Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 54 (1): 3-12 (2015) 5 Figs., 2 Tabs.

EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE ACEITES Y GRASAS E HIDROCARBUROS TOTALES EN NÚCLEOS DE SEDIMENTOS PROCEDENTES DEL ISLOTE CARIBE Y EL COMPLEJO LAGUNAR CHACOPATA-BOCARIPO, ESTADO SUCRE, VENEZUELA.

MARILÚ PÉREZ LORETO[1], IVIS M. FERMÍN[2], GREGORIO J. MARTÍNEZ[2],GERMÁN L. RODRÍGUEZ[2] & RICARDO J. DE LA CRUZ[2]

[1]*Centro de Investigaciones Ecológicas "Guayacán", Vicerrectorado Académico, Universidad de Oriente.*
mperezloreto@gmail.com

[2]*Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.*

RESUMEN: Se valoraron concentraciones de aceites y grasas (AG) e hidrocarburos totales (HT) y se realizaron análisis granulométricos y geoquímicos en estratos superficiales y sub-superficiales. Siete núcleos fueron muestreados en mayo 2010 usando tubos plásticos de PVC (70 x 3,5 cm) que se refrigeraron (-4 ºC) hasta su procesamiento. Los estratos se obtuvieron, según la talla del núcleo (14-38 cm). Concentraciones de AG e HT se determinaron mediante la técnica del infrarrojo en niveles no contaminantes, según UNESCO, las cuales mostraron correlaciones entre sí (r= 0,42; p= 0,000) y con lodos (r= 0,49; p= 0,05); su distribución vertical fue variable. En islote Caribe, los contenidos de materia orgánica total (MOT) y carbonato de calcio ($CaCO_3$) se observaron, significativamente, más elevados y correlacionados entre sí (r= 0,68; p= 0,000); la distribución en los estratos fue similar para la MOT y la de $CaCO_3$ fue variada; lo que puede ser explicado por el enriquecimiento del agua, ya sea por surgencia; los afluentes de las plumas de los ríos Orinoco y Amazonas, los efectos de las ondas internas y los aportes de las lagunas costeras. Al sur de la laguna Chacopata, el núcleo 3 reflejó condiciones hidro-geoquimicas adecuadas para acumular aceites y grasas e hidrocarburos totales. Se identificaron sitios de deposición antigua de material biogénico calcarenítico en la zona media de la laguna Chacopata y en la boca de la laguna Bocaripo. Los sedimentos tienen textura arenosa, permeable y con niveles naturales de aceites y grasas e hidrocarburos que pueden ser considerados valores referenciales.

Palabras claves: Núcleos de sedimentos, compuestos orgánicos, calidad ambiental.

ABSTRACT: Concentrations of oils and grease (AG) and total hydrocarbons (HT) were assessed. Granulometric and geochemical analyzes were performed on surface and subsurface layers. Seven cores were sampled in May 2010 using plastic PVC tubes (70 x 3.5 cm) that were frozen (-4 ° C) until processing. The layers were obtained, depending on the size of the nucleus (14 and 38 cm). AG and HT concentrations were determined using the technique of infrared. AG and HT were observed in not-contaminant level as established by UNESCO; they showed correlations with each other (r = 0.42; p = 0.000) and mud (r = 0.49; p = 0.05) and its vertical distribution was inconstant. The total organic matter content (MOT) and calcium carbonate (CaCO3) were observed significantly higher and correlated with each other (r = 0.68; p = 0.000) in Caribbean islet. Vertical distribution to MOT was similar though to CaCO3 was diverse; which may be explained by the enrichment of water, either by upwelling; plumes tributaries of the Orinoco and Amazon rivers, the effects of internal waves and the contributions of coastal lagoons. Hydro-geochemical conditions suitable to accumulate oils, grease and total hydrocarbons were observed in the southern part of the Chacopata lagoon (core 3). Identified sites of ancient deposition of material biogenic calcareous in the middle of the Chacopata lagoon area and at the mouth of the Bocaripo lagoon. Sediments were evaluated as sandy, permeable and with natural levels of oil, grease and total hydrocarbons; they may be considered reference values.

Keywords: Sediment cores, organic compounds, environmental quality.

INTRODUCCIÓN

El sedimento marino es una matriz estable que funciona como reservorio de nutrientes y contaminantes orgánicos e inorgánicos (CISTERNAS *et al*. 2000), entre los cuales compuestos exógenos como aceites y grasas e hidrocarburos han sido descritos como indicadores sensitivos de contaminación orgánica antropogénica, ya que son escasamente solubles en agua y muy resistentes a la degradación (BARBA 2002; PARTIDA-GUTIÉRREZ *et al*. 2003), por lo que se les ha concedido especial atención en evaluaciones ambientales que los han estimado entre los principales contaminantes del agua, en la zona marino-costera venezolana (LÁREZ *et al*. 2004).

Las actividades del hombre han generado cambios ambientales que tienen efectos globales, por lo que, actualmente, solo se pueden observar sedimentos en condiciones naturales en los estratos inferiores de la columna que se forma cuando el material en suspensión es depositado en los fondos de sitios sedimentarios y son considerados „archivos“, siendo su apreciación más relevante cuando los sedimentos superan los 10-15 cm de profundidad, dado que proporciona información sobre la cantidad y calidad de la materia sedimentada (ARIAS & RAMÍREZ 2009; GUÍÑEZ *et al.* 2010). Por ello, se propuso determinar concentraciones de aceites y grasas e hidrocarburos totales y realizar análisis granulométricos y geoquímicos en estratos superficiales y sub-superficiales de sedimentos procedentes del islote Caribe y el Complejo Lagunar Chacopata-Bocaripo, para evaluar su calidad ambiental. La información obtenida puede ser útil para generar una base de datos necesaria en los programas de vigilancia y control de actividades susceptibles de ocasionar el deterioro ambiental, especialmente cuando se ha anunciado para el estado Sucre un crecimiento económico-social relacionado con la explotación gasífera-petrolera; la inminente construcción de un astillero, un terminal de petróleo crudo y un puerto de aguas profundas en la península de Araya (PROYECTO NACIONAL SIMÓN BOLÍVAR 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El islote Caribe, dependencia federal de Venezuela perteneciente al estado Sucre, se localiza a 10° 412 233 N; 63° 512 523 O; aproximadamente a 3 Km al oeste del Morro de Chacopata y a 7 km al suroeste de la isla de Coche. Forma parte de los afloramientos continentales del canal Coche-Chacopata y su plataforma submarina es bastante somera en dirección este y sur. El Complejo Lagunar Chacopata-Bocaripo se localiza en la región nororiental de Venezuela, en la península de Araya, estado Sucre y está conformado por las lagunas Bocaripo y Chacopata (Fig. 1), las cuales están ubicadas entre las poblaciones de Guayacán y Chacopata a 10º39’ y 10º41’ N; 63º47’30" y 63º49’50" O, respectivamente (Fig. 1). La circulación del agua en dicho complejo depende básicamente de las mareas; tiene solamente aporte de agua dulce pluvial con un promedio que está por debajo de los 500 mm; ambas lagunas están rodeadas por manglar en casi toda su extensión y mantienen comunicación directa y permanente con el mar a través de sus bocas (RAMÍREZ 1996; MARCANO 1997).

En la zona antes mencionada, el tránsito de embarcaciones marinas es de intensidad moderada y, generalmente, adquieren combustible (gasolina) en contenedores plásticos para, posteriormente, mezclarlo con aceites lubricantes; tales actividades suelen ser realizadas en los muelles artesanales de las poblaciones circunvecinas o en el litoral adyacente a las bocas de entrada del mar en las lagunas Chacopata y Bocaripo; donde suelen ocasionar derrames y desechar cantidades de envases de aceites lubricantes que se acumulan en casi todo el litoral.

Actividades de campo y laboratorio

En mayo 2010 (época de transición sequía-lluvia) se realizaron muestreos de sedimentos, en el área comprendida entre la zona sur-oriental del Islote Caribe y el Complejo Lagunar Chacopata-Bocaripo (Fig. 1), donde se obtuvieron siete columnas sedimentarias (núcleos), usando tubos plásticos de PVC (70 x 3,5 cm) con tapa perforada, para la expulsión del agua desplazada, los cuales fueron clavados manualmente en forma vertical, mediante la fuerza de un buzo autónomo, a profundidades de la columna de agua que variaron desde 0,5(Complejo Lagunar Chacopata-Bocaripo) hasta 3,0 m (islote Caribe); seguidamente fueron colocados en posición vertical en un contenedor plástico con hielo hasta su traslado al laboratorio, donde se refrigeraron a -4 ºC. En el laboratorio,

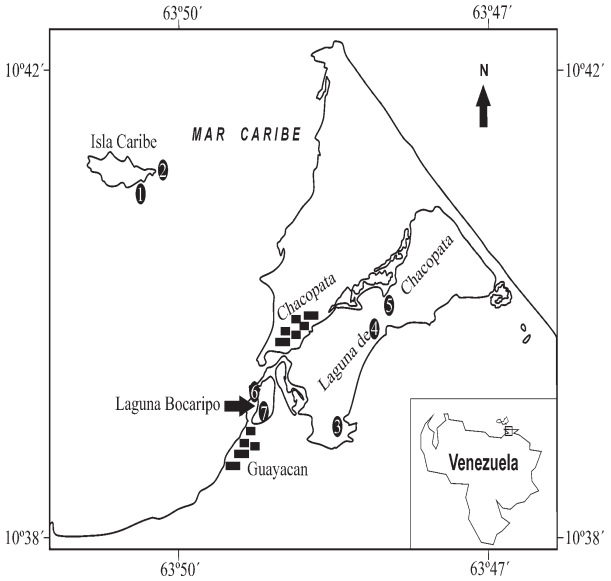


Fig. 1. Ubicación geográfica del área de muestreo, resaltando los sitios (1-7) donde se muestrearon los núcleos de sedimentos.

se procedió con la extracción de los núcleos. Para ello, cada tubo fue ligeramente descongelado a temperatura ambiente; luego, mediante un cilindro metálico se empujó la columna, tratando de conservar su integridad. Cada núcleo fue seccionado con una espátula de metal, para separar los estratos, lo que dependió del largo de cada núcleo (TABLAS 1, 2); seguidamente, fueron identificados como superficiales (0-15 cm) y de fondo o sub-superficiales (>15 cm). En cada estrato de sedimento se realizó la separación de las partículas por granulometría en tamices (ROA & BERTHOIS1975); se determinó la cantidad de materia orgánica total (MOT) por calcimetría (DE LA LANZA1980); se estimó el contenido de carbonatos por digestión ácida (BARNES 1959) y las concentraciones de aceites y grasas (AG) e hidrocarburos totales (HT) se detectaron con la técnica del infrarrojo, según Programa Caripol para el área del Caribe (BONILLA 1978). Las concentraciones determinadas no mostraron distribución normal ni se ajustaron con las transformaciones, por lo que fueron analizadas con el programa Statghraphics Plus 4.1usando la prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis que usa las medianas para las comparaciones (ZAR 1996) y analisis de correlación.

TABLA 1. Concentraciones de materia orgánica (MOT), carbonato de calcio ($CaCO_3$), aceites y grasas (AG) e hidrocarburos totales (HT) en núcleos de sedimentos procedentes del islote Caribe, Mayo 2010.

Núcleo/ Localidad	Profundidad (Cm)	MOT (gr/kg)	CaCO3 (gr/kg)	AG (mg/kg)	HT (mg/kg)
1 Islote Caribe	0-5	5,74	60,62	73,42	11,96
	5-10	5,45	61,91	30,25	31,89
	10-15	5,02	61,38	20,82	8,03
	15-20	5,61	60,78	11,13	11,95
	20-25	5,39	61,68	23,37	4,25
	25-30	5,41	60,86	66,56	7,65
	30-35	5,48	61,48	76,55	15,70
	35-38	5,58	61,07	40,84	9,44
	Mín	5,02	60,62	11,13	4,25
	Máx	5,74	61,91	76,55	31,89
	Prom	**5,38**	**61,27**	**43,84**	**18,07**
2 Islote Caribe	0-5	5,83	59,71	46,67	8,17
	5-10	5,63	61,88	34,19	7,55
	10-15	6,17	59,15	35,68	4,36
	15-20	6,37	60,53	45,57	7,25
	20-25	6,15	60,27	28,87	5,08
	25-30	6,02	63,00	28,27	9,42
	30-35	6,11	61,11	38,68	6,42
	Mín	5,63	59,15	28,27	4,36
	Máx	6,37	63,00	46,67	9,42
	Prom	**6,00**	**61,07**	**37,47**	**6,89**

TABLA 2. Concentraciones de materia orgánica (MOT) carbonato de calcio ($CaCO_3$), aceites y grasas (AG) e hidrocarburos totales (HT) en núcleos de sedimentos procedentes del Complejo Lagunar Chacopata-Bocaripo, Mayo 2010.

Núcleo/ Localidad	Profundidad (Cm)	MOT (gr/kg)	CaCO3 (gr/kg)	AG (mg/kg)	HT (mg/kg)
3 Laguna Chacopata	0-7	3,69	30,84	75,15	51,66
	7-14	4,77	29,66	17,94	8,89
	Mín.	3,69	29,66	17,94	8,89
	Máx.	4,77	30,84	75,15	51,66
	Prom.	**4,23**	**30,25**	**46,55**	**30,27**
4 Laguna Chacopata	0-5	5,19	27,83	17,98	7,64
	5-10	4,93	29,37	19,45	4,50
	10-15	5,03	39,89	17,55	5,33
	Mín.	4,93	27,83	17,55	4,50
	Máx.	5,19	39,89	19,45	7,64
	Prom.	**5,06**	**33,86**	**18,50**	**6,07**
5 Laguna Chacopata	0-5	4,95	26,39	26,29	7,47
	5-10	4,21	27,75	42,44	15,40
	10-15	3,72	23,54	15,43	2,89
	15-20	3,43	27,33	20,77	9,16
	Mín.	3,43	23,54	15,43	2,89
	Máx.	4,95	27,75	42,44	15,40
	Prom.	**4,19**	**25,64**	**28,93**	**9,15**
6 Laguna Bocaripo	0-5	6,92	20,21	41,89	6,53
	5-10	3,61	15,90	14,38	6,00
	10-15	4,98	43,46	31,36	5,07
	Mín.	3,61	15,90	14,38	5,07
	Máx.	6,92	43,46	41,89	6,53
	Prom.	**5,27**	**29,68**	**28,13**	**5,80**
7 Laguna Bocaripo	0-5	4,83	27,15	32,41	21,13
	5-10	4,45	22,98	23,01	17,30
	10-15	4,14	18,94	20,08	14,94
	15-20	3,96	19,09	36,03	4,50
	Mín.	3,96	18,94	20,08	4,50
	Máx.	4,83	27,15	36,03	21,13
	Prom.	**4,39**	**23,05**	**28,05**	**12,82**

RESULTADOS

Se utilizaron criterios internacionales para estimar la calidad de los sedimentos, dado que en Venezuela no existen normativas que regulen la calidad de la matriz sedimentaria en cuanto a los límites permitidos de compuestos orgánicos. Se observó que las concentraciones en los sitios sedimentarios estudiados (TABLAS 1, 2) no rebasaron el valor referencial de 70 $mg.kg^{-1}$ para sedimentos no contaminados, según lo establecido por la UNESCO (1984). Fue observado un

predominio de las partículas tipo arenas en todos los núcleos examinados (Fig. 2.). En los núcleos 1 y 2 fueron detectados los contenidos mayores de materia orgánica total y de carbonato de calcio (TABLA 1) y se establecieron correlaciones significativas entre las variables MOT-$CaCO_3$ (r= 0,68; p= 0,000), AG-HT (r= 0,42; p= 0,000), HT-arenas (r= -0,38; p= 0,037), HT-lodos (r= 0,49; p= 0,05), arenas-lodos (r= -0,70; p= 0,000) y gravas-arenas (r= -0,70; p= 0,000).

Islote Caribe

Núcleo 1 (Fig. 3; arriba). Para las concentraciones de aceites y grasas, se resaltó que aumentaron en forma discontinua en los estratos subsuperficiales (>15 cm de profundidad) con un promedio de 43,84 mg.kg^{-1} y una concentración máxima de 76,56 mg.kg^{-1} que se detectó a la profundidad entre 30-35 cm; el valor de la mediana fue 35, 54. Para hidrocarburos totales los valores disminuyeron hacia el fondo, también en forma interrumpida; observándose una concentración promedio de 18,07 mg.kg^{-1} con el valor máximo de 31,89 mg.kg^{-1} en el estrato entre 5-10 cm de profundidad; el valor de la mediana fue 10,69. Los contenidos de materia orgánica total permanecieron casi constantes a lo largo del núcleo, con un promedio de 5,38 g.kg^{-1} y una concentración máxima de 5,74 g.kg^{-1} observada en el estrato más superficial; el valor de la mediana fue 5,47. Para el carbonato de calcio se observó una distribución variable de las concentraciones a lo largo del núcleo, con un promedio de 61,27 g.kg^{-1} y un valor máximo de 61,91 g.kg^{-1} que fue observado a la profundidad de 5-10 cm; el valor de la mediana fue 61,23.

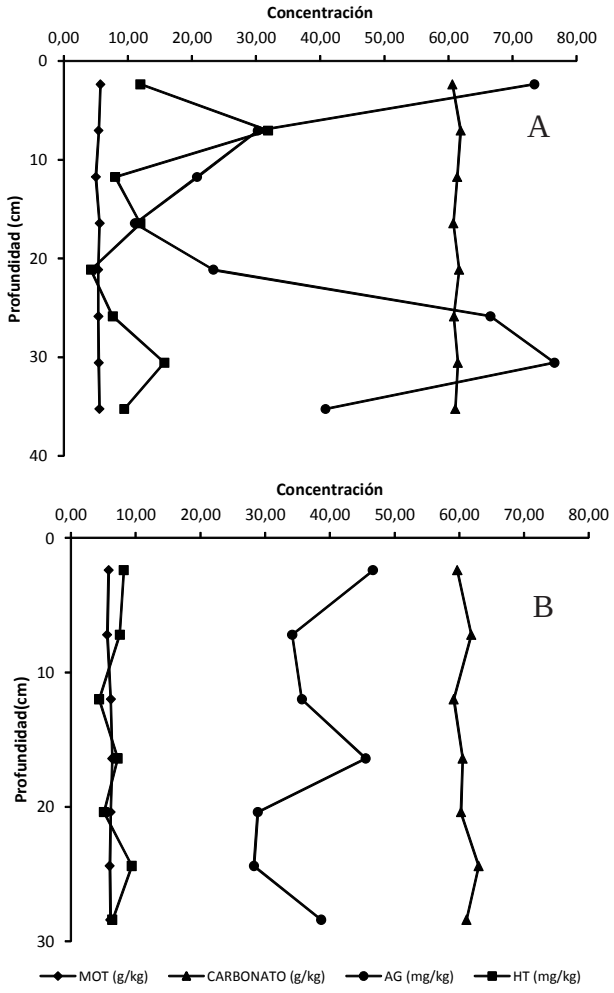


Fig. 2. Concentraciones de materia orgánica total, carbonato, aceites y grasas e hidrocarburos totales determinadas en núcleos de sedimentos, procedentes de islote Caribe. Núcleo 1 (A). Núcleo 2 (B).

Núcleo 2 (Fig. 3; abajo). Las concentraciones de aceites y grasas e hidrocarburos totales se detectaron más bajas a las del núcleo 1; observándose concentraciones que promediaron, respectivamente, 37,87 g.kg^{-1} y 6,89 mg.kg^{-1}, cuyos valores de la mediana fueron 35, 69 y 7, 25. Los contenidos de materia orgánica total y de carbonato de calcio fueron semejantes a las del núcleo 1, para las cuales los promedios fueron 6,00 g.kg^{-1} y 61,07 g.kg^{-1}; con los valores de las medianas de 6,11 y 61,04, respectivamente. Se observó que la distribución de la materia orgánica total se mantuvo casi constante a lo largo del núcleo; mientras que para el carbonato de calcio, fue discontinua.

Complejo Lagunar Chacopata-Bocaripo

Laguna Chacopata

Núcleo 3 (Fig. 4; A). De los tres núcleos evaluados aquí, en el estrato superficial de 0-a 7 cm de profundidad se determinaron las concentraciones promedio más altas para aceites y grasas (46,55 mg.kg^{-1}) e hidrocarburos totales (30,27 mg.kg^{-1}), las cuales coincidieron con los valores de las medianas; cuyos valores máximos fueron 75,15 mg.kg^{-1} y 51 mg.kg^{-1}, respectivamente. Para la materia orgánica total, el contenido promedio fue de 4,23 g.kg^{-1}, lo que coincidió con el valor de la mediana, observándose el valor máximo de 4,77 g.kg^{-1} en el estrato de 7-14 cm de profundidad. Para el carbonato de calcio, el contenido promedio fue de 30,25 g.kg^{-1}, lo que coincidió con el valor de la mediana, y el valor máximo de 30,84 g.kg^{-1} se detectó en el estrato de 0-7 cm de profundidad.

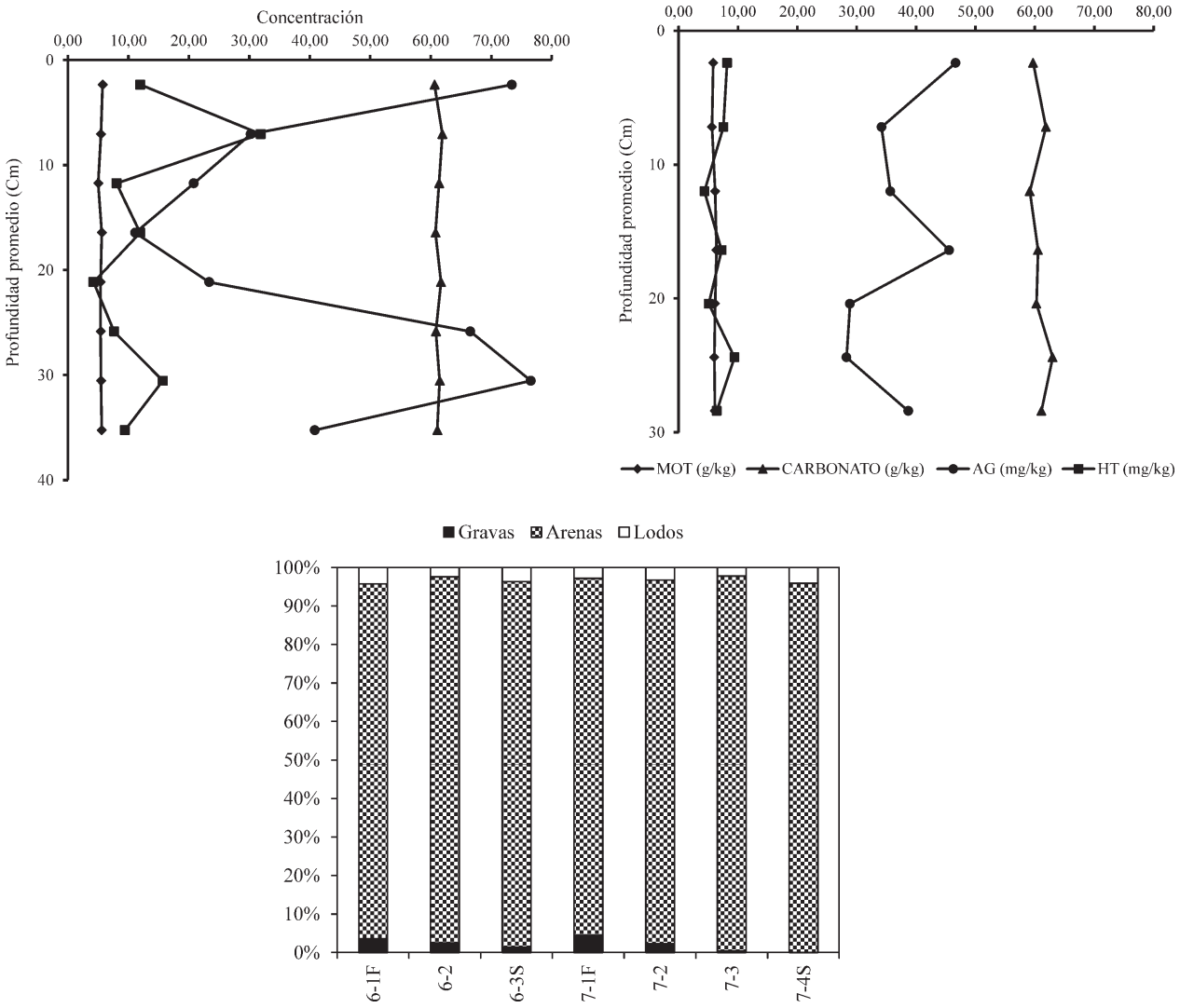


Fig. 3. Concentraciones de materia orgánica total, carbonato, aceites y grasas e hidrocarburos totales determinadas en núcleos de sedimentos, procedentes del islote Caribe. Núcleo 1 (arriba). Núcleo 2 (abajo).

Núcleo 4 (Fig. 4; B). Para aceites y grasas totales el promedio de las concentraciones observadas fue de 18,50 mg kg^{-1}, con el valor máximo de 19,45 $mg.kg^{-1}$ en el estrato de 5-10 cm de profundidad; el valor de la mediana fue 17,98. Los hidrocarburos totales tuvieron una concentración promedio de 6,07 $mg.kg^{-1}$, con el valor máximo de 7,64 $mg.kg^{-1}$ detectado en el estrato de 10-15 cm de profundidad; el valor de la mediana fue 5,33. Para el contenido de materia orgánica total se observó un promedio de 5,06 $g.kg^{-1}$; con el valor máximo de 5,19 $g.kg^{-1}$ detectado en los primeros 5 cm de profundidad y el valor de la mediana fue 5,03. Para el carbonato de calcio el promedio fue 33,86 $g.kg^{-1}$, con un valor máximo de 39,89 $g.kg^{-1}$ que se observó a la profundidad entre 10-15 cm; el valor de la mediana fue 29,37.

Núcleo 5 (Fig. 4; C). Para aceites y grasas totales se detectó la concentración promedio de 28,93 $mg.kg^{-1}$, con el valor máximo de 42,44 $mg.kg^{-1}$ y el valor de la mediana fue 23,53. Para hidrocarburos totales se obtuvo el valor promedio de 9,15 $mg.kg^{-1}$, el valor máximo fue 15,40 $mg.kg^{-1}$ y el valor de la mediana fue 8,31. Se resaltó que a lo largo

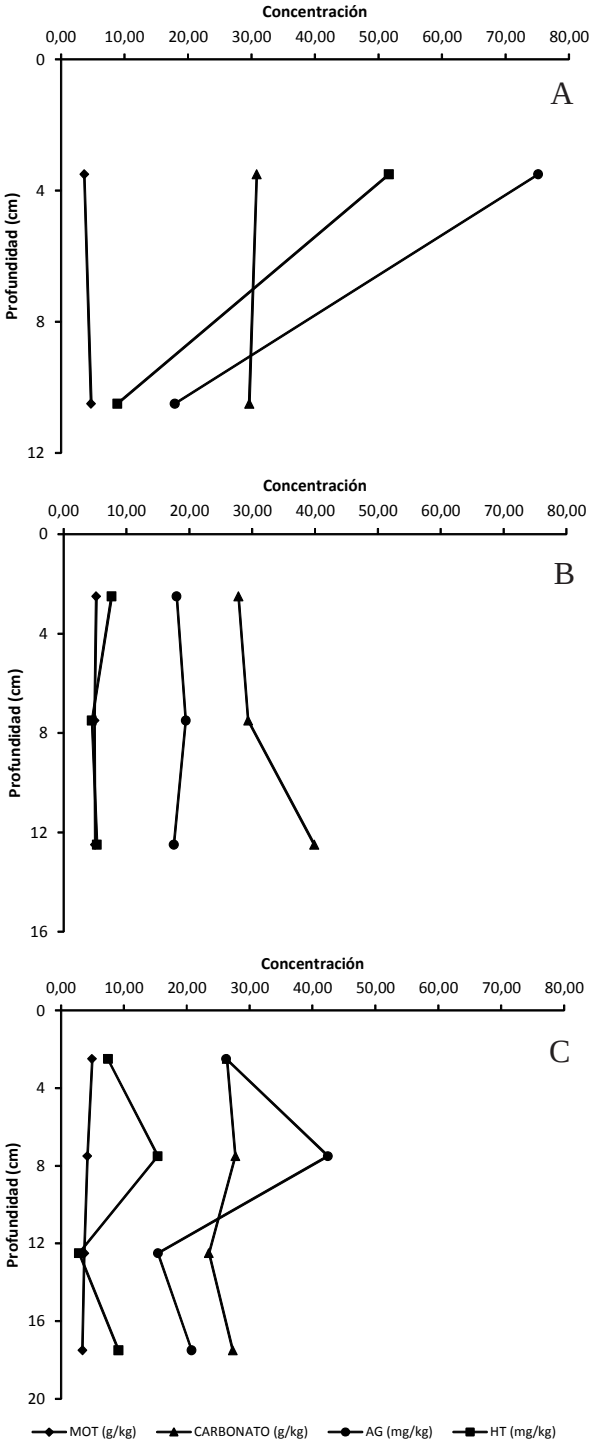


Fig. 4. Concentraciones de materia orgánica total, carbonato, aceites y grasas e hidrocarburos totales determinadas en núcleos de sedimentos, procedentes de la laguna Chacopata. Núcleo 3 (A). Núcleo 4 (B). Núcleo 5 (C).

del núcleo, tales compuestos se distribuyeron en forma discontinua, con sus valores máximos a la profundidad entre 5-10 cm. Para los contenidos de materia orgánica total se observó un promedio de 4,19 $g.kg^{-1}$ con un valor máximo de 6,92 $g.kg^{-1}$ que fue detectado en el estrato más superficial; y el valor de la mediana fue 3,97. El carbonato de calcio mostró la concentración promedio de 25,64 $g.kg^{-1}$ para un valor máximo 27,75 $g.kg^{-1}$ que se observó en el estrato de 5-10 cm de profundidad; el valor de la mediana fue 26,86.

Laguna Bocaripo.

Núcleo 6 (Fig. 5; A). Las concentraciones de aceites y grasas totales promediaron 28,13 $mg.kg^{-1}$, con el valor máximo de 41,89 $mg.kg^{-1}$ observado en el estrato más superficial (0-5 cm de profundidad); el valor de la mediana fue 31,36. Para las concentraciones de hidrocarburos totales el promedio fue de 5,80 $mg.kg^{-1}$ con un valor máximo de 6,53 $mg.kg^{-1}$, detectado en los primeros 5 cm de profundidad; el valor de la mediana fue 6,00. Para los contenidos de materia orgánica total se registró un promedio de 5,27 $g.kg^{-1}$ con el valor máximo de 6,92 $g.kg^{-1}$ observado en el estrato más superficial; y el valor de la mediana fue 4,98. El contenido de carbonato de calcio promedió 29,68 $g.kg^{-1}$, con un valor máximo de 43,46 $g.kg^{-1}$ detectado en el estrato de 10-15 cm de profundidad; el valor de la mediana fue 21,03.

Núcleo 7 (Fig. 5; B). Para aceites y grasas se obtuvo una concentración promedió de 28,05 $mg.kg^{-1}$ con un valor máximo de 36,03 $mg.kg^{-1}$ que se observó a la profundidad de 15-20 cm; el valor de la mediana fue 27,71. Para las concentraciones de hidrocarburos totales el promedio fue 12,82 $mg.kg^{-1}$ con un valor máximo de 21,13 $mg.kg^{-1}$ que se observó en los primeros 5 cm de profundidad; el valor de la mediana fue 16,12. Los contenidos de materia orgánica total se observaron casi constantes a lo largo del núcleo y promediaron 4,39 $g.kg^{-1}$ con un valor máximo de 4,83 $g.kg^{-1}$; el valor de la mediana fue 4,30. Para el contenido de carbonato de calcio se obtuvo un valor promedio de 23,05 $g.kg^{-1}$, con un valor máximo de 27,15 $g.kg^{-1}$ bservado en el estrato más superficial; el valor de la mediana fue 21,03.

DISCUSIÓN

Las concentraciones de aceites y grasas e hidrocarburos totales (TABLAS 1, 2) se observaron por debajo de los límites considerados contaminantes, según lo establecido por la UNESCO (1984). Asimismo, FUENTES (2001) destacó que en sedimentos superficiales

procedentes de la laguna Chacopata las covarianzas significativas de las concentraciones de hidrocarburos (HC) y carbohidratos insolubles (CHI) y entre los contenidos de aceites y grasas (AG) con los de HC y CHI sugirieron una penetración biogénica marina con niveles naturales.

En todos los núcleos estudiados se observó un predominio de las partículas tipo arenas (Fig. 2) y estas mostraron correlación significativa con las partículas tipo lodos (r= -0,70; p= 0,000) y gravas (r= -0,70; p= 0,000), lo que sugirió orígenes diferentes. La mayor cantidad de lodos (limo y arcilla) se observó en el núcleo 3, donde también se detectaron contenidos elevados de aceites y grasas e hidrocarburos totales (75,15 mg.kg^{-1} y 51, 66 mg.kg^{-1}, respectivamente) en los primeros 7 cm del núcleo (Fig. 4), lo que sugirió una penetración reciente y condiciones hidrogeoquimicas adecuadas que permiten acumular dichos componentes orgánicos.

Las correlaciones observadas entre las variables AG-HT (r= 0,42; p= 0,000), HT-arenas (r= -0,38; p= 0,037), HT-lodos (r= 0,49; p= 0,051) y arenas-lodos (r= -0,70; p= 0,000), sugieren la importancia de los componentes de la fracción lodos que pueden funcionar como retenedores de aceites y grasas e hidrocarburos. En este sentido, Roa & Berthois (1975) informaron que los sedimentos más finos son depositados en los ambientes no afectados por corrientes fuertes de transporte. Fuentes (1999) informó que en la laguna Chacopata se hallaron las zonas de mayor calma de las corrientes al nor-occidente y sur-occidente, donde están protegidas, geomorfológicamente, con abundantes manglares y flora de fondo. Fuentes (2001) informó que dicha laguna posee sedimentos superficiales tipo arenolimosos, en casi toda su extensión, con gran acumulación de materia orgánica autóctona. No obstante, el sitio donde se colocó el núcleo 3 (zona sur oriental de la laguna) está desprovisto de manglar y puede ser afectado por los aportes continentales de las escorrentías lluviosas que drenan el lugar. Guerrero *et al*. (2014) advirtieron que las fracciones granulométricas limos y arcillas, las cuales forman a los lodos, tienen funciones diferentes que están relacionadas con la retención y transmisión de partículas y fluidos y comunicaron que el limo se desempeña como retenedor y transmisor de fluidos; mientras que la arcilla es esencialmente retenedora de partículas y fluidos. Segnini *et al*. (2014) destacaron que la cantidad de la fracción arcilla (19%) en los sedimentos superficiales procedentes del eje lagunar Chacopata-Bocaripo puede promover, en cierta medida, la estabilización temporal y las actividades de

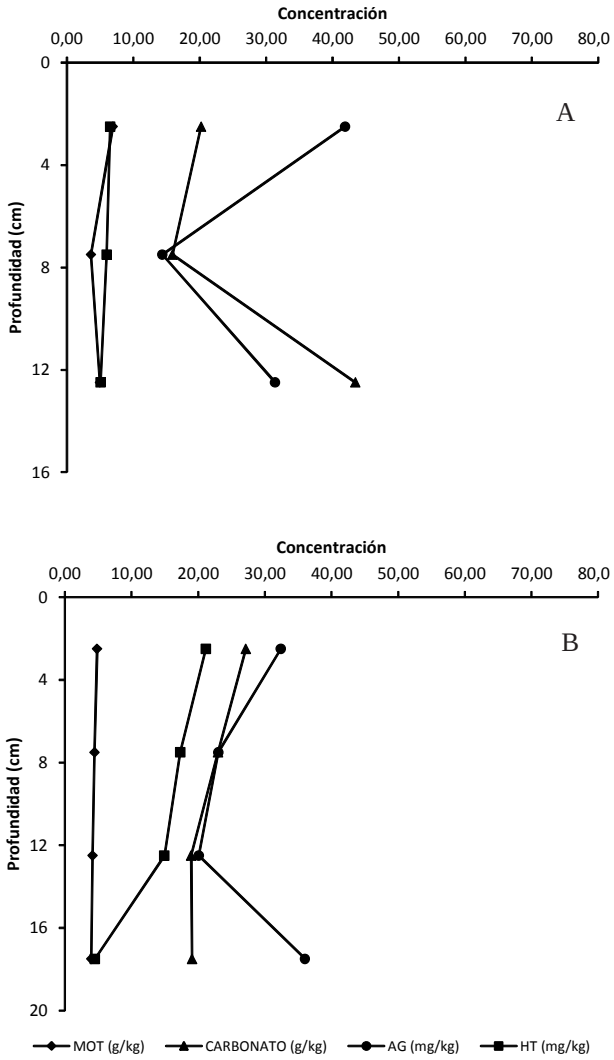


Fig. 5. Concentraciones de materia orgánica total, carbonato, aceites y grasas e hidrocarburos totales determinadas en núcleos de sedimentos, procedentes de la laguna Bocaripo. Núcleo 6 (A). Núcleo 7 (B).

exoenzimas presentes; así como la preservación de la materia orgánica.

Silva (2006) indicó que los contenidos de materia orgánica pueden variar en sedimentos marinos por factores tales como la textura de los sedimentos, la tasa de sedimentación y la relación entre las velocidades de aporte y descomposición de la materia orgánica; destacando que en sedimentos cercanos a la costa se pueden detectar valores de un 2,5%; no obstante, en ambientes

con condiciones reductoras en el fondo o cuencas semicerradas con escasa circulación del agua, se pueden encontrar valores superiores al 10%. PÉREZ *et al*. (2006) informaron que en los sedimentos superficiales procedentes de las lagunas Chacopata y Bocaripo los contenidos de materia orgánica fueron mayores a las partículas tipo lodos.

Los contenidos máximos de carbonato de calcio de 39,89 $g.kg^{-1}$ y 43,46 $g.kg^{-1}$ observados, respectivamente, en los núcleos 4 (procedente de la zona media de la laguna Chacopata) y 6 (procedente de la boca en la laguna Bocaripo) a nivel de los 10-15 cm de profundidad, sugirieron que son zonas antiguas de deposición de material biogénico calcarenítico. Se observó que la materia orgánica total mostró correlación significativa con carbonato de calcio (r= 0,67; p= 0.000), lo que sugirió un mismo origen. El carbonato de calcio es bien conocido por su abundancia como componente de las rocas calcáreas y su presencia en la naturaleza está asociada a los procesos de biomineralización, la mayoría de las veces con el aragonito y la calcita como formadores del esqueleto de multitud de organismos (GÓMEZ 2012).

La interacción de las corrientes y las características batimétricas de un cuerpo de agua tienen influencia en la dinámica de formación de la columna sedimentaria. LLANO (1996) informó para el canal sur de transporte marino, al oeste de la isla de Coche, que la profundidad promedio del agua varía entre 10 y 30 m y existe una dinámica de partículas donde predomina la sedimentación, lo que fue atribuido al transporte litoral o a fenómenos de turbulencia ocasionados por la presencia adicional de los islotes Los Lobos y Caribe. SALAZAR *et at*. (2003) refirieron para la laguna La Restinga (isla de Margarita) que un alto porcentaje de carbonato de calcio está asociado con la fracción gruesa del sedimento, la cual fue registrada donde las corrientes de fondo son rápidas (alta energía cinética media).

La observación de una dinámica variable para las concentraciones de aceites y grasas e hidrocarburos totales, así como para los contenidos de carbonato de calcio (Figs. 3, 4, 5), puede ser explicada por el enriquecimiento de las aguas marinas en esta región peninsular; lo que ha sido asociado con la surgencia de aguas sub-superficiales, fenómeno hidrográfico anual que ocurre durante los primeros meses del año; no obstante, también existen otras causas para la fertilidad acuática marina en la región nor-oriental de Venezuela como son los afluentes de las plumas de los grandes ríos suramericanos (Orinoco y Amazonas), las ondas internas y las lagunas costeras, lo que puede ocurrir durante los meses de mayo a noviembre (GÓMEZ 1996). En este sentido, para el Islote Caribe se refirió que el afloramiento de aguas provenientes de los estratos inferiores es un proceso hidrodinámico que influye sobre el régimen de circulación horizontal y vertical, lo que condiciona la variabilidad de los componentes físicos, químicos y biológicos en forma alterna (MARCANO 1997).

El análisis estadístico (Kruskal-Wallis) aplicado a las concentraciones detectadas en los núcleos procedentes del islote Caribe y el Complejo Lagunar Chacopata-Bocaripo mostró para la materia orgánica total y el carbonato de calcio diferencias significativas (MOT: p-value= 0,001; CaCO3: p-value= 0,000), con los contenidos mayores de ambos compuestos en el islote Caribe. Los valores bajos observados para las concentraciones de aceites y grasa e hidrocarburos pueden ser explicados por los procesos de dispersión que ocurren como un mecanismo de autorregulación del ecosistema; lo que puede resultar después de la biodegradación de la materia orgánica que puede ser especialmente realizada por bacterias o por mecanismos geoquímicos “in situ”, como la óxido-reducción química y la polimerización (FARINGTON *et al*. 1977; BONILLA 1982). En este sentido, SEGNINI *et al*. (2014) estudiaron cambios en la actividad microbial en sedimentos superficiales procedentes del eje lagunar Chacopata-Bocaripo y observaron que los parámetros microbiológicos, obtenidos en concentraciones mayores en el período de surgencia, pueden ser controlados por la disponibilidad y calidad de los nutrientes en cada época climática.

CONCLUSIONES

Las columnas de sedimentos procedentes de la zona sur oriental del islote Caribe y del Complejo Lagunar Chacopata-Bocaripo tienen textura arenosa, permeable y con niveles naturales de aceites y grasas e hidrocarburos totales, los cuales pueden ser considerados como valores referenciales.

La zona sur oriental de la laguna Chacopata (núcleo 3) destacó condiciones hidro-geoquimicas adecuadas para acumular aceites y grasas e hidrocarburos totales.

En la zona media de la laguna Chacopata (núcleo 4) y en la boca de la laguna Bocaripo (núcleo 6) se identificaron sitios de deposición antigua de material biogénico calcarenítico.

Los contenidos de materia orgánica total y carbonato de calcio sedimentan en la zona sur oriental del islote Caribe en cantidades mayores a las del complejo lagunar Chacopata-Bocaripo.

AGRADECIMIENTO

A la Comisión de Investigación de la Universidad de Oriente, por el financiamiento del proyecto "Calidad de los sedimentos en un ecosistema costero lagunar de la costa norte del estado Sucre, Venezuela" de código CI-2-031002-1372/07; al Centro de Investigaciones Ecológicas "Guayacán", por su apoyo en la logística de muestreo y al Departamento de Oceanografía por facilitar parte de los equipos y reactivos del Laboratorio de Hidrocarburos y sus personal técnico.

REFERENCIAS

Arias A., J. C. & J. J. Ramírez R. 2009. Caracterización preliminar de los sedimentos de un embalse tropical: represa La Fe (El Retiro, Antioquia, Colombia). *Limnetica* 28(1): 65-78.

Barba H., L. E. 2002. *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Compuestos orgánicos*. 44-47. En: *Contaminación del agua*. Univ. Del Valle, Colombia. 48 pp.http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/conceptos.pdf. (Revisada julio 2007).

Barnes, H. 1959. *Apparatus and methods of oceanography*. Part one. Chemical. G. Allen & Unwin Ltd. 339 pp.

Bonilla, J. 1978. Evaluación de algunas técnicas para hidrocarburos en sedimentos marinos por cromatografía de columna y capa fina. *Lagena* (35&36): 55-60.

_____. 1982. Algunas Características Geoquímicas de los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 18(1&2): 133-155.

Cisternas, M., L. Torres, R. Urrutia, A. Araneda & O. Parra. 2000. Comparación ambiental, mediante registros sedimentarios, entre las condiciones prehispánicas y actuales de un sistema lacustre. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 73(1): 151-162.

Farrington, W., M. Frew., P. Gschend & B. Tripp. 1977. Hydrocarbons in Cores of Northwestern Atlantic Coastal and Continental Margin Sediments. *Estuar & Coastal Mar. Sci.* (5): 793-808.

Fuentes, M. 1999. Estudio sedimentológico de la laguna de Chacopata, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 38(2): 3-15.

_____. 2001. Estudio geoquímico de carbohidratos, hidrocarburos, aceites y grasa en la laguna de Chacopata, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 40(1&2): 31-37.

De la Lanza, G. 1980. Materia orgánica en una laguna de la costa de Sinaloa, Mexico (I): Cuantificación total. *Bolm. Inst. Oceanogr., S. Paulo* 29(2): 217-222.

Gómez G., A. 1996. Causas de la fertilidad marina en el nororiente de Venezuela. *Interciencia* 21(3): 140-146.

Gómez, L. S. 2012. CSIC resuelve secreto transformación aragonito-calcita. http://www.europapress.es/ciencia/noticia-20121105124500.html (revisada enero 2015).

Guerrero O., E. Mattié, R. Segnini, J. Sánchez, R. Cuevas, G. Mavo. 2014. Caracterización sedimentológica y tasa de sedimentación de los humedales alto-andinos de la cuenca La Mucuy-La Coromoto. Municipio Santos Marquina, estado Mérida. Venezuela. *Geominas* 42(64):99-112. http://www.academia.edu/8516937 (revisada abril 2015).

Guíñez, M., J. Valdés & A. Siffedine. 2010. Variabilidad espacial y temporal de la materia orgánica sedimentaria, asociada a la zona de mínimo oxígeno(ZMO), en un ambiente costero del norte de la corriente de Humbolt, bahia de Mejillones, Chile. *Lat. Am. J. Acuat. Res.* 38(2): 242-253.

Lárez H., J. H., A. I. Carrero & M. García. 2004. Las zonas costeras de Venezuela: una aproximación a

su definición conceptual y a sus principales problemas ambientales. *Rev. Inv.* (56): 143-165.

Llano G., M.1996. La dinámica sedimentaria en la región Margarita-Araya (Venezuela), deducida del análisis vectorial del tamaño medio de los granos. *Memoria de las Ciencias Naturales La Salle.* Tomo LVI, Nº 146. Contribución Nº 201. Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, EDIMAR.

Marcano, L. 1997. Condiciones ambientales de los islotes Caribe y Los Lobos, Venezuela. En: *Islotes Caribe y Los Lobos*. Edit. P. R. Villarroel. Gob. Estado Nva. Esparta. Tip. Gráficas Internacional. 270 pp.

Partida-Gutiérrez, D., J. Villaescusa-Celaya, J. Macías-Zamora & F. Castillón. 2003. Contaminantes orgánicos persistentes en núcleos de sedimentos de la región sur de la Cuenca de las Californias. *Cien. Mar*. 29(4): 521-534.

Pérez L., M., G. Martínez & I. Fermín. 2006. Metales trazas biodisponibles en sedimentos superficiales de las lagunas Bocaripo y Chacopata, península de Araya, Estado Sucre. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 45(2): 61-91.

Proyecto Nacional Simón Bolívar. 2007. Desarrollo económico y social 2007-2013. Disponible en http://www.psuv.org.ve/wp-content/uploads/2011/03/Proyecto-Nacional-Sim%C3%B3n-Bol%C3%ADvar.pdf (revisada julio 2012).

Pucci G. N., A. Acuña, N. Tonin, M. C. Tiedemann & O. H. Pucci. 2010. Diversidad de bacterias cultivables con capacidad de degradar hidrocarburos de la playa de Caleta Córdova, Argentina. *Rev. Per. Biol.* 17(2): 237-244.

Ramírez, P. 1996. *Lagunas costeras venezolanas*. Publicación del Centro Regional de Investigaciones Ambientales (CRIA) de la Universidad de Oriente-Nueva. Esparta. Porlamar. 275 pp.

Roa, P. & L. Berthois. 1975. *Manual de sedimentología* Tip. Sorocaima, Caracas, Venezuela. 303 pp.

Salazar L., J.C., J. A. Rosas C. & J. C. Rodríguez R. 2003. Condiciones sedimentológicas de la laguna La Restinga, isla de Margarita, Venezuela. INCI 28(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-22620130001000023&script=sci_arttext&tlng=es (revisada septiembre 2014.).

Segnini de B., M. I., I. Gómez, L. Brito, V. Acosta & L. Troccoli. 2014. Microbial activity in surface sediments of Chacopata-Bocaripo lagoon axis, Sucre State, Venezuela. *Mar. Pollut. Bull (In press). http://dx.doi.org/10.1016/j.mar polbul.2014.10.028* (revisada enero 2015).

Silva, N. 2006. *Características físicas y químicas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes*. En: *Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos.* Silva, N. & Palma, S. (eds.). Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.69-194.

UNESCO. 1984. *Manual for monitoring oil and dissolved/dispersed petroleum hydrocarbons in marine waters and on beaches*. Intergovernmental Oceanographic Commission. Manuals and Guides N°. 13. Paris, Francia.

Zar, J. 1996. *Biostatistical analysis*. Third edition. Prentice-Hall International, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 662 pp.

Recibido: Marzo 2015
Aceptado: Septiembre 2015