Castillitos are probably of mixed origin; finally in Los Uveros and San Luis, there is a predominance of biogenic hydrocarbons.

In conclusion, a high risk of pollution exists in the Barrio El Salado, Muelle Pesquero, and El Guapo locations; this risk diminishes towards Puerto Sucre Terminal del Ferry, Los Castillitos, Los Uveros, and San Luis.

¹ Depto. de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Tarapacá, Arica – Chile, E-mail: hcampos@uta.cl

² Depto. de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Oriente, Núcleo de Nva. Esparta. Venezuela.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La alteración de ambientes acuáticos continentales y marinos por el petróleo y sus derivados es una consecuencia casi inevitable de la dependencia establecida entre el ser humano y la tecnología basada en este recurso, lo cual ha llegado a convertirse en un agudo problema ambiental de carácter mundial ya que afecta tanto a países en desarrollo como también a los desarrollados.

El petróleo crudo es una mezcla natural compleja de diversas combinaciones de hidrocarburos, como alcanos, alquenos, nafteros y aromáticos (Río Duero, 1977) que contiene cientos de compuestos diferentes. La mayor parte son hidrocarburos pero también están presentes elementos como nitrógeno, azufre, oxígeno y algunos metales trazas como níquel, vanadio, hierro y cobre, predominando la fracción orgánica cuyo valor oscila entre 50 y 98% (Carlberg, S.R. 1980).

La concentración de hidrocarburos en aguas naturales oceánicas y continentales parece haber aumentado en los últimos años como consecuencia de accidentes sufridos por buques petroleros o por el incremento en la producción biogénica.

Clark (1967), señala al respecto que los alifáticos también son sintetizados por muchos organismos del ambiente acuáticos, mientras que Zsolnay (1973 a) indica que aun cuando en los cultivos de algas la producción "*In situ*" se observa poco clara, es significativa en condiciones naturales. Estos compuestos se distribuyen bien en el medio acuoso, lo que hace difícil distinguir el origen biogénico del petrogénico; Zsolnay (1976) agrega que los de procedencia fósil poseen mezclas más complejas, amplitud de estructuras, elevado peso molecular, relación impar/par con tendencia a la unidad y que sus cromatogramas presentan, como característica, escasa resolución, gran elevación de la línea base y alta concentración de hidrocarburos aromáticos, mientras que los de procedencia biogénica se pueden reconocer determinando el contenido de olefinas y aromáticos en la muestra, utilizando columnas cromatográficas más polares y espectroscopia ultravioleta. Por su parte, Clark y Blumer (1967), manifiestan que altas concentraciones de n-C17, principal hidrocarburo en muchos organismos marinos como algas verdes, azules, bacterias marinas, etc., indican la existencia de hidrocarburos de origen biogénico.

Cedeño (1985), indica que el análisis cromatográfico permite determinar el deterioro de las

aguas por efecto de los hidrocarburos y Zafirov *et al.* (1972) señalan que el levantamiento de la línea base en los cromatogramas se conoce como "desarrollo no resuelto", mientras que Farrington & Medeiros (1975), lo describen como debido a una "mezcla compleja no resuelta (U.C.M.)" por la incapacidad metodológica de la cromatografía gaseosa para separar unos de otros a todos los componentes del petróleo, lo cual es característico de los hidrocarburos isoméricos en los combustibles (Blumer & Sass, 1972).

Clark & Finley (1974), manifiestan que muestras ambientales con gran desarrollo no resuelto sugieren presencia de compuestos petrogénicos, mientras que Anderson *et al.* (1974), señalan que muestras de hidrocarburos biogénicos, con poco tiempo de sintetizados, presentan cromatogramas menos complejos; por su parte Zsolnay (*op. cit.*) explica que aquellos con picos altos y resueltos indican presencia de hidrocarburos sólo de origen biológico porque los petrogénicos muestran considerable levantamiento de la línea base, picos poco resueltos y de menor altura. Diagramas que presentan picos de ambos tipos y levantamiento de la línea base están relacionados a material de tipo mezclado. Por esta razón los cromatogramas permitirían diferenciar el origen de los hidrocarburos.

Hasta unos años atrás el derrame accidental de petróleo correspondía sólo a un 9,2% (Stocker & Seager, 1981), valor que puede haber aumentado con el vertido frecuente de combustibles a las aguas debido a actividades habituales de lastrado, limpieza de tanques, mantención de maquinarias, etc., realizadas en embarcaciones que utilizan el petróleo y sus derivados, situación que en general afectaría principalmente a todos los puertos. Carlberg (*op. cit.*) señala que en accidentes producidos entre 1967 y 1978 en costas de Francia, U.S.A. y España se derramaron aproximadamente 478.500 toneladas de crudo y sus derivados, complementario a lo cual es oportuno mencionar el accidente ocurrido a fines de 1987, en un sector de la frontera de Colombia y Venezuela donde se derramó crudo en ríos de la zona que fue transportado por la red fluvial, afectando ecológicamente al río Catatumbo, en territorio Venezolano. En enero de 1988 ocurrió otro accidente en Pensilvania (EE.UU.), derramándose miles de toneladas de crudo que tuvo como consecuencia el cierre de colegios, embotelladoras de agua potable, etc. Generalmente los accidentes causan daños irreversibles en los ecosistemas afectados.

En el agua el petróleo forma visualmente una película superficial que se dispersa por acción del oleaje, vientos y corrientes. El viento y la temperatura evaporan los hidrocarburos más volátiles, mientras que los menos evaporables permanecen dispersos en el agua, incorporados al material particulado o adsorbidos en los sedimentos, constituyendo una fuente de contaminación permanente (Cedeño, 1987), produciendo efectos crónicos en sus organismos (Gruenfeld & Frank, 1979) mientras siguen actuando sobre la película superficial factores físicos, químicos y biológicos. Por su parte Stocker & Seager (*op. cit.*) señalan que el destino final del petróleo que se ha incorporado al ambiente marino es determinado por la gran diversidad de procesos como la evaporación atmosférica, disolución, esparcido superficial (baldeo) o dispersión eólica, también por corrientes y mareas, emulsionamiento, oxidación, captación por organismos vivos, para finalmente ser adsorbidos por los sedimentos.

Por debajo de la película que forma el petróleo sobre la superficie del agua, la penetración de la luz se puede reducir en casi un 90% disminuyéndose drásticamente la tasa fotosintética del fitoplancton, afectando también las migraciones diurnas del zooplancton que están interferidas por la luz (Batelle, 1972).

Entre los efectos, se puede mencionar que los hidrocarburos saturados en altas concentraciones producen narcosis, pueden dañar las células e interferir en procesos metabólicos, causando daños a la vegetación marina, inhibiendo la fotosíntesis cuando sus concentraciones están entre 10 y 100 mg/L (Odum, 1972), mientras que por debajo de 0.1 mg/L retarda la división celular y el crecimiento del plancton (Mironov, 1970); a concentraciones mayores de 1 mg/L produce muerte de muchas especies fitoplanctónicas, larvas y huevos que flotan con el plancton.

Iliffe & Calder (1974), reportan valores de hidrocarburos detectados en agua de mar, entre 75 y 306 $\mu\text{g/L}$ para muestras del Golfo de México mientras que Loher & De Navarra (1969) señalan valores para aguas negras de Topeka Kansas (U.S.A.) entre 2 y 45 mg/L, de los cuales entre 0.9 y 20 mg/L corresponden a lípidos. Por su parte Brown *et al.* (1975) destacaron 45 $\mu\text{g/L}$ de hidrocarburos en aguas de los océanos Pacífico y Atlántico. En 1979 Nemirovskaya informó 1.000 $\mu\text{g/L}$ como concentraciones máximas de estos compuestos en el Golfo Pérsico y en el De Omán. Las aguas del Golfo

de San Lorenzo contenían entre 5 y 10 $\mu\text{g/L}$, según lo indican Levi & Walton (1973), pero en el lago de Maracaibo, Batelle (*op. cit.*) encontró entre 180 y 13.000 $\mu\text{g/L}$.

Lee (1976) señala que de acuerdo con la Academia Nacional de Reportes de U.S.A. las concentraciones de hidrocarburos en el mar varían entre aproximadamente 3 $\mu\text{g/L}$ en aguas oceánicas, 20 a 50 $\mu\text{g/L}$ en aguas costeras y de 100 a 1.000 $\mu\text{g/L}$ en áreas donde se han producido derrames de petróleo.

En la Bahía de Pozuelos, Venezuela, Cedeño (1981) encontró valores de concentraciones hasta 800 $\mu\text{g/L}$, señalando contaminación de petróleo en el área, también trabajó la zona costera de Cumaná en 1985, reportando valores aproximados entre 141 y 982 $\mu\text{g/L}$ de hidrocarburos.

Los hidrocarburos presentes en aguas y sedimentos han sido objeto de considerable atención científica por la importancia que tiene el conocimiento de su orden en el medio marino, debido a los cual se han realizado investigaciones que describen concentraciones de hidrocarburos alifáticos en la superficie de sedimentos marinos y en aguas con cierto grado de contaminación, como es el caso de los trabajos desarrollados por Clark & Blumer (1967); Zafirou (1972); Cedeño (1979, 1980, 1981 y 1985); Zsonlay (1973, 1976, 1979); Botello (1976, 1978 y 1979); Bonilla (1979); Batelle (1972); Brown *et al.* (1975 y 1976); Stuermer *et al.* (1982); Wakehan (1977); Caguana (1982); Farrington *et al.* (1973); Gruenfeld *et al.* (1977); Saber (1980), entre otros.

Cumaná, puerto de la región nororiental de Venezuela, presenta intenso tráfico marino derivado de la actividad pesquera, industrial turística, etc. donde se observan numerosas embarcaciones cuyos motores utilizan combustibles derivados del petróleo, que pueden ser accidentalmente o no arrojados al mar implicando riesgo de alteración del medio acuático marino adyacente que se incrementaría con la eliminación de desechos urbanos de origen similar como consecuencia del lavado y mantención de motores industriales, vehículos terrestres, pesticidas, etc., transportados al ambiente acuático marino o continental por las redes cloacales, alcantarillados y efluentes industriales representando un riesgo de contaminación por hidrocarburos de las aguas costeras de esta ciudad puerto, como también en las de cualesquiera otra, a lo cual se debiera agregar aunque con mucho menos relevancia la producción biológica.

El gran número de hidrocarburos moleculares presentes en el petróleo dificulta la separación e identificación de sus diversos constituyentes, por lo que este trabajo tiene como objetivo identificar por cromatografía gaseosa n-alcenos presentes en la zona de estudio, cuantificándolos por espectroscopia infrarroja y determinando de manera general el probable origen de los hidrocarburos detectados en las diferentes estaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

A. MUESTRAS

Las muestras de agua costera superficial se colectaron desde la banda de sotavento en un bote, a unos 100 m aproximadamente desde la orilla; se usaron botellas de vidrio ámbar, con capacidad para 3 l., lastradas por un canastillo metálico, que fueron sumergidas abiertas desde la superficie hasta 1 m de profundidad, las botellas muestreadoras habían sido previamente lavadas y tratadas.

El muestreo se realizó en 9 estaciones distribuidas en la zona costera de Cumaná, como se indica en la Fig. 1.

B. TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Los hidrocarburos se extrajeron con dos porciones (10 ml/u), de tetracloruro de carbono agitando magnéticamente con la muestra y retirándolas de ella con pipetas. Posteriormente el extracto orgánico se evaporó en atmósfera de nitrógeno, agregándose a continuación 1 ml de isooctano a cada una de las muestras evaporadas, que se pasaron por columnas de separación rellenas con 4 cm de sílice entre 70 y 290 mallas, previamente activada a 120 °C. Enseguida se extrajeron los n-alcenos con 2 porciones (4 ml c/u) de n-pentano. En la primera fracción quedan retenidos los hidrocarburos alifáticos, mientras que la segunda se utiliza para eluir algún remanente, pasando principalmente solvente. Las fracciones se evaporan a sequedad en atmósfera de nitrógeno y se les agrega 2,5 ml de tetracloruro de carbono, transfiriéndolas a celdas de cuarzo con 1 cm por lado, para leerlas en infrarrojo, usándose un equipo Shimadzu, IR-400. Las lecturas se hicieron en un rango entre 2.700 y 3.200 cm^{-1} . Las absorciones de los hidrocarburos alifáticos se representan en forma de picos en 2.930 cm^{-1} ,

ya que los grupos $-\text{CH}_2-$ absorben principalmente en esta región del espectro (Dyer, J.R. 1965). Se evaporó otra vez a sequedad en ambiente de nitrógeno el tetracloruro de carbono; agregándoseles 1 ml de isooctano, inyectándose en el cromatógrafo entre 2 y 3 μL de muestra.

C. CALIBRACIÓN

Se hizo a partir de patrones preparados por un crudo conocido llamado "Campo Nardo" (29,6° API). Con la altura de los picos de absorción y la concentración de los patrones se elaboró una gráfica para la curva de calibración. Considerando la pendiente, la altura de los picos, los factores de dilución y tomando en cuenta el volumen de tetracloruro de carbono utilizado, se calculó la concentración de n-alcenos totales presentes en las muestras. A continuación se procedió a identificarlos por cromatografía gaseosa, utilizando un equipo Varian, modelo 3700, equipado con detector de ionización de llama, programador de temperatura e integrador electrónico. La columna utilizada contenía OV 101 al 3% en soporte Chromosorb con 90 a 100% de mezcla.

D. CONDICIONES DEL CROMATÓGRAFO

Las condiciones de separación fueron:

1. Fase Móvil

H_2	:	40 Lbs.
Aire	:	60 Lbs.
N_2	:	60 Lbs.
2. Temperatura de la Columna : 120 - 270 °C
3. Temperatura del Detector : 290 °C
4. Temperatura de Programación: 8 °C/min.
5. Rango : 10 - 11

E. IDENTIFICACIÓN

Los hidrocarburos alifáticos se identificaron por comparación de sus tiempos de retención con los n-alcenos de cadenas C-17 a C-32, presentes en el patrón, sin incluir C-27, C-29 y C-31.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cuantificación de n-alcenos se presenta en la Tabla I, observándose una tendencia similar a lo

informado por Cedeño (1985) para esta área de estudio, pero con mayores niveles de concentración, incluso que los mencionados por Lee (*op. cit.*), debido quizás a un metabolismo ambiental lento para estas especies, lo que implicaría alto riesgo de contaminación, particularmente para las estaciones de Puerto Sucre, Barrio El Salado, La Ma-

rina y Muelle Pesquero, en las cuales se estarían afectando procesos biológicos, como también la vegetación marina. Aun cuando Cedeño (*op. cit.*) manifiesta que las altas concentraciones se explican si se consideran las descargas de efluentes continentales y costeros que se hacen sin prevención ni tratamiento alguno.

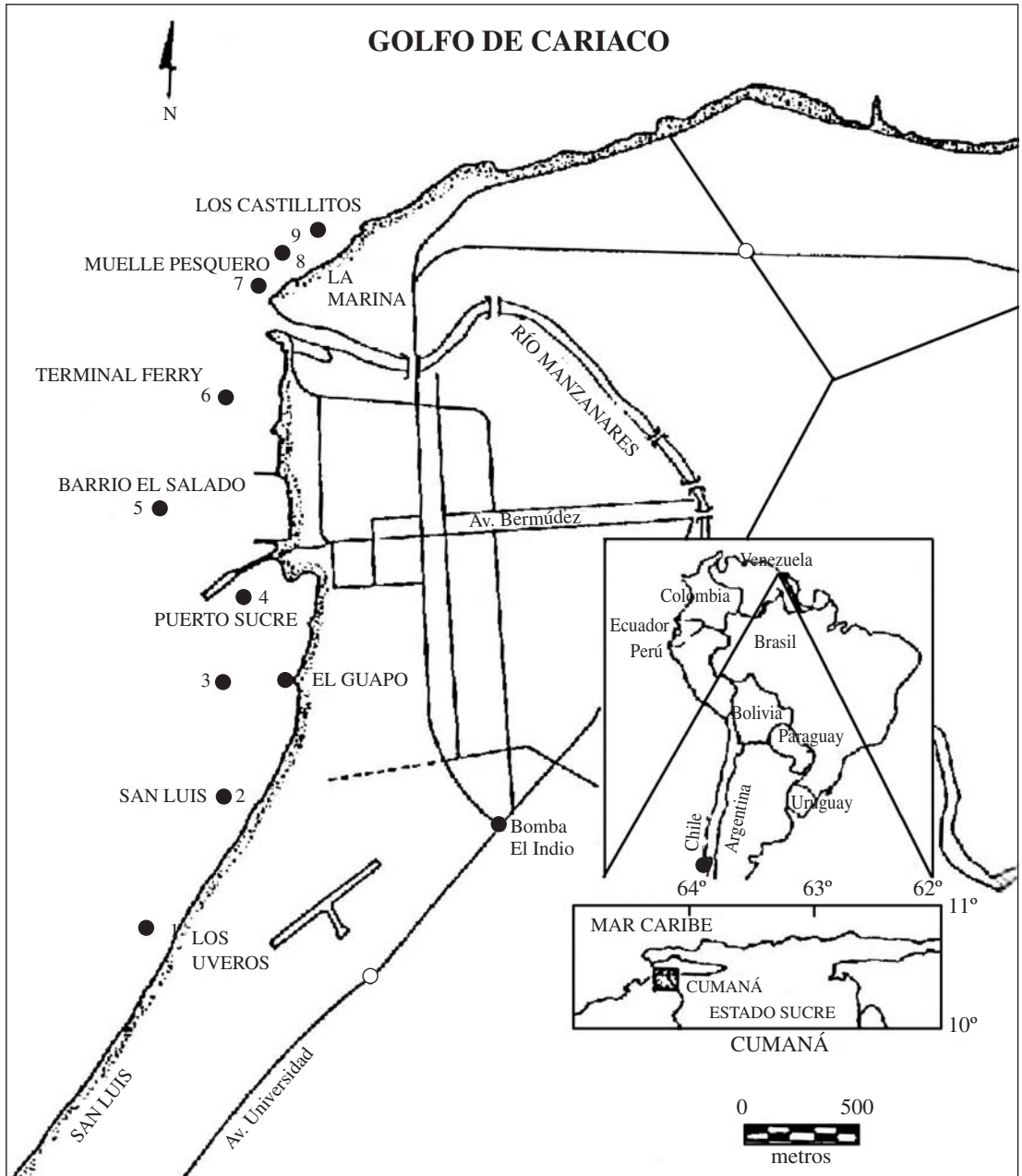


Figura 1. Estaciones de la zona en estudio.

Tabla 1
Concentración (Mg/L) de n-Alcanos
Estaciones de estudios

Estación	Sector	mg/L Hidrocarb. ALIF
1	Los Uveros	2,88
2	San Luis	5,50
3	El Guapo	6,51
4	Puerto Sucre	8,93
5	Barrio Salado	9,69
6	Terminal Ferry	6,09
7	Muelle Pesquero	9,67
8	La Marina	9,13
9	Los Castillitos	3,98

La Fig. 2, muestra de manera comparativa las concentraciones detectadas en cada una de las estaciones, pudiéndose apreciar mayores contenidos en los sectores Barrio El Salado, Muelle Pesquero, La Marina y Puerto Sucre; en un orden algo menor El Guapo y Terminal del Ferry correspondiendo a las que presentan mayores cantidades de embarcaciones y algunas de éstas, además, están expuestas a los desechos urbanos eliminados por los emisarios, como es el caso del Barrio El Salado, El Guapo y Los Castillitos, descargas cloacales importantes, particularmente las dos primeras que registran mayores concentraciones de alifáticos. Cabe destacar que el sector del Muelle Pesquero recibe el aporte directo del Manzanares, río que prácticamente atraviesa la ciudad de Cumaná, como se aprecia en la Fig. 1, además, en su desembocadura gran cantidad de naves a motor descargan residuos de aceite y gasoil (Cedeño *op. cit.*), generalizando, estas estaciones presentarían riesgos de efectos subletales para algunos organismos, con mayor énfasis aquellas que poseen mayores concentraciones.

Las Figs. 3 a 11 presentan cromatogramas de los hidrocarburos parafínicos detectados en aguas superficiales del sector en estudio, con los cuales se determinó el porcentaje de área y la relación entre hidrocarburos impares y pares para cada estación como se aprecia en la Tabla II. El resultado de lo cual indica que algunas de las estaciones poseen valores próximos a la unidad (Zsolnay *op. cit.*) como es el caso del Barrio El Salado,

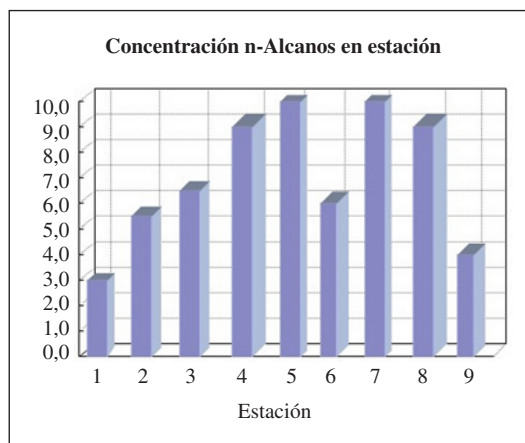


Figura 2. Concentración de n-Alcanos en Estaciones.

Tabla 2
Áreas n-Alcanos y relación
hidrocarburos impares/hidrocarburos pares

Estación	% Área Hidr. Impar	% Área Hidr. Par	Relación Impar Par
1. Los Uveros	9,59	171,25	0,056
2. San Luis	39,60	168,28	0,235
3. El Guapo	138,93	212,06	0,655
4. Puerto Sucre	47,37	111,20	0,426
5. Barrio Salado	165,53	180,77	0,915
6. Terminal Ferry	32,21	270,57	0,119
7. Muelle Pesquero	152,78	198,48	0,769
8. La Marina	234,82	125,59	1,870
9. Los Castillitos	221,76	91,43	2,425

el Muelle Pesquero y el sector El Guapo, lo que insinuaría predominancia de hidrocarburos fósiles sobre los escasos biogénicos en esos lugares, corroborándose con los correspondientes cromatogramas que presentan doble subida de la línea base, algunos picos bien resueltos y gran UCM (Farrington & Medeiros *op. cit.*), muestras que corresponderían a materiales de tipo mezclado similar a lo observado en la estación 9, ya que su cromatograma también es mixto, mientras que La Marina, Terminal del Ferry y Puerto Sucre indican doble levantamiento de la línea base y gran cantidad de picos no resueltos (UCM), sugiriendo existencia de especies con orígenes fósiles, lo

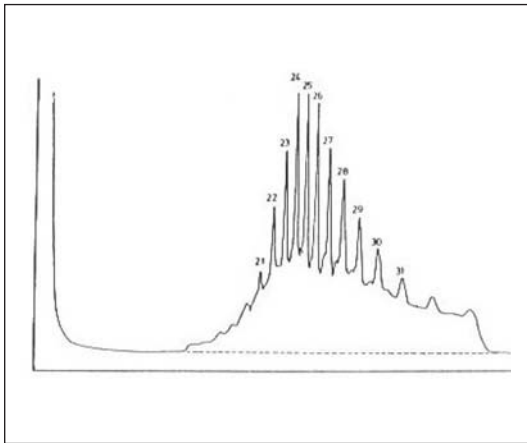


Figura 3. Hidrocarburos Sector Los Uveros.

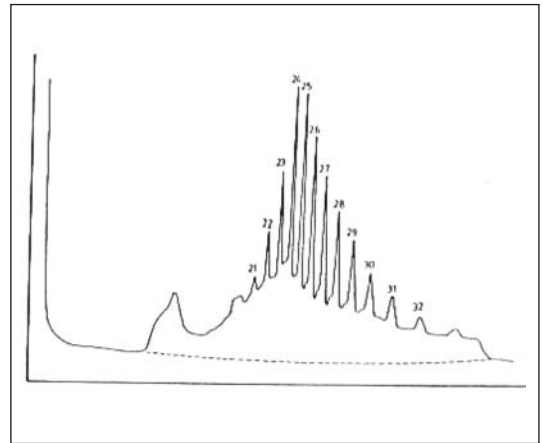


Figura 4. Hidrocarburos Sector San Luis.

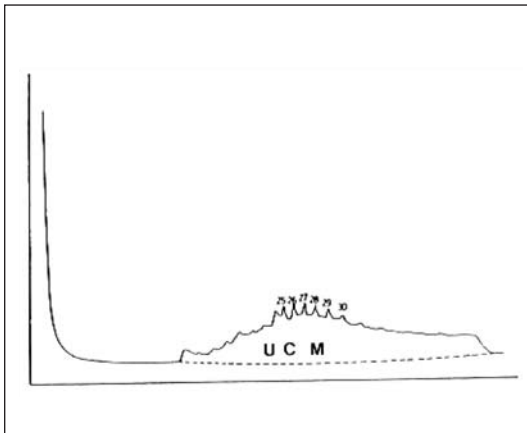


Figura 5. Hidrocarburos Sector El Guapo.

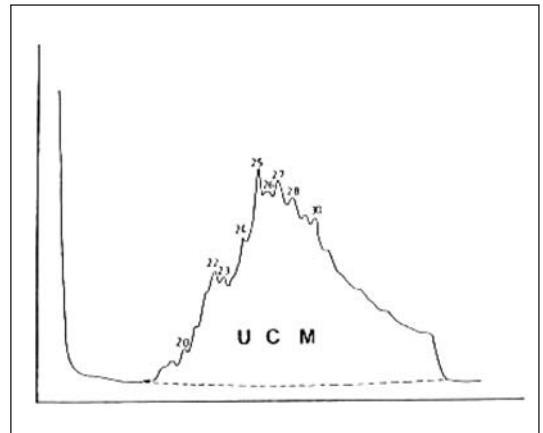


Figura 6. Hidrocarburos Sector Puerto Sucre.

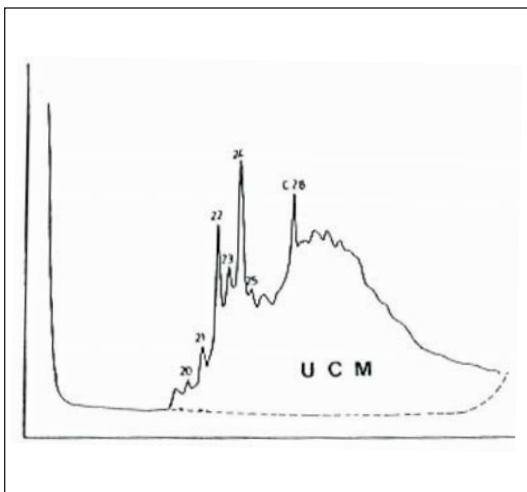


Figura 7. Hidrocarburos Sector Barrio El Salado.

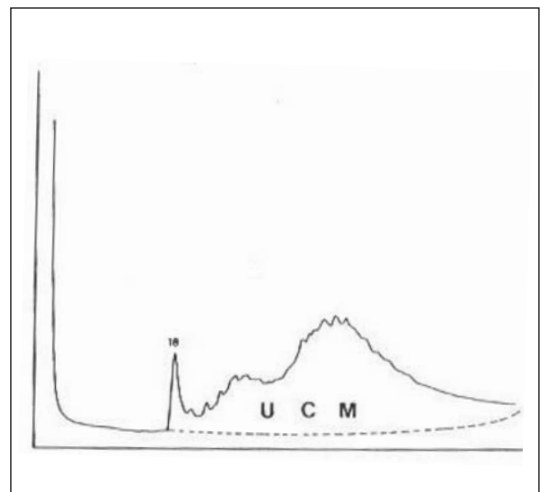


Figura 8. Hidrocarburos Sector Terminal Ferry.

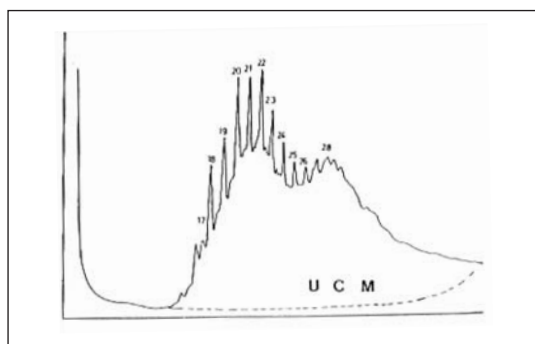


Figura 9. Hidrocarburos Sector Muelle Pesquero.

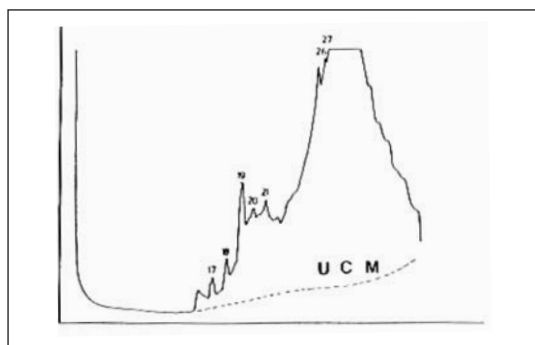


Figura 10. Hidrocarburos Sector La Marina.

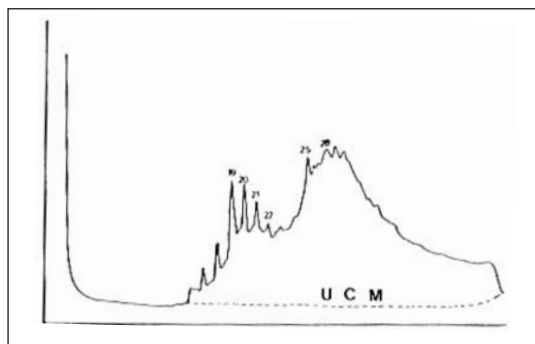


Figura 11. Hidrocarburos Sector Los Castillitos.

que se explicaría por el gran número de embarcaciones que hacen uso de estas aguas. Mientras que las estaciones Los Uveros y San Luis muestran cromatogramas con menor levantamiento de la línea base y gran resolución de picos, lo que indicaría predominio de hidrocarburos de origen biogénico, correspondiendo ambas zonas a balnearios con escaso movimiento de embarcaciones y existencia de algas. Además son las estaciones con menores concentraciones, tendencia que se ajusta de manera general con lo reportado por Cedeño (*op. cit*) para el sector Los Uveros.

CONCLUSIONES

1. Las aguas superficiales de los sectores costeros estudiados poseen hidrocarburos alifáticos, lo cual sugiere un manejo cuidadoso de las mismas para proteger y preservar su entorno.
2. Las concentraciones detectadas en este trabajo son superiores a los valores informados para aguas costeras y para algunos de los sectores en estudio, lo cual indicaría alto riesgo de contaminación por hidrocarburos de origen petrogénico y/o derivados del petróleo.
3. Las estaciones que presentan mayor riesgo serían El Guapo, Puerto Sucre, Barrio El Salado, Terminal del Ferry y frente a La Marina de Cumaná.
4. Para prevenir posibles alteraciones del medio acuático costero, en este puerto como en cualquier otro con importante tráfico naviero y eliminación de desechos urbanos al área costera adyacente se consideraría recomendable tratar previamente los efluentes que serían vertidos al mar.

LITERATURA CITADA

BATTELLE, MEMORIAL INSTITUTE. 1972. La Ecología del Lago Maracaibo. Venezuela. Pac. N. W. Lab. 16 pp.

Memorial Institute, 1974. Study of effects of oils discharge and domestic and industrial Wastewater on the Fisheries of Lake Maracaibo, Venezuela, Pac. N. M. Lab. Rept; 99 pp.

BLUMER, AND J. SASS. 1972. Indigenous and petroleum derive hydrocarbons in a polluted sediment. Marine Pollution Bulletin. Vol. 3. pp. 92-94.

BONILLA, J. 1979. Geoquímica Orgánica de los sedimentos Superficiales del Golfo de Cariaco, trabajo de Ascenso. Inst. Oceanográfico, Univ. de Oriente, Núcleo de Sucre. 61 pp.

BOTELLO, A. V. 1976. Estudios preliminares sobre los niveles de algunos contaminantes en la laguna de Términos, Campeche. México. II Simposio de Cicar, Caracas-Venezuela, pp. 23.

— **Y MANDELLI, E. P. 1978.** Ditrubition of n-paraffins in sea-grasses, Benthic algae, Oysters and nacent sediments

- from Terminos Lagoon, Campeche, México. Centro Cienc. del Mar y Limnol. U.N.A.M.
- **1979.** Presencia e importancia de hidrocarburos fósiles en el medio ambiente marino. Centro Cienc. del Mar y Limnol. U.N.A.M. 6(1); 1-6.
- BROWN, R. A. AND P. K. STARNES. 1976.** Hydrocarbons in the water and sediments of Wilderness Lake II. Marine Pollution Bulletin. Vol. 9 pp. 162-165. Pergamon Press Ltd.
- **ELLIOT, J. J.; J. M. KELLIHER AND T. D. SEARL. 1975.** Sampling and analysis of nonvolatile hydrocarbons in ocean water. Advances in Chemistry Series, 147.
- CAGUANA, D. J. 1982.** Hidrocarburos alifáticos en comunidades de algas y medio ambiente. Trabajo de Grado. Lic. en Biol. Mención Biol. Marina. Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre. Univ. de Oriente, Venezuela.
- CARLBERG S. R. 1980.** Oil pollution of the Marine Environment - With an emphasis on estuarine studies. In "Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries". Olausson, E. & Cato, I. John Wiley & Sons.
- CEDEÑO, G. 1979.** Un Método para determinar hidrocarburos en el Estuario de Southampton-Inglaterre. Trabajo de Ascenso, 37 pp.
- **1980.** Estudio preliminar sobre contaminación por hidrocarburos aromáticos en la Bahía de Pozuelos, Asovac-Mérida. p. 80.
- **1981.** Contaminación por petróleo en costas del Edo. Anzoátegui, Venezuela, VII Simposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica. Acapulco, México, p. 110.
- **1985.** Hidrocarburos Alifáticos y Aromáticos en las costas de Cumaná. Asovac. Maracaibo. 1987.
- CLARK, Y. AND M. BLUMER. 1967.** Distribution of n-paraffins in marine organism and sediment. Limnol. Oceanogr. 12, 79-87.
- CLARK, R. C. AND J. S. FINLEY. 1974.** Analytical techniques for isolating and quantifying petroleum paraffin hydrocarbon in marine organism. Mar. Poll. Monitoring (Petroleum). NBS. S. P. 409. Proceeding of a Symp. and Workshop held At. Nat. Bur. of Sts. Gaithersburg, Maryland, May. 13-17.
- DYER J. R. 1965.** Applications of Absorption Spectroscopy of Organic Compound. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.
- FARRINGTON, J. W. AND J. G. QUINN. 1973.** Petroleum Hydrocarbons and Fatty Acids in waste water effluent, Journal Water Pollution Control Federation.
- GRUENFELD, M. AND U. FRANK. 1977.** A review of some commonly used parameters for determination of oil pollution, oil spill behavior and effects. Oil Spill Conference.
- ILIFFE M. T. AND J. B. CALDER. 1974.** Dissolved Hydrocarbons in the eastern Gulf of Mexico Loop Current and the Caribbean Sea Research, Vol. 21, pp. 481 to 488. Pergamon Press.
- LEE, R. F. 1976.** Accumulation Turnover of petroleum hydrocarbons in marine organism. Wolpe (Ed.) Fate and effects of petroleum hydrocarbons in marine ecosystems and organisms. Pergamon Press Inc., New York. p. 60-70.
- LEVY E. M. AND A. WALTON. 1973.** Dispersed in particulate petroleum residues in the Gulf of St. Lawrence, Journal Fisheries Research Board of Canadá, Vol. 30 N° 2.
- **AND M. EHRHARDT. 1981.** Natural seepage of petroleum at Buchan Gulf, Baffin Island, Marine Chemistry, 355-364.
- LOHER, R. AND C. T. JR. DE NAVARRA. 1980.** Grease remove at Municipal treatment facility. Jour. Water Poll. Control Fed. 41, 12142.
- MIRONOV, O. G. 1970.** The effect of oil pollution on the flora and fauna of the Black Sea. FAO. Tech. Conf. Mar. Poll. Rome. Paper E-92.
- NEMIROVSKAYA, I. A. 1979.** A study of pollution by oil and oil products of the sea on the Nd Cruise of R/V Akademik Kurchatov. Oceanol. 19 (1) p. 115-118.
- ODUM, E. P. 1972.** Fundamentals of Ecology. Saunders Eds. Philadelphia, 574 p.
- RIODUERO, 1977.** Diccionario de Química. Edica S.A. Madrid.
- SAUER, JR., T. C. 1980.** Volatile liquid hydrocarbons in water of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. Limnol. Oceanogr. 25(2), 338-351.
- STOCKER, S. Z. AND SEAGER Z. 1981.** Química Ambiental R. 241-245. Edit. Blume.
- STUERMER, D. H.; R. B. SPIES; P. H. CLARENCE; J. MORRIS AND S. NEAL. 1982.** The Hydrocarbons in the Islavista Marine Environment, Mar. Chem.
- WAKEHAM, S.G. 1977.** A characterization of the sources of petroleum hydrocarbons in Lake Washington, Journal Water Pollution Control.
- ZAFIROU, O.; M. BLUMER AND J. MYERS. 1972.** Correlation of oils and oil product by gas chromatography. Woods Hole Oceanographic Institution. Whol. 72-75.
- ZSOLNAY, A. 1973.** Measurement made at sea of the saturated and aromatic hydrocarbons in the Baltic in April.
- **1976.** Differentiation between biogenic and petroleum hydrocarbons in environmental samples. Special Publications on standard reference material for off-shore driving, National Bureau of Standards, Washington D.C.
- **1979.** Hydrocarbons in the Mediterranean Sea. Mar. Chem. 7. 343-352.

