ISSN 0798 - 0639

UNIVERSIDAD DE ORIENTE - CUMANA, VENEZUELA / VOLUMEN 40 / Nº 1&2 - 2001

BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE VENEZUELA

Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente 40 (1&2): 31-37 (2001); 3 Figs., 2 Tabs.

ESTUDIO GEOQUIMICO DE CARBOHIDRATOS, HIDROCARBUROS, ACEITES Y GRASAS EN LA LAGUNA DE CHACOPATA, ESTADO SUCRE, VENEZUELA.

MARÍA VALENTINA FUENTES HERNÁNDEZ

Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias, Cumaná, Venezuela
mfuentes@ci.udo.edu.ve

RESUMEN: El objetivo de esta investigación es el estudio geoquímico de los carbohidratos, hidrocarburos, aceites y grasas en los sedimentos de la Laguna de Chacopata, Venezuela. Para ello se tomaron muestras de sedimentos superficiales en 16 estaciones durante el mes de noviembre de 1996 y se analizaron carbohidratos totales (CHT), insolubles (CHI) y solubles (CHS) según el método descrito por Artem'yev *et al.* (1971) y Gerchakov & Hatcher (1972), hidrocarburos (HC), aceites y grasas (A y G) por el Programa Caripol para el área del Caribe (1980). Las concentraciones de CHT estuvieron comprendidas entre 0,613 y 5,610 mg/g, CHI entre 0,453 y 5,150 mg/g y CHS entre 0,080 y 0,737 mg/g; mientras que HC variaron desde 0,050 hasta 0,371 mg/g y A y G desde 0,076 hasta 0,499 mg/g. Los resultados demostraron que los contenidos más bajos se encontraron en el área marina y en tierra firme, mientras que las concentraciones más elevadas en zonas de alta productividad biológica, asociados a sedimentos finos y ricos en C-org. La fracción mayoritaria estuvo representada por CHI, correlacionados con C-org,, limo y arcilla, indicando que, probablemente, son polisacáridos de alta resistencia a la mineralización que se preservan en la laguna, y que la fracción CHS es fácilmente utilizable por organismos de la flora y fauna. Los HC covariaron significativamente con CHI y los A y G con HC y CHI señalando una penetración biogénica marina. Se evidencian, de tal manera, los niveles naturales contenidos en los sedimentos y se puede aducir que no son de origen antropogénico, ya que, aparentemente, no existen aportes contaminantes, permitiendo estimar futuros impactos, si la zona se llega a desarrollar.

ABSTRACT: The purpose of this study is the geochemical study of the carbohydrates, hydrocarbons, oils and fats that are found in the sediments of Chacopata Lagoon, Venezuela. For this study, we collected surface sediment samples in 16 stations during the month of November of 1996, and we analyzed total (CHT), insoluble (CHI) and soluble (CHS) carbohydrates by means of the method described by Artem'yev *et al.* (1971) and Gerchakov & Hatcher (1972), and hydrocarbons (HC), oils and fats (A y G) by means the method proposed by the Caripol Program for the Caribbean Area (1980). The CHT concentrations were measured between 0.613 and 5.610 mg/g, CHI concentrations between 0.453 and 5.150 mg/g and CHS concentrations between 0.080 and 0.737 mg/g; while the HC varied between 0.050 and 0.371 mg/g, and A y G varied between 0.076 to 0.499 mg/g. The results show that the lowest CHT contents were found in the marine area and on the mainland, while the highest concentrations were found in zones of high biological productivity, associated with fine sediments, rich in C-org. The largest fraction was represented by CHI, correlated with C-org , silt and clay, indicating that they probably are polysaccharids highly resistant to mineralization that are preserved in the lagoon, and that the CHS fraction can easily be used by flora and fauna. HC co-varied with CHI and A y G co-varied with HC and CHI, indicating a marine biogenic penetration. Evidence show that the natural levels present in the sediments are not of anthropogenic origin, as there is apparently no pollution. This will allow to estimate future impacts, if the area is eventually developed.

INTRODUCCIÓN

Debido a la complejidad de la materia orgánica presente en el agua y sedimentos marinos, muchas investigaciones se orientan en lograr su inventario y determinar su relación con parámetros físicos, químicos y biológicos; mostrando un interés particular por moléculas muy específicas como carbohidratos, hidrocarburos, aceites y grasas. La presencia de tipos determinados de estos compuestos ofrecen información sobre su procedencia, rol, ciclos y destinos en el medio.

Los carbohidratos y sus derivados son productos primarios de la fotosíntesis, fuente principal de energía y constituyentes de los organismos, cuando se asocian a proteínas, lípidos y ácidos nucléicos para formar complejos macromoleculares. En orden de importancia, los manglares, fanerógamas y fitoplancton constituyen los aportes fundamentales de carbohidratos al medio ambiente, aunados a las contribuciones alóctonas naturales y antropogénicas, transportadas desde el continente por masas de agua dulce. Muchos de ellos muestran resistencia a la mineralización y se preservan

en los sedimentos como sustancias húmicas o como carbohidratos más complejos debido a la actividad del bentos (ROMANKEVICH, 1984). Sus máximas concentraciones se presentan principalmente en sedimentos superficiales limo-arcillosos de aguas someras, como los sedimentos de las lagunas costeras. Estos sedimentos, generalmente, son ricos en C-org, debido a la alta productividad biológica de esta zona (FUENTES *et al.*, 1997).

Debido a su estabilidad, los hidrocarburos y sus derivados son muy usados como fuentes energéticas, marcadores biológicos y geoquímicos. Sus fuentes auctótonas naturales son los restos de mangles, algas bénticas, fitoplancton, zooplancton, bacterias, mientras que las alóctonas están constituidas por aportes industriales y de transporte a motor. Su estudio se ha intensificado por la necesidad de cuantificar sus niveles básicos, los aportes exógenos y predecir sus efectos nocivos en los procesos físicos, biológicos y químicos de un ambiente marino específico.

En Venezuela se han realizado muchas investigaciones sobre las lagunas costeras venezolanas, sin embargo, a la laguna de Chacopata, Estado Sucre, Venezuela, ha sido poco atendida, a pesar de ser un ecosistema altamente productivo, aledaño a una zona de gran actividad pesquera y escasamente intervenido por el hombre (FUENTES *et al.*, 1997), de tal manera que el objetivo de esta investigación es generar conocimientos geoquímico de las condiciones actuales de carbohidratos, hidrocarburos, aceites y grasas en el ecosistema, de tal manera que permitan entender la dinámica ambiental y el manejo racional de la laguna. Así se logrará mantener el equilibrio hidroquímico, geoquímico y ecológico, por ende beneficios equitativos para la biota, hombre y ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La laguna de Chacopata se localiza en la costa nororiental de Venezuela, entre los 10° 39′ 00′′ y 10° 41′00′′ de Lat. N y 63° 47′30′′ y 63°49′50′′ de Long. W (Fig. 1). Esta laguna está bordeada de manglares en la costa norte, oeste y suroccidental, posee extensas praderas de *Thalassia*, abundantes macroalgas e infauna. Sus sedimentos son areno-limosos, con una gran acumulación de materia orgánica auctóctona. Solo recibe escurrimientos continentales en época lluviosa y no

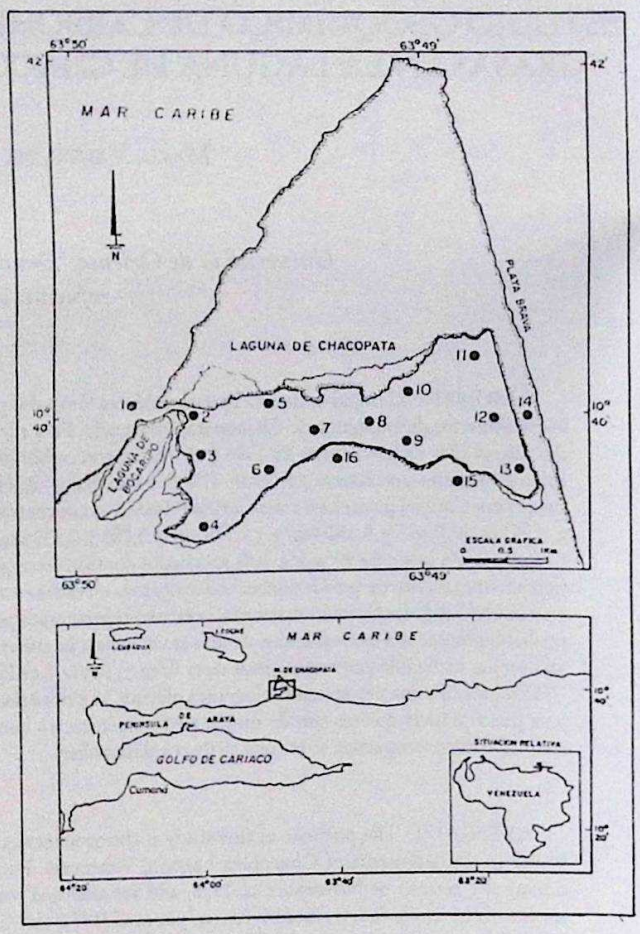


Figura 1. Área geográfica. Situación relativa. Estaciones de muestreo.

presenta comunidades vecinas que descarguen desechos en ella (FUENTES *et al.*, 1997; FUENTES, 1998, FUENTES, 1999).

El muestreo de los sedimentos superficiales de la Laguna de Chacopata se realizó en el mes de noviembre de 1996, en 16 estaciones (Ests.), 3 ubicadas en tierra firme, 1 en el área marina de la boca y 12 en el cuerpo lagunar (Fig. 1). Los sedimentos continentales se colectaron con una espátula plástica y los internos con una draga Dietz Laffont de 0,02 m² de área, refrigerándose inmediatamente. En el laboratorio, las muestras se liofilizaron a -30°C durante 72 h, se pulverizaron y analizaron como se indica a continuación:

Carbohidratos: se determinaron los carbohidratos totales (CHT) y solubles (CHS) según el método

espectrofotométrico descrito por ARTEM'YEV *et al.* (1971) y GERCHAKOV & HATCHER (1972). Los insolubles (CHI) se determinaron por diferencia.

Hidrocarburos (HC), aceites y grasas (A y G): se cuantificaron por cromatografía de gases, según el Programa Caripol para el área del Caribe, reseñado por BONILLA (1978).

Análisis estadístico: se calculó la matriz de correlación de Pearson, mediante el programa Systat 6.0 el cual determina la covariación entre pares de parámetros, a saber: carbohidratos totales, insolubles y solubles, hidrocarburos, aceites y grasas, C-org (FUENTES *et al.* 1997), textura granulométrica y mineralogía (FUENTES, 1999).

RESULTADOS

CARBOHIDRATOS SOLUBLES (CHS)

En la Fig. 2A se muestra la distribución espacial de CHS, en general, de bajas concentraciones. La isolínea de 0,35 mg/g delimita el ecosistema en cuatro zonas: la primera, se extiende desde la boca hacia el extremo más occidental, con valores de isolíneas desde 0,15 a 0,35 mg/g, la segunda desde la anterior hasta el centro, con valores entre 0,35 a 0,50 mg/g, en aumento hacia la costa norte (Est. 5). Una tercera zona se extiende desde el centro hacia el suroriente y nororiente, la cual presenta los valores más altos (0,35 – 0,70 mg/g) y la cuarta, hacia el oriente, donde los valores comienzan a decrecer (0,35 – 0,30 mg/g). En el exterior de la laguna, se encontraron valores muy bajos: Est. 14 (0,083 mg/g); Est. 15 (0,080 mg/g) y Est. 16 (0,273 mg/g). La máxima concentración se localizó en la Est. 10 (0,737 mg/g) y la mínima en la Est. 15 (0,080 mg/g). El valor promedio de CHS fue de 0,311 ± 0,174 mg/g (Tabla 1). Como puede notarse en la Tabla 2, los resultados obtenidos covariaron con arcilla (0,630), particularmente caolinita (0,756) y esmectita (0,623), Corg (0,558) y limo (0,620).

CARBOHIDRATOS INSOLUBLES (CHI)

La distribución espacial de los CHI (Fig. 2B) muestra un incremento uniforme, en sus isolíneas, de 0,5 mg/g desde el área de la boca hacia el centro y sureste, con valores comprendidos entre 0,471 mg/g (Est. 1) y 3,620 mg/g (Est. 10). A partir de la isolínea de 3,0 mg/g en el centro, las concentraciones continúan aumentando hacia la costa suroriental y nororiental (3,0 – 5,0 mg/g), sin embargo, disminuyen hacia la zona oriental (3,0 mg/g). Los sedimentos arenosos y arenolimosos del exterior del humedal presentaron contenidos comparables a los arenosos del área de la boca (Est. 14, 0,483 mg/g; Est. 15, 0,548 mg/g; Est. 16, 0,203 mg/g). La concentración fluctuó entre 0,453 mg/g (Est. 2) y 5,150 mg/g (Est. 9), con promedio de 2,491 ± 1,621 mg/g (Tabla 1). Estos carbohidratos correlacionaron positivamente con C-org (0,862), HC (0,670), A y G (0,631), limo (0,603) pero negativamente con arena (-0,672, Tabla 2).

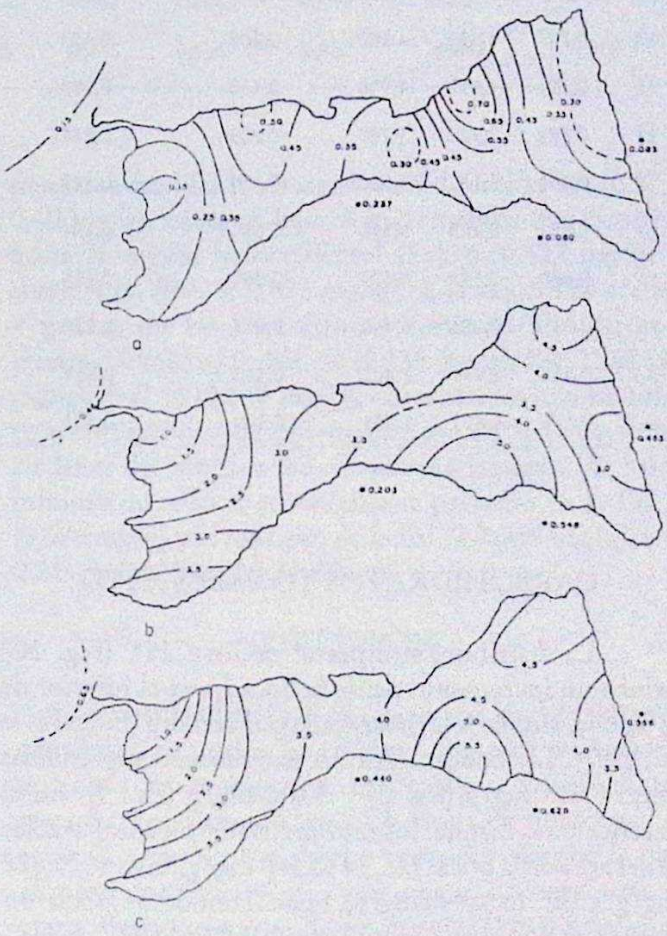


Figura 2. Distribución espacial de carbohidratos solubles (A), insolubles (B) y totales (C) en los sedimentos superficiales de la Laguna de Chacopata, en mg/g.

TABLA 1. Concentración de carbohidratos, hidrocarburos, aceites y grasas en los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata (Est.: estación, CHS: carbohidratos solubles; CHI: carbohidratos insolubles; CHT. Carbohidratos totales, X: media, s: desviación estándar)

Est.	CHS (mg/g)	CHI (mg/g)	CHT (mg/g)	Hidrocarburos (mg/g)	Aceites y grasas (mg/g)
1	0,142	0,471	0,613	0,060	0,076
2	0,263	0,453	0,716	0,050	0,072
3	0,146	1,690	1,840	0,076	0,104
4	0,243	3,650	3,897	0,077	0,106
5	0,501	2,850	3,350	0,161	0,270
6	0,425	2,990	3,410	0,332	0,422
7	0,384	3,210	3,590	0,243	0,312
8	0,277	3,830	4,110	0,297	0,376
9	0,456	5,150	5,610	0,371	0,449
10	0,737	3,620	4,360	0,209	0,153
11	0,291	4,610	4,900	0,150	0,209
12	0,258	2,920	3,180	0,203	0,281
13	0,453	3,170	3,620	0,139	0,180
14	0,083	0,483	0,566	0,088	0,134
15	0,080	0,548	0,628	0,060	0,128
16	0,237	0,203	0,440	0,074	0,159
X	0,311	2,491	2,802	0,162	0,214
s	0,174	1,621	1,734	0,104	0,123

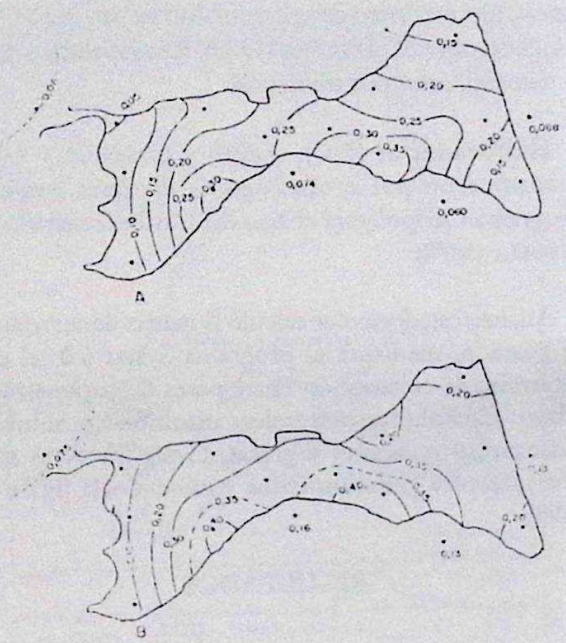


Figura 3. Distribución espacial de hidrocarburos (A), aceites y grasas (B), en los sedimentos superficiales de la Laguna de Chacopata, en mg/g.

CARBOHIDRATOS TOTALES (CHT)

La distribución espacial de los CHT (Fig. 2C) exhibe un incremento desde la boca hacia el interior de la laguna, similar a la presentada por el Corg (FUENTES *et al.*, 1997). Las concentraciones estuvieron comprendidas entre 0,613 mg/g (Est. 1) y 5,610 mg/g (Est. 9). En el exterior de la laguna, los resultados fueron comparables al del área de la boca: Est. 14 (0,566 mg/g), Est. 15 (0,628 mg/g) y Est. 16 (0,440 mg/g). Los contenidos se asociaron positivamente con C-org (0,876), HC (0,684), A y G (0,630), limo (0,637) y arcilla (0,499), sin embargo se relacionaron negativamente con arena (- 0,683). La isolínea de 3,5 mg/g divide el humedal en dos áreas bien definidas: la occidental de concentraciones relativamente bajas (0,65 – 3,5 mg/g) y la centro – oriental, en la cual las concentraciones se incrementan en aproximadamente 0,5 mg/g, a medida que se desarrollan hacia la parte suroriental y nororiental (3,5 – 5,5 mg/g). En el estudio, la media de 2,802 mg/g fue mayor que la reportada por BONILLA & LIN (1979) para el golfo de Paria (1,01 mg/g), pero menor que 10,93 mg/g, obtenido por los mismos autores para el golfo de Cariaco, donde los sedimentos son fundamentalmente orgánicos y de textura fina.

HIDROCARBUROS

En la Fig. 3A se muestra la distribución espacial de los hidrocarburos alifáticos (HC), donde las concentraciones variaron entre 0,050 mg/g (Est. 2) hasta 0,371 mg/g (Est. 9), x = 0,162 ± 0,104 mg/g (Tabla 1). En la boca (Est. 1; 0,060 mg/g) y canal de entrada (Est. 2; 0,050 mg/g) se presentaron las concentraciones menores, comparables a las obtenidas en los sedimentos continentales: Est. 14 (0,088 mg/g), Est. 15 (0,060 mg/g) y Est. 16 (0,074 mg/g) en sedimentos arenosos (Est. 14) y areno-limosos (Ests. 15 y 16); mientras que los valores más elevados se encontraron en las Ests. 6 (0,332 mg/g) y 9 (0,371 mg/g), ubicadas en el sur, en sedimentos

TABLA 2. Matriz de Correlación de Pearson (Est.: Estación; CHS: Carbohidratos solubles, CHI: carbohidratos insolubles; CHT: Carbohidratos totales; HC: hidrocarburos; A y G: Aceites y grasas).

	CHS	CHI	CHT	HC	A Y G	Corg	Arena	Limo	Arcilla	Caolinita	Esmectita
CHS	1,000										
CHI	0,463	1,000									
CHT	0,546	0,995	1,000								
HC	0,469	0,670	0,684	1,000							
A Y G	0,319	0,631	0,630	0,756	1,000						
Corg	0,558	0,862	0,876	0,447	0,386	1,000					
Arena	-0,506	-0,672	-0,689	-0,435	-0,450	-0,792	1,000				
Limo	0,620	0,603	0,637	0,420	0,387	0,779	-0,976	1,000			
Arcilla	0,630	0,453	0,494	0,200	0,167	0,702	-0,476	0,581	1,000		
Caolinita	0,756	0,539	0,595	0,250	0,050	0,722	-0,461	0,569	0,948	1,000	
Esmectita	0,623	0,497	0,538	0,045	-0,097	0,686	-0,433	0,516	-0,002	0,851	1,000

arenolimosos. La deposición fue antagónica con arena (-0,435), poco relacionada con arcilla (0,200), medianamente correlacionada con limo (0,420), Corg (0,447) y significativamente con CHI (0,670) y aceites y grasas (0,756, Tabla 2).

La isolínea de 0,25 mg/g delimita el ecosistema en dos regiones bien delimitadas: una de concentraciones bajas comprendidas entre 0,05 a 0,25 mg/g, ocupando la mayor parte del ecosistema, desplazándose desde la boca en dirección suroccidental y central hacia el oriente y sureste, y otra zona, de concentraciones superiores a 0,25 mg/g, ubicada en el sur y centro (0,25 – 0,35 mg/g).

ACEITES Y GRASAS

La distribución espacial de aceites y grasas (Fig. 3B) muestra un comportamiento similar a la de los hidrocarburos, poca relacionada con Corg, y escasa o nula con la textura del sedimento, sin embargo se asoció altamente con HC (0,756), CHI (0,631) y CHT (0,630, Tabla 2). La isolínea de 0,30 mg/g divide al ecosistema en dos zonas: una occidental y oriental (0,07 – 0,30 mg/g), en los cuales las concentraciones de aceites y grasas se incrementan a medida que se desplazan hacia el centro; y otra ubicada en el centro, donde las concentraciones muestran un relativo aumento en dirección sur (0,30 – 0,40 mg/g), excepto ligeros incrementos que ocurren hacia la región suroccidental (Est. 6; 0,422 mg/g) y suroriental (Est. 9; 0,499 mg/g). Los valores de aceites y grasas de las estaciones continentales fueron relativamente bajos: Est. 14 (0,134 mg/g); Est. 15 (0,128 mg/g); Est. 16 (0,159 mg/g), coincidentes con las bajas concentraciones de hidrocarburos en las estaciones aledañas del interior del ecosistema lagunar. El valor mínimo de todo el ecosistema se presentó en la Est. 1 (0,076 mg/g) y el máximo en la Est. 9 (0,499 mg/g), $x = 0,214 \pm 0,123$ mg/g (Tabla 1).

DISCUSIÓN

Los resultados indican que los carbohidratos provienen de restos de materia orgánica auctóctona derivada de manglares, macroalgas, fanerógamas marinas, zooplancton, peces y fauna de fondo que se acumulan en arcillas, hecho corroborado por la alta afinidad con éstas, Corg, y la asociación negativa con arena. Respecto a esto, ROMANKEVICH (1984) señala que elevadas concentraciones de CHT se presentan en sedimentos finos de aguas someras, ricos en C-org, localizados en zonas de alta productividad biológica, mientras que concentraciones mínimas ocurren en

depósitos pelágicos. El valor promedio de CHT, mayor que el de los sedimentos del Golfo de Paria, se debe a que la laguna de Chacopata es más productiva, sin embargo el de los sedimentos del Golfo de Cariaco lo supera porque además de ser un ambiente productivo recibe aportes exógenos.

El comportamiento similar y relación entre las concentraciones de CHT y CHI revelan que la fracción mayoritaria es de carácter insoluble (polisacáridos, como alginatos de fanerógamas marinas, hemicelulosa de las macroalgas, celulosa y pectina de las hojas de manglares y mucopolisacáridos de organismos del bentos), debido a que son sedimentos recientes, y que los carbohidratos solubles son fácilmente utilizables por los organismos de la flora y fauna, tan rápidamente como son liberados por los mecanismos de descomposición. Estos carbohidratos se preservaron favorablemente como complejos organo - arcillosos, hecho explicado por la significativa correlación existente entre CHS, Corg, limo y arcillas, particularmente con caolinita y esmectita.

Los carbohidratos adsorbidos selectivamente en las arcillas pueden ser eliminados bioquímicamente en la primera fase de la diagénesis, cuando las bacterias y animales horadadores viven en el sustrato. Otros pueden sobrevivir al consumo de los microorganismos incorporados en las estructuras arcillosas o formar polímeros poco atractivos, nutricionalmente. En ese sentido, ROMANKEVICH (1984) sostiene que la alta resistencia de los carbohidratos a mineralizar permite su preservación como residuos de un sistema síntesis - decaimiento, bien balanceado en el piso lagunar. Otra razón por la cual los valores de CHI fueron elevados podría deberse a que la mayoría de la materia orgánica ingerida por los consumidores de detritos no es digerida, haciéndose más alta que el alimento consumido.

La distribución de los hidrocarburos indica una penetración de energía biogénica marina, proveniente del perifiton (microalgas bénticas superficiales), macrofitas, bacterias sulfatoreductoras, aunados a los alcanos procedentes del plancton y a la gran influencia de las hojas y restos de manglares. La baja concentración de hidrocarburos encontrada en la zona continental, que bordea la laguna, puede deberse a depósitos biogénicos dejados durante inundaciones o a restos vegetales. El comportamiento similar de aceites y grasas, y de hidrocarburos alifáticos revelan un mismo origen, pudiendo ser los aceites y grasas, principalmente, ceras de macroalgas y manglares.

De modo que se puede decir que las concentraciones encontradas corresponden a los niveles naturales de hidrocarburos alifáticos, aceites y grasas, contenidos en los sedimentos superficiales de la laguna; y aducir que no son de origen antropogénico, ya que en este ambiente, aparentemente, no existen aportes contaminantes exógenos, permitiendo estimar en el futuro un posible incremento por desarrollo de actividades demográficas, socioeconómicas e industriales que traerían como consecuencia influjos antropogénicos.

CONCLUSIONES

1. Los carbohidratos derivados de los manglares, macroalgas, fanerógamas marinas, zooplancton y fauna de fondo se acumulan preferiblemente en sedimentos limosos y arcillosos. Estos carbohidratos son, fundamentalmente, polisacáridos insolubles.

2. Los hidrocarburos, aceites y grasas no provienen de actividades desarrolladas por el hombre y no tienen preferencia por textura sedimentaria particular.

3. Los bajos niveles encontrados manifiestan los contenidos basales de carbohidratos e hidrocarburos, aceites y grasas, lo que facilitará la estimación de futuros incrementos si el desarrollo socioeconómico llega a la zona.

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su más sincero agradecimiento al Prof. JAIME BONILLA por su diestra guía y al Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela por las facilidades prestadas.

REFERENCIAS

ARTEM'YEV, V., L. N. KRAYUSHIN & Y. A. ROMANKEVICH. 1971. Determination of total amount of carbohydrates. *Oceanology* 11 (1): 934 - 936

BONILLA, J. 1978. Evaluación de algunas técnicas para hidrocarburos en sedimentos marinos por

cromatografía de columna y capa fina. *Lagena* 35 – 36: 55 – 60

_____ . & A. Lin. 1979. Materia orgánica en los sedimentos de los golfos de Paria y Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 18 (1&2): 225 – 237

Fuentes, M.V. 1998. *Condiciones geoquímicas de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, Estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. MSc en Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 130 pp.

_____ . 1999. Estudio sedimentológico de la laguna de Chacopata, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 38 (2): 3-15

_____., J. Bonilla & J. Fermín. 1997. Algunas características químicas de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 36 (1&2): 69 – 79

Gerchakov, S. M. & P. C. Hatcher. 1972. Improved Technique for analysis of carbohydrate in sediments. *Limnol. Oceanogr.* 17(6): 938 – 943

Romankevich, E. A. 1984. *Geochemistry of organic matter in the ocean*. Springer – Verlag, Berlin, Germany, 329 pp.

Recibido: 20 marzo 2000
Aceptado: 27 junio 2001