

METALES PESADOS Y MATERIA ORGANICA EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA LAGUNA LAS MARITES.

JULIO C. SALAZAR L.

Núcleo de Nueva Esparta, Universidad de Oriente, Guatamare, Isla de Margarita, Venezuela.

Y.

JAIME BONILLA R. & BENITO GAMBOA

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

RESUMEN: El presente trabajo es un aporte al conocimiento de la Geoquímica marina en ecosistemas costeros lagunares, en el cual se determina los niveles de concentración, la distribución de los metales pesados (Fe, Mn, Cu y Zn) y el contenido de la materia orgánica (C, N, P, razones C/N y N/P) y CaCO_3 , en los sedimentos superficiales de once estaciones localizadas en el interior de Laguna Las Marites, Venezuela. Se reportan las características geológicas, obteniéndose que los sedimentos son heterométricos y están constituidos texturalmente por: arcilla, limo, arena y grava, predominando la fracción arena limosa, con 41,4% de limo y 58,6% de arena, con un escogimiento, So, pobre. De acuerdo a las concentraciones de metales pesados y la materia orgánica en la Laguna Las Marites se presentan tres regiones definidas. a) Desde el Centro hacia el Este y Sur-este con los mayores valores de trazas de metales pesados y materia orgánica en sedimentos de textura limosa. b) La región comprendida entre el centro y la parte Oeste de la laguna, con sedimentos del tipo arena-limosa, presentando concentraciones moderadas de metales pesados y materia orgánica. c) La zona localizada en las áreas adyacentes al canal de las bocas (Sur) de la laguna donde los sedimentos son de textura arenosa, con concentraciones mínimas de los metales pesados y materia orgánica. La razón C/N de estos sedimentos con valores de 8 a 14, indica que el proceso de deposición y oxidación de la materia orgánica fresca se está desarrollando normalmente, en el fondo. Los altos porcentajes de CaCO_3 obtenidos en el área externa de la laguna, se deben a que son sedimentos de textura arenosa del tipo calcarenítico. Existe una relación estrecha entre el contenido de CaCO_3 con la fracción gruesa del sedimento (grava). Se encontró una relación lineal, positiva y significativa entre el contenido de los metales trazas y la materia orgánica, y entre esas especies químicas y la fracción fina (limo) de los sedimentos; y por otra parte se obtuvo, una relación lineal, negativa y significativa entre los metales trazas, materia orgánica con la fracción gruesa del sedimento (arena).

ABSTRACT: This study is a contribution to the knowledge of the marine geochemistry in the coastal lagoon ecosystems of Venezuela in which concentration levels, distribution of heavy metals (Fe, Mn, Cu and Zn), organic matter contents (C, N, P, C/N and N/P ratio) and CaCO_3 have been determined for superficial sediments of 11 stations in the Las Marites Lagoon. Geological characteristics reveal heterometric sediments that consist of: clay, silt, sand and gravel, predominating the fraction of silty sand with 41.4 % of silt and 58.6 % of sand and a poor selection of So. Based on heavy metals and organic matter concentrations, 3 regions are defined in Las Marites Lagoon: a) An area extending from the center to the East and South-East, with high values of trace of heavy metals and organic matter with silt textured sediments. b) The region between the center and the Western part of the lagoon, with silty sand type sediments, presented moderate concentrations of heavy metals and organic matter and c) The zone located adjacent to the area of the canal mouths (South) of the Lagoon where the sediments are of sandy texture, with minimum concentrations of heavy metals and organic matter. The C/N ratio of the sediments with values ranging from 8 to 14, indicate that the process of deposition and oxidation of new organic matter develop normally in the bottom. High values of CaCO_3 were obtained at external areas of the lagoon are due to being sand textured sediments of the calcareous type. There is a close relationship between the CaCO_3 contents and the fraction of coarse sediments (gravel). A linear, positive and statistically significant relationship was found between heavy metal concentrations and organic matter values. A similar relationship was also found between those chemical species and the fine (silt) fraction of sediments. On the other hand, a linear, negative and statistically significant relationship was found between heavy metals and organic matter concentrations with the coarse (sand) sediments.

INTRODUCCION

La investigación del origen, distribución, concentración y deposición de determinadas sustancias de naturaleza orgánica e inorgánica se ha incrementado actualmente en muchos países en donde la contaminación del ecosistema marino se ha hecho presente, con alteración de los procesos biogénicos, bioquímicos y geoquímicos del medio acuático y fondos oceánicos, necesiéndose evaluar el grado de deterioro existente

En Venezuela, particularmente en la región Nor-oriental, el interés por la contaminación de trazas de metales en sedimentos es reciente, existiendo pocos trabajos al respecto; RONDÓN Y TRILLO (1981) en el río Neverí, ORTIZ (1981) y SOSA (1982) en las bahías del Chaure y Pozuelos respectivamente y GAMBOA Y BONILLA (1983) en la plataforma continental. Un gran número de metales se consideran contaminantes del medio marino debido a sus altas concentraciones en los sedimentos, entre ellos se incluyen generalmente, Ti, V, Cr, Fe, Cu, Zn, Cd, Hg, Pb y Mn; estos llegan al mar utilizando diversas vías: el aire, los ríos, los efluentes urbanos e industriales y la biodeposición, etc.; una vez en este medio se esparcen por influencia de las corrientes y olas. El comportamiento y transformación que ellos experimentan depende de diversos factores físicos, químicos y biológicos. FORTNER & WITTMANN (1979) señalan que muchos contaminantes son fácilmente adsorbidos en macropartículas en suspensión, las cuales al sedimentarse quedan fijadas a los sedimentos; de allí, que el conocimiento de la concentración y distribución de metales trazas en los sedimentos pueden dar una idea del origen de la contaminación de los ecosistemas acuáticos. Además, BARTLETT (1977) y MACKAY *et al.*, (1972) han reportado que existe una marcada correlación positiva entre los metales pesados y la materia orgánica, por lo que es de gran interés al realizar estudios sobre la contaminación del ambiente marino, determinar la concentración y distribución de la materia orgánica.

En cuanto al contenido de la materia orgánica y características químicas y geoquímicas en los sedimentos se han realizado en el país, entre otros estudios, la distribución del carbono y nitrógeno orgá-

nico de los sedimentos de la región Nor-oriental (OKUDA y GÓMEZ, 1965); LÓPEZ y OKUDA (1968) hacen algunas observaciones sobre las características físico-químicas de los sedimentos y distribución de la fauna macrobentónica de la Laguna Grande del Obispo; GARCÍA y BONILLA (1971) estudian algunas características químicas del agua y los sedimentos de la Laguna de Campoma; MIRO (1974) reporta la morfología submarina y sedimentos marinos recientes del margen continental del Nor-oriental de Venezuela; SELLIER DE CIVRIEUX y BONILLA (1971) estudian los parámetros físico-químicos del fondo en relación con las facies de foraminíferos bentónicos; ZARZOSA (1974) estudia los procesos sedimentológicos y geomorfológicos de la Laguna de La Restinga; BONILLA (1977) reporta algunas condiciones hidroquímicas y características químicas de los sedimentos del Golfo de Paria; BONILLA y LIN (1979) comparan el contenido orgánico y parámetros reductores en los sedimentos de los Golfos de Paria y Cariaco; BONILLA (1982) señala diferentes aspectos de la geoquímica del Golfo de Cariaco y BONILLA *et al.*, (1985) reportan las variaciones orgánicas en diferentes ambientes sedimentarios.

La Isla de Margarita posee varios sistemas lagunares considerándose a la Laguna Las Marites como un bioecosistema de gran importancia. Es un sistema bioecológico de interés por ser vivero natural de numerosas especies de peces, moluscos y crustáceos; además, mantiene una comunicación permanente con el mar lo que favorece el intercambio de las masas de agua del interior y el exterior de la laguna. Motivado al auge experimentado en esta isla a raíz del decreto de Zona Franca y posteriormente Puerto Libre, se ha observado un incremento en el desarrollo urbanístico en las áreas adyacentes a la laguna, con drenaje de parte de los desechos cloacales a su lecho; y de no tomarse las precauciones necesarias podría ser alterado este bioecosistema natural.

Los estudios sedimentológicos y características químicas de esta laguna, son muy escasos, (BONILLA y OKUDA, 1971; BONILLA y BENÍTEZ, 1972; SALAZAR, 1978), por esta razón y las antes expuestas se consideró necesario realizar la presente investigación como un aporte al conocimiento cuantitativo de algunos metales trazas (Fe, Mn, Cu y Zn), contenido de materia orgánica, carbonatos y algunos aspectos

granulométricos de los sedimentos superficiales cercanos a la costa de la Laguna Las Marites.

DESCRIPCION DEL AREA ESTUDIADA

La Laguna Las Marites está situada al Sur de la Isla de Margarita entre los 10° 53' 50" - 10° 55' 00" de latitud Norte y 63° 53' 54" - 63° 57' 20" de longitud Oeste; tiene una longitud Este-Oeste de 6 Km y una anchura máxima Norte Sur de 3,6 Km, con un área cubierta por las aguas de 9,4 Km² y un volumen de las mismas de 22,7 x 10⁶ m³. La profundidad promedio es de 4,5 m. Está bordeada casi en su totalidad por manglares y se comunica con el mar abierto por medio de un canal que se bifurca en dos pequeñas bocas conocidas como "Vitorio" y "El Yaque". (Figs. 1 y 2).

El área adyacente a la Laguna Las Marites presenta una topografía plana con muy poca inclinación Norte Sur, siendo la vegetación predominante de tipo Xerófilo; no se observan efluentes fluviales naturales y el único suministro de agua dulce son las escasas precipitaciones pluviométricas.

La masa de agua de la laguna presenta tempe-

raturas relativamente elevadas, oscilan entre 25,5 y 31 °C, salinidades superiores a 40‰ y homogeneidad vertical del oxígeno disuelto (BONILLA y OKUDA, 1971 y SALAZAR, 1978). BONILLA y BENÍTEZ (1972) señalan para esta laguna concentraciones de nitrógeno orgánico superiores al inorgánico, con valores comprendidos entre 21,6 y 28,3µg. at/l.

Los fondos de la Laguna Las Marites están cubiertos de una densa pradera de *Thalassia* y alberga una ictiofauna abundante y variada (SALAZAR, 1978), también se ha señalado la presencia de poblaciones abundantes del Ostión *Crassostrea rhizophorae* en las raíces aéreas de los manglares que la rodean (BONILLA y OKUDA, 1971).

MATERIALES Y METODOS

Para la obtención de las muestras de sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites se fijaron once (11) estaciones, estando ubicadas diez (10) de ellas dentro de la laguna y una en el exterior de la misma, al frente de sus bocas. (Fig. 2).

La recolección de las muestras de sedimentos se realizó cerca de la costa, directamente mediante buceo. Una vez obtenidas las muestras se colocaron en bolsas plásticas, a una temperatura de 4 °C para su



Fig. 1. Aerofotografía de la Laguna Las Marites.

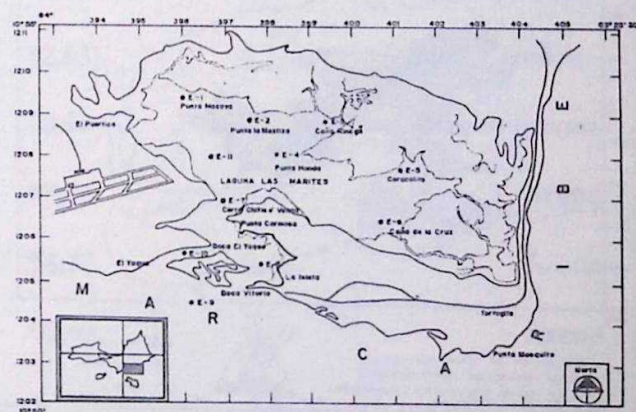


Fig. 2. Laguna Las Marites. Estaciones de Muestreo. Situación relativa.

procesamiento posterior.

Las muestras originales se separaron en dos porciones, la primera de ellas de más o menos 100 g. se utilizó para la realización de los análisis granulométricos correspondientes para conocer el tamaño de las partículas, las propiedades y características del ambiente sedimentario, textura, grado de selección a fin de elaborar un mapa que permita conocer la distribución de las partículas en la zona estudiada. Para el análisis de la fracción fina se utilizó el método del Hidrómetro y para el de la fracción gruesa el tamizado. Los parámetros de relación: grado de escogimiento, S_o ; la media, $M\phi$ y la asimetría, $Sk\phi$ se determinaron según CORRALES y ROSELL (1977).

La segunda porción del sedimento, aproximadamente 50 g, fue secada en estufa a 60°C hasta peso constante; esta muestra se homogeneizó, pulverizándose, mediante trituración mecánica en mortero. Se determinó el contenido de metales trazas mediante digestión con ácido nítrico 8N según el método de CARMODY *et al.*, (1973), obteniéndose sus concentraciones en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkins Elmer 403. El carbono orgánico se determinó siguiendo el método de combustión húmeda con ácido sulfocrómico como agente oxidante,

corrigiéndose el error causado por el ión cloruro a través del método propuesto por OKUDA (1964). El nitrógeno orgánico fue determinado por el método Micro-Kjeldahl. El fósforo orgánico, destruyendo la materia orgánica por digestión con ácido perclórico oxidando el fósforo orgánico a fosfato (Método de HANSEN & ROBINSON, 1953), determinándose con ácido ascórbico a una longitud de onda de 882 nm (MURPHY & RILEY, 1962). El carbonato de calcio se determinó por el método de la doble pesada (TWHOFEL & TYLER, 1941).

Las relaciones y correlaciones entre las concentraciones de metales trazas, materia orgánica, carbonato de calcio y las diferentes fracciones del sedimento se hicieron mediante análisis de regresión lineal según SOKAL & ROHLF (1969).

RESULTADOS

GRANULOMETRÍA Y TEXTURA DEL SEDIMENTO.

En general, los sedimentos están comprendidos entre una textura de tipo grava, arena, arena-limosa, limo-arenoso, limo y arcilla, representados en el diagrama de SHEPARD (1954) según la Fig. 3 y la Tabla I; los índices granulométricos: grado de escogimiento S_o ; media $M\phi$ y asimetría $Sk\phi$, del sedimento se indican en la Tabla II.

La Figura 3, representa la distribución horizontal del tamaño y textura del sedimento superficial de la Laguna Las Marites, presentándose la fracción gruesa (arena-grava) desde la zona de las bocas Vitorio y El Yaque hacia Punta Carmosa. El mayor desplazamiento corresponde a la porción limo-arenosa, ubicado en el Norte, Nor-oeste, Centro y Este de la Laguna; la fracción arena limosa se desplaza desde el Oeste (El Puertico), Centro y Sur (Punta Carmosa) y el sedimento limo-arena-arcilla se encuentra en el Norte de la Laguna, en Punta La Mestiza.

Los sedimentos de la Laguna Las Marites presentaron una coloración gris-oscuro, verdoso, negro y marrón claro, algunos con restos calcáreos.

También la Figura 3 muestra el diagrama de SHEPARD (1954), el cual indica que la textura del

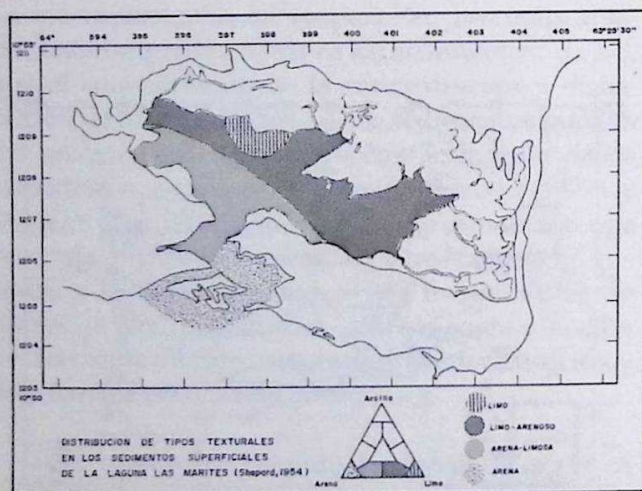


Fig. 3. Textura de los sedimentos.

sedimento se concentra en el rango arena, arena limosa, limo arenoso y limo: basándose en esta clasificación se tiene como resultado que los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites están constituidos por 27,3% de arena, 27,3% de arena limosa, 36,4% de limo arenoso y 9% de limo.

En cuanto a los índices granulométricos: grado de escogimiento S_o , media $M\phi$ y asimetría $Sk\phi$ de los sedimentos, que se indican en la Tabla II, estos fluctúan entre pobremente escogidos (ϕ 2 - 4) y moderadamente bien escogidos (ϕ 0,50 - 0,71) a excepción de los sedimentos correspondientes a las estaciones E-7 y E-9 que aparecen como muy bien escogidos. Según los valores $Sk\phi$ el origen de los se-

dimentos es heterogéneo.

ELEMENTOS TRAZAS.

La variación espacial de las concentraciones de las trazas de metales pesados (Fe, Mn, Cu y Zn) en relación a las diferentes estaciones de muestreo en la Laguna Las Marites se presentan en la Figura 4 y la distribución horizontal de los mismos, en los sedimentos superficiales de la laguna, en las Figuras 5 a 8. La Tabla III muestra los resultados de las concentraciones de estos metales conjuntamente con el contenido de materia orgánica y carbonato de calcio en los sedimentos.

TABLA I. COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA LAGUNA LAS MARITES.

Estaciones	Arcilla %	Limo %	Arena %	Grava %	Textura del sedimento. Clasificación según Sheppard. (1954)
1	0,51	48,14	45,87	5,48	Limo-arenoso
2	11,17	75,73	13,10	0,00	Limo
3	0,00	64,64	34,86	0,50	Limo-arenoso
4	3,61	39,45	27,67	20,27	Limo-arenoso
5	2,66	57,98	39,36	0,00	Limo-arenoso
6	1,47	55,66	42,63	0,24	Limo-arenoso
7	1,68	20,34	68,99	0,00	Arena-limosa
8	3,35	10,89	85,76	0,27	Arena
9	1,50	3,04	94,98	0,48	Arena
10	1,52	5,48	92,92	0,09	Arena
11	13,89	29,04	51,83	5,42	Arena-limosa
Promedio	4,14	37,31	54,36	4,09	

La Figura 4 representa las variaciones de concentración de cada metal en las diferentes estaciones muestreadas. En general, existe una concordancia con los valores mínimos de los metales pesados (Mn, Cu y Zn) en las estaciones E-7, E-8, E-9 y E-10 con un incremento en la E-11. El Fe presenta, por su parte, concentraciones altas y uniformes desde la estación E-1 a la E-6 y luego varía de manera similar a los otros elementos. El Cu y el Zn presenta sus máximos valores en la estación E-6; el Mn lo tiene en la estación E-4.

Hierro: Este metal muestra una distribución horizontal muy similar en toda la laguna, excepto en el área de las bocas (Fig. 5). En general, se obtuvieron valores de Fe mayores de 1.500 ppm a excepción de las concentraciones obtenidas en el canal de entrada (E-7, E-8 y E-10) y en las estaciones de mar afuera (E-

9) en donde se observan valores entre 600 y 1300 ppm. Sus valores oscilaron entre 1808,8 ppm y 611,3 ppm con su desviación estándar de 456,4 ppm (Tabla III).

Manganeso: Su distribución horizontal se muestra en la figura 6; presenta amplias variaciones en sus concentraciones en toda la laguna. Sus valores más altos, entre 85,6 ppm y 262,9 ppm, se registraron en la zona central y Este de la Laguna Las Marites; su valor más bajo, 10,9 ppm, se alcanzó en el área de las bocas, al igual que el hierro. Este elemento traza presentó un valor promedio de 94,57 ppm y una desviación estándar de 84,1 ppm, (Tabla III).

Cobre: Este elemento presenta una distribución horizontal de sus concentraciones algo irregular y similar a la del zinc y manganeso, pero diferente a la del hierro. Sus máximos valores se observaron en la zona

TABLA II. ÍNDICES GRANULOMÉTRICOS

Estaciones	So	MØ	SKØ
1	2,76 MPE	3,40 Moderada	-0,16
2	1,32 PE	6,02 Muy baja	-0,19
3	1,42 PE	4,92 Baja	-0,07
4	2,27 MPE	3,95 Moderada	0,75
5	1,61 PE	4,61 Baja	-0,09
6	2,26 PE	4,26 Baja	-0,15
7	0,54 MBE	3,86 Moderada	0,30
8	0,39 BE	3,40 Moderada	-0,02
9	0,70 MBE	1,99 Alta	-0,19
10	0,49 BE	3,12 Moderada	0,12
11	2,98 MPE	3,82 Moderada	0,49

So: Grado de escogimiento; MØ: Media; SKØ: Asimetría; MPE: Muy Pobremente Escogido; PE: Pobremente escogido; BE: Bien Escogido; MBE: Muy Bien Escogido.

Metales pesados y materia orgánica en los sedimentos

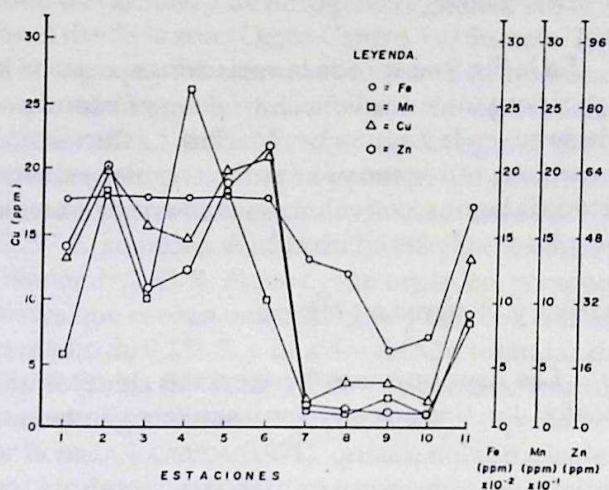


Fig. 4. Variación por estaciones de las concentraciones de los diferentes elementos trazas (Fe, Mn, Cu y Zn) en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites (ppm).

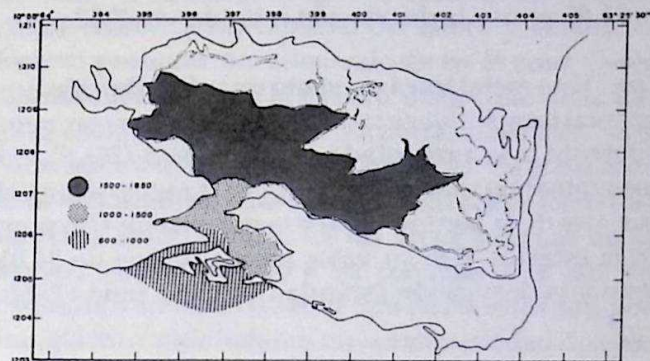


Fig. 5. Distribución horizontal de Hierro en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites (ppm).

TABLA III. CONTENIDO DE TRAZAS DE METALES PESADOS, MATERIA ORGÁNICA, LAS RAZONES C/N y N/P, CARBONATO DE CALCIO Y SU DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

Parámetros	Máx	Mín	Promedio	D. Estándar
Fe ppm	1808,84	611,27	1481,50	456,41
Mn ppm	262,87	10,90	94,57	84,08
Cu ppm	21,34	2,33	11,85	7,52
Zn ppm	70,57	4,96	34,01	25,52
C-org. %	10,27	0,297	2,64	2,83
N-org. %	0,719	0,020	0,231	0,209
P-org. %	0,226	0,056	0,123	0,048
C/N	14,30	8,40	11,80	
N/P	4,91	0,250	1,83	
CaCO ₃ %	65,30	2,60	24,34	22,96

Centro-Norte y Este de la laguna disminuyendo hasta sus valores mínimos en las bocas y exterior de la laguna, igual fenómeno al presentado para el Fe y Mn. En general, el cobre presenta un valor máximo de 21,34 ppm en la estación E-6 y un mínimo de 2,33 ppm en la estación E-10 (Fig.7); su valor promedio fue de 11,85 ppm y la desviación estándar de 7,52 ppm.

Zinc: Este metal traza presentó una distribución horizontal muy similar a la del cobre y manganeso, pero diferente a la presentada por el hierro (Fig.8). Su concentración máxima, 70,57 ppm la registrada en el Sur-este de la laguna (E-6) y la mínima de 4,96 ppm en la estación E-9; su valor promedio fue de 34,01 ppm y la desviación estándar de 25,52 ppm (Tabla

III).

Materia orgánica :

En la Fig.9 se aprecia la variación espacial de la materia orgánica (carbono, nitrógeno y fósforo) por estaciones en la Laguna Las Marites. La fluctuación de carbono, nitrógeno y fósforo es irregular y similar en toda la laguna, con valores más altos en la estación E-6 y los más bajos en la estación E-10.

Carbono y nitrógeno orgánicos :

Las distribuciones horizontales de estos elementos son uniformes y muy similares en toda el

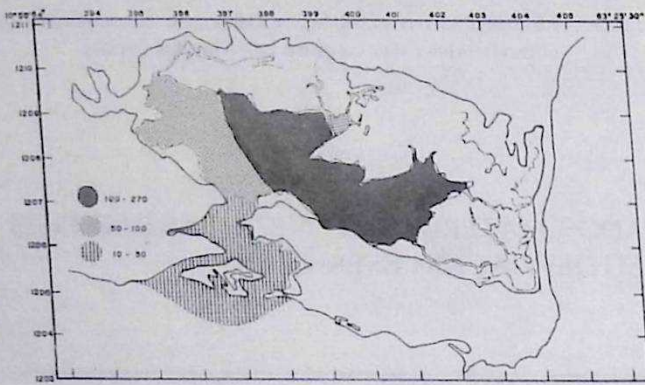


Fig. 6. Distribución horizontal de Manganeso en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites (ppm).

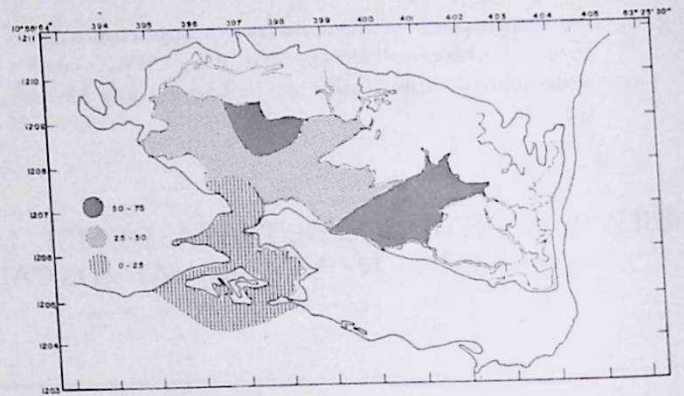


Fig. 8. Distribución horizontal de Zinc en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites (ppm).

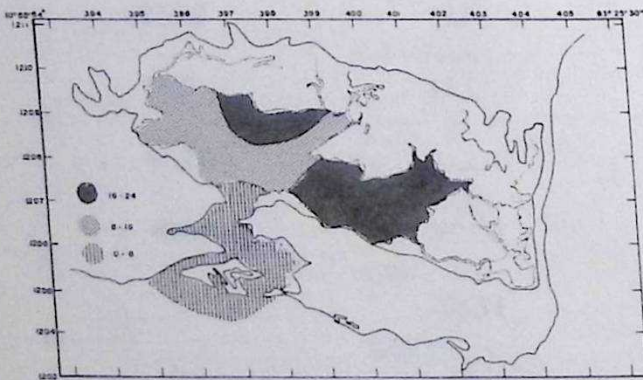


Fig. 7. Distribución horizontal de cobre en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites (ppm).

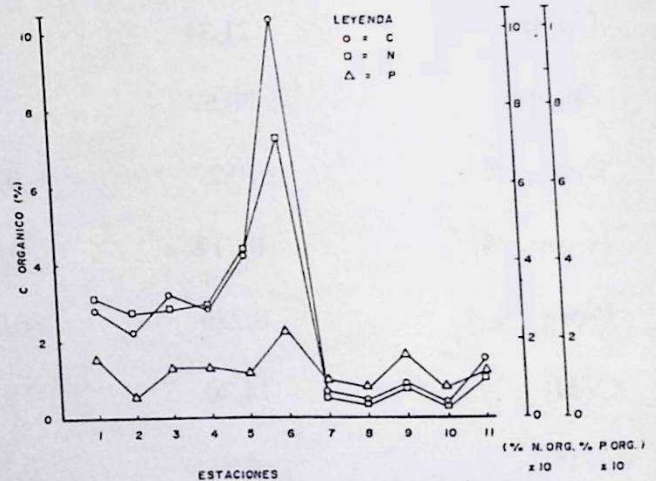


Fig. 9. Variación por estaciones de la materia orgánica (C,N,P) en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites (%).

área de la Laguna Las Marites, (Figuras 10 y 11 respectivamente). En general, las concentraciones máximas de carbono y de nitrógeno orgánicos se registraron desde la zona Oeste-Centro y al Sureste- Este de la Laguna y las mínimas en el área de las bocas, guardando estrecha relación con la distribución granulométrica del sedimento de la laguna (limo, limo arenoso, arena limosa y arena). En general, el contenido de carbono orgánico fluctuó entre 10,27 % y 0,297 %; su promedio fue de 2,64 % y la desviación estándar de 2,83 %. El nitrógeno orgánico, presentó valores que oscilan entre 0,719 % y 0,020 % con un promedio de 0,231 % y una desviación estándar de 0,209 % (Tabla III). Estos valores de carbono y nitrógeno son ligeramente superiores a los reportados por BONILLA y OKUDA (1971), quizás, debido a la deposición de materia orgánica como consecuencia del constante drenaje de aguas de desechos domésticos y que en este trabajo, los sedimentos son más

costeros.

Fósforo orgánico :

La distribución horizontal presentada por este elemento (Fig.12) es irregular, guardando relación con la distribución espacial del cobre y el zinc. El fósforo presenta sus altos valores en la zona Oeste disminuyendo hacia el Centro y Sur-Este de la Laguna Las Marites, con las concentraciones más bajas hacia las zonas adyacentes a las bocas. En el exterior de la laguna se reporta una concentración (0,165 %) similar a las obtenidas en las áreas internas de la laguna, quizás debido a su cercanía a la Isla de Yaque, la cual está cubierta casi en su totalidad por manglares donde habitan una gran variedad de aves marinas, cuyo excremento (el guano) contiene un alto porcentaje de fósforo y por efecto de las mareas drenan esta masa de agua al exterior. En general, los valores de fósforo orgánico fluctúan entre 0,056 % y 0,226 % con un promedio de 0,123 % y una desviación estándar de 0,048 % (Tabla III).

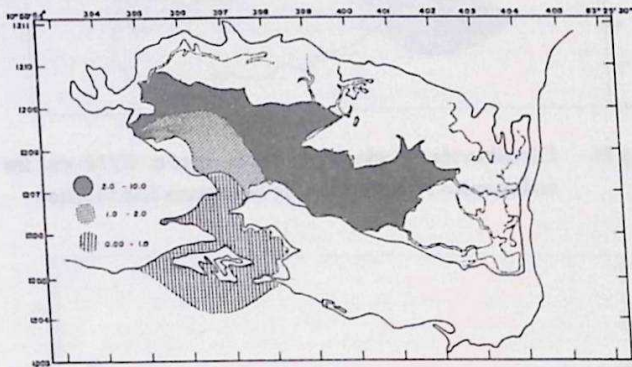


Fig.10. Distribución horizontal de carbono orgánico en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites (%).

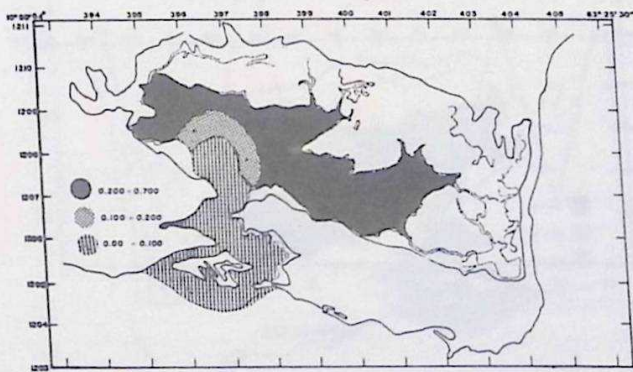


Fig.11. Distribución horizontal de nitrógeno orgánico en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites (%).

RAZONES C/N y N/P

La Figura 13, A y B, representa la distribución por estaciones de las razones C/N y N/P, las cuales muestran una fluctuación irregular y un comportamiento inverso.

Razón C/N : La Figura 14, señala la distribución horizontal de la razón C/N fluctuando irregularmente y diferente a la razón N/P, con valores de C/N de 8 a 10 en el Noroeste, de 10 a 12 en el Oeste,

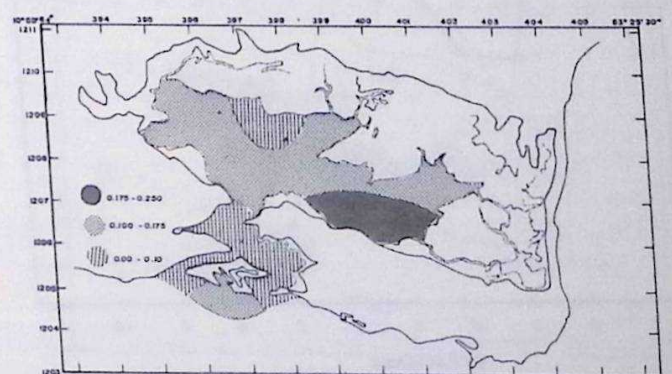


Fig.12. Distribución horizontal de fósforo orgánico en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites (%).

Centro y de 12 a 14 desde el Centro, Sureste y canal de las bocas de la laguna. Los valores de esta razón están relacionados con la textura del sedimento y con el origen de la materia orgánica, la cual recibe influencia terrígena y de la producción por los organismos *in situ*; de esta manera, se encontró baja razón de C/N en sedimentos de textura limo arenoso y arena limosa y valores relativamente altos en sedimentos de arena. Los valores de la razón C/N en los sedimentos costeros de la Laguna Las Marites

fluctúan entre 8,4 y 14,3 con una media de 11,8.

Razón N/P: La Figura 15 muestra la distribución horizontal de la razón N/P de los sedimentos costeros de la Laguna Las Marites. Se observa una fluctuación tan irregular como la reportada por la razón C/N pero diferente, estando sus valores relacionados, con la textura del sedimento y el origen de la materia orgánica, pero de una manera inversa a la razón C/N. El valor de la razón N/P se incrementa desde el exterior (0,35) al centro (2,1) y del Oeste (2,9) al Este (3,1). Sus valores están comprendidos entre

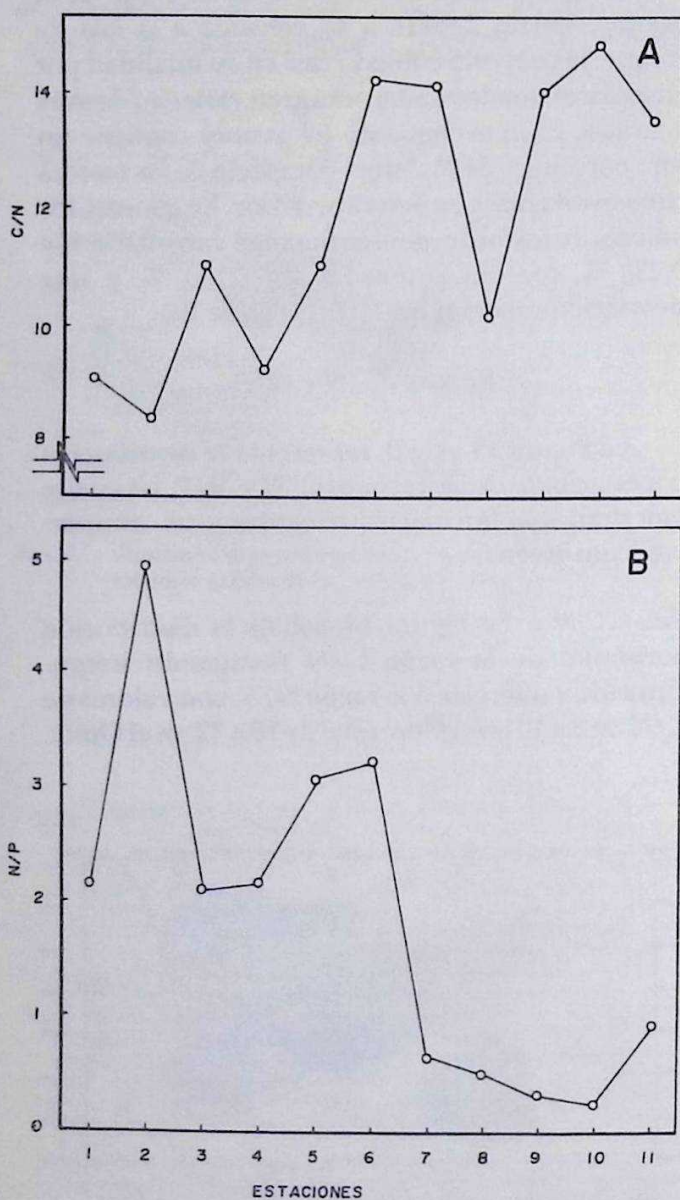


Fig. 13. Variación por estaciones de las razones C/N (A) y N/P (B) en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites.

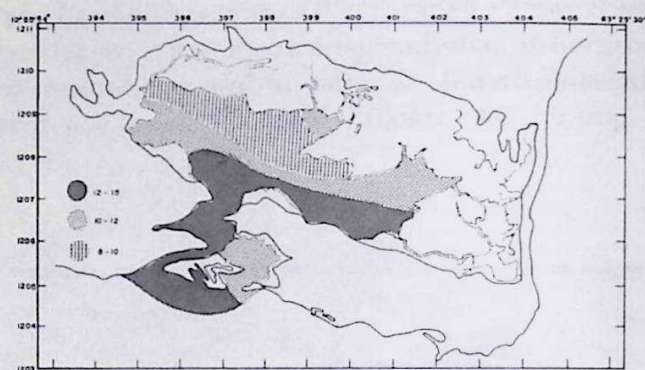


Fig. 14. Distribución horizontal de la razón C/N en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites.

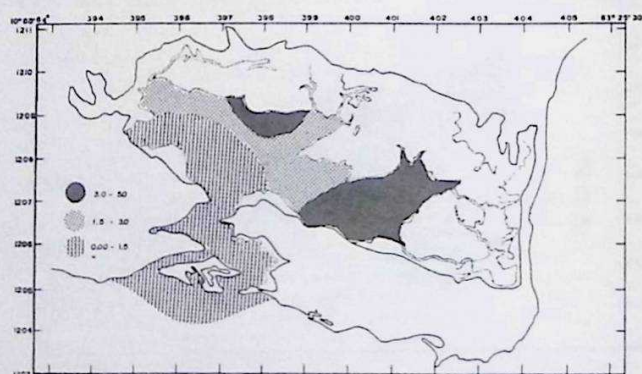


Fig. 15. Distribución horizontal de la razón N/P en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites.

0,25 y 4,91 con una media de 1,83. (Tabla III).

Carbonato de Calcio :

La variación espacial del carbonato de calcio se representa en la Figura 16; es muy diferente a la observada para la materia orgánica (C, N y P), siendo su distribución horizontal muy irregular (Fig. 17). Sus valores más elevados (40 - 65 %) se encontraron donde el sedimento es de textura limo arenosa y arena limosa (zona Oeste, Centro y Este) y en el exterior de la laguna, en donde el sedimento es arena del tipo calcarenita, coincidiendo con una alta concentración de fósforo. Concentraciones moderadas a mínimas (20 - 40 %) se localizaron en las zonas más internas de la laguna (Caño de la Cruz y Caracolito), en donde el sedimento es de textura limosa y en el área de las bocas (Estación 7 - 8 y 10). La Tabla III, señala los valores extremos del contenido de carbonato de calcio, los cuales están entre 2,6 y 65,3 % con un promedio de 24,3 % y una

desviación estándar de 22,96 %.

DISCUSION

En los últimos años se ha observado que la Laguna Las Marites sirve, eventualmente, como reservorio final de aguas de origen doméstico provenientes de las urbanizaciones adyacentes. De continuar el crecimiento urbanístico con más aporte de desechos podría tener como consecuencia, a largo plazo, un aumento considerable de nutrientes que favorecerían un incremento violento de las poblaciones de algas y otros microorganismos, y con ello la eutroficación y alteración del bioecosistema de la laguna; por otro lado, un aumento considerable en la concentración de metales pesados puede provocar altas toxicidades del medio con las fatales consecuencias para las especies (fauna y flora) marinas que allí habitan.

Los sedimentos marinos contienen una alta concentración de nutrientes y son considerados permanentes sumideros de contaminantes urbanos e industriales, entre los cuales se mencionan las trazas de metales pesados. Aunque no se podría saber con certeza el origen de los contaminantes, las trazas de metales detectados en los sedimentos pueden ser de origen residual o no residual; entendiéndose por residual aquellas localizadas principalmente en las estructuras reticulares de los componentes minerales de los sedimentos, y por no residual, las que han sido incorporadas a los sedimentos en soluciones

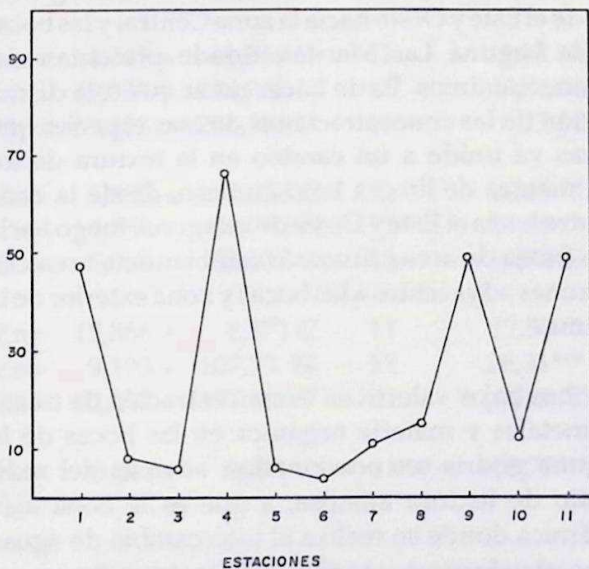


Fig.16. Variación por estaciones de CaCO₃ en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites (%).

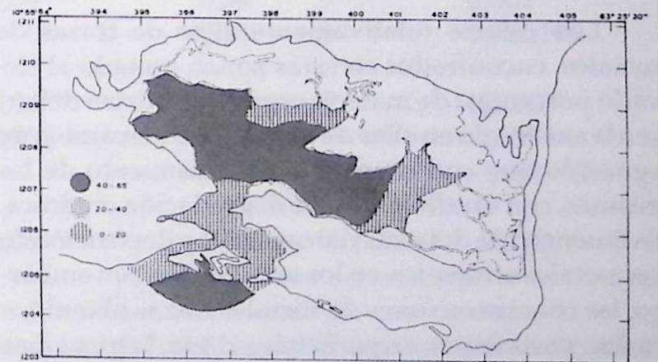


Fig.17. Distribución horizontal del carbonato de calcio en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites (%).

acuosas, por procesos que involucran la adsorción, intercambio iónico, complejación orgánica (CHES-TER & VOUTSINOU, 1981).

Es bastante difícil en cualquier estudio sobre contaminación en sedimentos superficiales por trazas de metales pesados, asegurar que existe o no contaminación, si no se poseen con anterioridad los niveles básicos aceptables de las concentraciones de esos elementos en sedimentos no contaminados. El único mecanismo, que se tiene, es establecer comparaciones con estudios realizados en otros países, sin embargo, tampoco esto es confiable ya que es obvio que las condiciones hidrográficas e hidroquímicas y geoquímicas no son las mismas, al igual que no se toman en consideración las contribuciones geológicas de estos elementos.

Aunque en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites los valores obtenidos de metales trazas (Fe, Mn, Cu y Zn) y materia orgánica (C, N y P) presentan una distribución horizontal generalmente uniforme, con algunas irregularidades zonales, se puede apreciar que las concentraciones, en promedio, más altas de ellos se encuentran en la zona Este, Sureste y Centro de la laguna (E-3; E-5 y E-6; Fig.2), tales zonas son las internas de la laguna, protegidas del viento y el oleaje, tienen densas poblaciones de manglares y los sedimentos presentan una textura limosa (fracción fina). BONILLA y OKUDA (1971) y SALAZAR (1978) reportan para esta laguna, altos valores de carbono y nitrógeno orgánico, diferentes a los obtenidos en esta investigación, quizás, debido a que son granulométricamente diferentes y por presentar la laguna algunos aportes continuos de desechos domésticos.

Los valores relativamente altos de trazas de metales, encontrados en estas zonas, aunado al elevado porcentaje de materia orgánica podrían deberse a la existencia en ellas de un menor intercambio de aguas, lo que contribuiría al estancamiento de las mismas, con un alto grado de degradación orgánica, sedimentación del material orgánico y deposición de los metales atrapados en los sedimentos. Sin embargo, las concentraciones de metales trazas obtenidos en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites son comparables a los valores de Fe (1605,9 ppm), Mn (117,2 ppm), Zn (57,2 ppm) y Cu (12,1 ppm) reportados por GAMBOA y BONILLA (1983), para

los sedimentos superficiales de la Cuenca Tuy-Cariaco. A través del análisis de regresión y correlación se encontró que existe una relación lineal, positiva y significativa entre las trazas de metales pesados y la materia orgánica, a excepción del fósforo orgánico con el cual no es significativa (Tabla IV). Por otra parte, los metales trazas y el material orgánico con la fracción arcilla no presenta ningún tipo de correlación (Tabla V) lo que señala que el comportamiento de las especies químicas es independiente de la textura del sedimento; no obstante, los metales pesados y la materia orgánica presentan una relación lineal, positiva y significativa con la fracción limo del sedimento (Tabla VI). CAMPBELL & LORING (1980) y PERKINS *et al.*, (1973) reportaron un incremento en las concentraciones de las trazas de metales pesados asociados con la fracción de grano fino; JACKSON (1979) encontró que el Fe, Zn, Cd y Cu están fuertemente relacionados con el carbono orgánico; YIM (1976), en estudio de sedimentos estuarinos encontró altas concentraciones de metales pesados atrapados en los sedimentos con un rango entre arenas finas y arcillas. Por su parte LÓPEZ y OKUDA (1968) señalan que los valores más altos de carbono y nitrógeno orgánico se encuentran donde mayor es el contenido de partículas finas.

En base a los valores obtenidos, se puede observar que las concentraciones de los elementos trazas disminuyen conjuntamente con la materia orgánica desde el Este y Oeste hacia la zona Central y las bocas de la Laguna Las Marites, donde presentan sus valores mínimos. Es de hacer notar que esta disminución de las concentraciones de esas especies químicas va unido a un cambio en la textura de los sedimentos de limo a limo arenoso, desde la zona Centro hacia el Este y Oeste de la laguna, luego hacia una franja de arena limosa o cambiando a arena en las zonas adyacentes a las bocas y zona exterior de la laguna.

Los bajos valores en la concentración de trazas de metales y materia orgánica en las bocas de la Laguna podría ser ocasionados, además del sedimento de textura arenosa, a que es la zona más dinámica donde se realiza el intercambio de aguas entre el exterior e interior de la laguna. BONILLA y OKUDA (1971) reportaron en esta zona una renovación notable de la masa de agua, durante los meses de noviembre y marzo, por la mayor intensidad del

intercambio de aguas del exterior hacia la laguna; es interesante señalar que la fecha de realización del presente estudio coincide con estos meses. Esto quizás influye en la no deposición del sedimento de grano fino y en los bajos valores de los metales y la materia orgánica con el sedimento de textura arenosa, lo cual concuerda con los resultados encontrados por DONAZZOLO *et. al.*, (1981) para los sedimentos costeros del Golfo de Venecia, donde las concentraciones de Fe, Zn, Cu y Ni son bajos en la fracción gruesa de dichos sedimentos. La Tabla VII indica una relación lineal, negativa y significativa entre las trazas de metales (Fe, Mn, Cu y Zn), materia orgánica (C, N) con la fracción arena de los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites.

El valor promedio de la razón C/N: 11,8 (Tabla III) es comparable al obtenido para la misma área por BONILLA y OKUDA (1971) (C/N: 13,9) y similar a los reportados por OKUDA y GÓMEZ (1965) (C/N: 9,7) para la región Nor-oriental de Venezuela, por BONILLA (1977) para el Golfo de Paria (C/N:10,6) y por BONILLA y LIN (1979) para los Golfos de Paria (C/N: 11,1) y Cariaco (C/N: 12,2), tales resultados permiten deducir que el proceso de deposición del material fresco y la descomposición orgánica se presenta normal, con una tendencia al equilibrio entre materia orgánica descompuesta y no descompuesta.

La discrepancia en los valores de carbonato de calcio encontrados puede ser debido a las carac-

TABLA IV. ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE TRAZAS DE METALES PESADOS (FE, MN, CU Y ZN) Y MATERIA ORGÁNICA (C, N Y P) DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA LAGUNA LAS MARITES.

Regresión	n	Fs	ts (1)	r	Gl	ts (2)
Fe= 1252,450 + 86,733 C	11	3,67 NS	-	0,54	9	0,602 NS
Fe= 1146,020 + 1451,280 N	11	7,05*	2,66 **	0,66	9	0,602 NS
Fe= 1293,930 + 1526,100 P	11	0,24 NS	-	0,16	9	0,602 NS
Mn= 64,543 + 11,369 C	11	1,54 NS	-	0,38	9	0,602 NS
Mn= 45,035 + 214,260 N	11	3,54 NS	-	0,53	9	0,602 NS
Mn= 69,423 + 204,580 P	11	0,12 NS	-	0,12	9	0,602 NS
Cu= 6,690 + 1,954 C	11	10,68 **	3,27 **	0,74	9	0,602 NS
Cu= 4,852 + 30,272 N	11	21,55 **	4,64 **	0,84	9	0,602 *
Cu= 5,089 + 55,013 P	11	1,27 NS	-	0,35	9	0,602 NS
Zn= 15,866 + 6,871 C	11	12,50 **	3,54 **	0,76	9	0,602 *
Zn= 9,193 + 107,73 N	11	28,31***	5,252***	0,87	9	0,735 **
Zn= 12,242 + 177,109 P	11	1,13 NS	-	0,33	9	0,602 NS
N = 0,043 + 0,071 C	11	153,75***	11,61***	0,97	9	0,735

n= tamaño de la muestra; Fs= varianza de regresión; ts (1)= prueba del coeficiente de regresión; r= coeficiente de correlación; Gl=grado de libertad; ts (2)= prueba del coeficiente de correlación; niveles de significación = *0,05; **0,01; ***0,001; NS= no significativo.

TABLA V. ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE TRAZAS DE METALES (Fe, Mn, Cu, Zn), MATERIA ORGÁNICA (C,N,P) Y CaCO₃ (Cc) vs FRACCIÓN ARCILLA (Ac) DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA LAGUNA LAS MARITES.

Regresión	n	Fs	ts (1)	r	Gl	ts (2)
Ac= -1,263 + 0,004 Fe	10	1,37 NS	-	0,38	8	0,602 NS
Ac= 2,708 + 0,015 Mn	10	0,75 NS	-	0,30	8	0,602 NS
Ac= 2,017 + 0,187 Cu	10	0,90 NS	-	0,32	8	0,602 NS
Ac= 2,345 + 0,180 Zn	10	0,85 NS	-	0,32	8	0,602 NS
Ac= 4,812 - 0,261 C	10	0,24 NS	-	-0,17	8	0,602 NS
Ac= 4,788 - 2,892 N	10	0,16 NS	-	-0,14	8	0,602 NS
Ac= 9,068 - 40,590 P	10	2,09 NS	-	-0,45	8	0,602 NS
Ac= 3,598 + 0,021 Cc	10	2,05 NS	-	0,11	8	0,602 NS

Terminología, ver Tabla IV.

TABLA VI. ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE TRAZAS DE METALES (Fe, Mn, Cu, Zn), MATERIA ORGÁNICA (C,N,P) Y CaCO₃ (Cc) vs FRACCIÓN LIMO (L) DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA LAGUNA LAS MARITES.

Regresión	n	Fs	ts (1)	r	Gl	ts (2)
L= - 31,281 + 0,047 Fe	11	26,60***	5,15***	0,86	9	0,735 **
L= 20,113 + 0,191 Mn	11	6,49 *	3,61 **	0,65	9	0,602 *
L= 3,544 + 2,918 Cu	11	33,02***	5,75***	0,89	9	0,735 **
L= 9,186 + 0,851 Zn	11	30,30***	5,51***	0,88	9	0,735 **
L= 25,005 + 4,969 C	11	6,31 *	3,20 *	0,67	9	0,602 *
L= 18,714 + 83,970 N	11	0,03 *	3,00 *	0,71	9	0,602 *
L= 29,943 + 66,584 P	11	0,15 NS	-	0,13	9	0,602 NS
L= 46,869 - 0,359 Cc	11	1,13 NS	-	-0,33	9	0,602 NS

Terminología, ver Tabla IV.

TABLA VII. ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE TRAZAS DE METALES (Fe, Mn, Cu, Zn), MATERIA ORGÁNICA (C, N, P) Y CaCO₃ (Cc) vs FRACCIÓN ARENA (An) DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA LAGUNA LAS MARITES.

Regresión	n	Fs	ts (1)	r	Gl	ts (2)
An= 136,175 - 0,055 Fe	11	46,86***	6,84***	-0,92	9	0,735 **
An= 79,980 - 0,271 Mn	11	19,58 **	4,43 **	-0,83	9	0,602 *
An= 92,768 - 3,241 Cu	11	32,51***	5,70***	-0,89	9	0,735 **
An= 85,886 - 0,927 Zn	11	25,51***	5,05***	-0,86	9	0,735 **
An= 66,673 - 4,662 C	11	2,69 NS	-	-0,48	9	0,602 NS
An= 73,876 - 84,416 N	11	6,23 *	2,50 *	-0,64	9	0,602 *
An= 60,385 - 49,014 P	11	0,07 NS	-	-0,09	9	0,602 NS
An= 53,112 - 0,051 Cc	11	0,13 NS	-	-0,04	9	0,602 NS

Terminología, ver Tabla IV.

TABLA VIII. ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN ENTRE TRAZAS DE METALES (Fe, Mn, Cu, Zn), MATERIA ORGÁNICA (C, N, P) Y CaCO₃ (Cc) vs FRACCIÓN GRAVA (G) DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA LAGUNA LAS MARITES.

Regresión	n	Fs	ts (1)	r	Gl	ts (2)
G= - 5,484 + 0,008 Fe	8	1,02 NS	-	0,38	6	0,602 NS
G= - 3,652 + 0,107 Mn	8	5,65 NS	-	0,70	6	0,602 NS
G= 1,037 + 0,378 Cu	8	0,44 NS	-	0,26	6	0,602 NS
G= 1,925 + 0,110 Zn	8	0,42 NS	-	0,26	6	0,602 NS
G= 5,416 - 0,081 C	8	0,01 NS	-	-0,03	6	0,602 NS
G= 6,064 - 1,464 N	8	0,16 NS	-	-0,16	6	0,602 NS
G= 4,534 - 4,919 P	8	0,01 NS	-	-0,03	6	0,602 NS
G= - 3,509 + 0,286 Cc	8	21,55 **	4,64 **	0,88	6	0,602 *

Terminología, ver Tabla IV.

terísticas de la sedimentación y al origen no homogéneo de los sedimentos de la laguna. Los aportes de carbonatos dentro de la Laguna Las Marites tienen como origen principal los organismos de concha caliza que se depositan en el fondo (foraminíferos, algas calcáreas, moluscos, corales, etc.), presentando el menor contenido de carbonato de calcio en la región Este y Sur-este de la misma, donde las condiciones son extremas (alta temperatura y salinidad, bajo contenido de oxígeno disuelto y muy escasa renovación de agua, etc.) y por lo tanto menos propicias para el desarrollo de organismos. Los valores moderadamente altos en la zona próxima a las bocas, donde se encuentran los sedimentos de arenas gruesas, medias y calcáreas. MIRO (1974) reporta sedimentos calcareníticos en áreas poco profundas de la plataforma interna de Margarita, donde está incluida la depresión de Las Marites; ZARZOSA (1974) reporta resultados similares en la Laguna La Restinga. En la Tabla VIII, se observa una relación lineal, positiva y significativa entre el carbonato de calcio y la fracción grava, de los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites.

En general, la Laguna Las Marites, con su fondo cubierto mayormente por flora bentónica (*Thalassia*), presenta valores promedios en las concentraciones de trazas de metales pesados (Fe, Mn, Cu y Zn) que podrían considerarse moderados, muy parecidos a las concentraciones obtenidas por GAMBOA y BONILLA (1983) en los sedimentos de la Cuenca Tuy Cariaco, y muy por debajo en muchos casos a los valores reportados para otras regiones. OPPENHEIMER (1969) señala para un medio ambiente estuarino con fondos de *Thalassia* valores de metales trazas similares a los reportados en este estudio; mientras que CHESTER & STONER (1975) reportan valores superiores de metales trazas para sedimentos no contaminados. Se podría suponer que el origen de las trazas de metales en los sedimentos de la Laguna Las Marites, pudiera ser de rocas geológicas adyacentes, muchas de las cuales tienen en su interior altos porcentajes de piroxenitas y magnetitas (TAYLOR, 1960), que a su vez contienen en sus estructuras Fe, Mn y Zn entre otros, los cuales a través de los siglos pudieron llegar a la laguna con las aguas de escorrentía, en épocas de lluvia. PHIPPS & KING (1969) reportan altos porcentajes de Fe en sedimentos de la costa de Nueva Escocia, debido presumiblemente a la cantidad de fragmentos de rocas conteniendo minerales tales como piroxenitas.

En general, las concentraciones de Fe, Mn, Cu y Zn en los sedimentos costeros de la Laguna Las Marites se encuentran en los niveles reportados para los sedimentos continentales.

En cuanto a los valores de materia orgánica, estos son en promedio, parecidos a los reportados por BONILLA y OKUDA (1971) para la misma laguna, mayores a los señalados por SOSA (1982) para la Bahía de Pozuelos y por BONILLA y LIN 1979 para el Golfo de Paria, aunque menores a los reportados por los mismos autores para el Golfo de Cariaco.

CONCLUSIONES

- 1.- La distribución granulométrica de los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites es muy heterogénea, notándose en la región Norte el tipo limo, luego una franja que ocupa la región Este, Centro y Nor-oeste de la Laguna de este tipo limo-arenoso, seguida por una zona (Sur-oeste) de sedimentos de textura arena-limosa y en la región de las bocas y exterior de la Laguna los de textura arenosa. Acusan bajos porcentajes de grava, lo que parece tener relación con sistemas de corrientes de fondo.
- 2.- Los valores de las concentraciones de trazas de metales pesados (Fe, Mn, Cu y Zn) por lo general aumentan desde las bocas de la laguna hacia las zonas más internas de la misma (Oeste, Este y Sur-este), estando relacionadas con el tipo de sedimento de esas áreas.
- 3.- Existe un contenido relativamente alto del porcentaje de materia orgánica (C, N y P) en las zonas más internas de la laguna, donde el sedimento es del tipo limo arenoso y disminuyen hacia las zonas próximas a las bocas en donde los sedimentos predominantes son de textura arenosa.
- 4.- Las trazas de metales pesados estudiados están correlacionados positiva y significativamente con la materia orgánica y el sedimento de textura limosa (fracción fina), y negativamente al igual que la materia orgánica con la fracción gruesa (arena).

- 5.- De acuerdo a la razón C/N, el proceso de acumulación de material fresco y descomposición de la materia orgánica se efectúa normalmente.
- 6.- El contenido de carbonato de calcio encontrado, está directamente relacionado con la textura de los sedimentos, con el mayor contenido de carbonato de calcio en los de textura gruesa (grava-arena) y los de menor porcentaje son los del tipo fino (limo).
- 7.- La forma generalmente uniforme como están distribuidos los metales trazas en la Laguna Las Marites y sus concentraciones relativamente bajas, con relación a los valores reportados en otros estudios sobre sedimentos superficiales no contaminados, permite señalar que los mismos son de origen residual, por lo que no podría hablarse de contaminación de la laguna por ellos.
- 8.- Es necesario establecer un control sobre las descargas cloacales en este bioecosistema con objeto de minimizar los problemas futuros de contaminación que comienzan a manifestarse.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestros sinceros agradecimientos al personal del Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela, por su desinteresada colaboración; al Dr. K. S. CHUNG y al Prof. RUBÉN APARICIO por sus valiosas sugerencias; al técnico AGUSTÍN AGUADO por su invaluable contribución en la parte analítica; al Br. RAFAEL FIGUEROA S. (dibujante) y a todas aquellas personas que en una u otra forma ayudaron a la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- BARTLETT, G. A. 1977. Depositional environments and sediments in the coastal zone of Prince Edward Island. *Can. Mar. Sediments*, 13 (2): 41-66
- BONILLA, R. J. 1977. Condiciones hidroquímicas del agua y características químicas de los sedimentos del Golfo de Paria durante la expedición LS-7302. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 16 (1-2): 99-114.
- 1982. Algunas características geoquímicas de los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Ibid.*, 21 (1-2): 133-155.
- & A. J. BENÍTEZ. 1972. Variación mensual de nitrógeno y fosfato en la Laguna Las Marites. *Ibid.*, 11 (2): 121-126.
- & A. LIN. 1979. Materia orgánica en los sedimentos del Golfo de Paria y el Golfo de Cariaco. *Ibid.*, 18 (1-2): 37-52.
- & T. OKUDA. 1971. Condiciones hidrográficas y características químicas de los sedimentos de la Laguna Las Marites. *Ibid.*, 10 (1): 81-91.
- & POYER M. y B. GAMBOA. 1985. Características geoquímicas en núcleos de sedimentos de la Región Nor-oriental y Río Orinoco. Venezuela. *Ibid.*, 24 (1&2). (en prensa)
- CAMPBELL, J.A. & D.H. LORING. 1980. Baseline levels of heavy metals in the waters and sediments of Baffin Bay. *Mar. Pollut Bull.* 11 (9): 257-261.
- CARMODY, D.J.; J. B. PEARCE & W. E. YASSO, 1973. Trace metals in sediments of New York Bight. *Ibid.*, 4 (9):132-135
- CHESTER, R. & J. H. STONER. 1975. Trace elements in sediments from the Laver Severn Estuary and Bristol Chanel. *Ibid.*, 6 (6):92-95.
- & F. G. VOUTSINOU. 1981. The initial assesment of trace metals pollution in coastal sediments. *Ibid.*, 12 (3): 84-91.
- CORRALES, Z. I. & J. ROSELL. 1977. *Estratigrafía*. Editorial Rueda. Madrid. España. p. 7-18.
- DONAZZOLO, R.; O. HIEKE M.; L. MENEGAZZO V.; A. ORIO; B. PAVONI, G. PERIN & S. RABITTI. 1981. Heavy metals contamination in surface sediments from the Gulf of Venice, Italy. *Mar. Pollut. Bull.* 12 (12):417-425.
- FORTNER, V. & G. T. WITTMANN. 1979. *Metal pollution in the acuatic environment*. Springer-Verlag. Berlin. 486 pp.
- GAMBOA, B. R. & J. R. BONILLA. 1983. Distribución de metales pesados (Fe, Mn, Cu y Zn) en

- sedimentos superficiales de la Cuenca Tuy-Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 22 (1 & 2): 103-110.
- GARCÍA, A. J. & J. R. BONILLA. 1971. Algunas características químicas del agua y los sedimentos de la Laguna de Campoma, Edo Sucre. *Ibid.*, 10 (1): 71-80.
- HANSEN, A. L. & R. J. ROBINSON. 1953. The determination of organic phosphorus in sea water with perchloric acid. Oxidation. *J. Mar. Res.* 12 (1): 31-42.
- JACKSON, T. A. 1979. Sources of heavy metals contamination in a River-Lake system. *Envir. Pollut.* (18): 131-138.
- LÓPEZ, M. A. & T. OKUDA. 1968. Algunas observaciones sobre características físico-químicas de los sedimentos y distribución de la fauna macrobentónica de la Laguna Grande del Obispo. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 7(1): 107-127.
- MACKAY, D.W., W. HALCROW & E. THORTON. 1972. Sludge dumping in the Firth of Clyde. *Mar. Pollut. Bull.* 3 (1): 7-11.
- MIRO, M. DE. 1974. Morfología submarina y sedimentos marinos recientes del margen continental del Nor-oriente de Venezuela. *Cuadernos Azules. UNESCO.* 14: 230.
- MURPHY, J. & J. P. RILEY. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.* 27: 31-36
- OKUDA, T. 1964. Some problems for the determination of organic carbon in marine sediments. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 3 (1-2): 106-117.
- & J. R. GÓMEZ. 1965. Distribución del carbono y nitrógeno orgánicos de los sedimentos en la Región Nor-oriental de Venezuela. *Ibid.* 3 (1-2): 91-105.
- OPPENHEIMER, C. H. 1969. Geomicrobial effects on estuarine environments. Lagunas costeras. Un Simposio. UNAN-UNESCO. México. pp. 439-450.
- ORTIZ, F. 1981. Determinaciones de algunos contaminantes en las aguas de desecho de la Refinería El Chaure. Puerto La Cruz. Edo. Anzoátegui. Tesis de Grado. Depto. de Química. Escuela de Ciencias. Núcleo Sucre. UDO. pp 60.
- PERKINS, E. J.; J. R. S. GILCHRIST; O. J. ABBOT & W. HALCROW. 1973. Trace metals in Solway Firth sediments. *Mar. Pollut. Bull.* 4 (4): 59-61.
- PHIPPS, C.V.G. & L. H. KING. 1969. Chemical, Mineralogical and textural variations in sediments from the Scotian Shelf. *Mar. Sediments.* 5 (3): 101-112.
- RONDÓN, R. & C. TRILLO. 1981. Estudio sobre contaminación química y biológica en aguas recreacionales del Río Neverí Barcelona. Edo. Anzoátegui. Tesis de grado. Depto. de Físico-Química Aplicada. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas Núcleo de Anzoátegui. UDO. pp. 143.
- SALAZAR, F. DE H. 1978. Ictiofauna y algunos aspectos ecológicos de la Laguna Las Marites. Trabajo de Ascenso. Depto. de Ciencias. Núcleo de Nueva Esparta. pp 109.
- SELLIER DE CIVRIEUX, J.M. & J. R. BONILLA. 1971. La influencia de los parámetros físico-químicos del fondo en las facies de foraminíferos bentónicos. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 10 (2): 15-34.
- SHEPARD, F. P. 1954. Nomenclature bases on sand-silty-clay ratios. *J. Sediment Petrol.* 24 (3): 151-158
- SOKAL, R. R. & F. V. ROHLF. 1969. *Biometry.* W. H. Freeman and Co. San Francisco. pp 776.
- SOSA, C.P. DE P. 1982. Algunos metales pesados y contenido de la materia orgánica en los sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelos. Edo. Anzoátegui. Trabajo de Ascenso. Depto. de Ciencias Básicas. Núcleo de Anzoátegui. UDO. pp 62.
- TAYLOR, G. C. 1960. Geología de la Isla de Margarita. *Cong Geol. Venez. III, Caracas 1959, Mem, vol II, 838-893.*
- TWENHOFEL, W. H. & S. A. TYLER. 1941. *Methods of study of sediments.* McGraw-Hill. Book Company. Inc. New York. pp 183.
- YIM, W. W. S. 1976. Heavy metals accumulation in estuarine sediments in a historical mining of Cornwall. *Mar. Pollut. Bull.* 7 (8): 147-150.
- ZARZOSA, J. D. 1974. Características sedimentológicas y geomorfológicas de la Laguna de La Restinga. Isla de Margarita, Venezuela. *Cuadernos Azules. UNESCO.* 9:57.

(Manuscrito recibido el 20 de Noviembre de 1986)