

Distribución de los sedimentos en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México

Alberto de Jesús-Navarrete¹, José Juan Oliva Rivera¹,
Víctor Valencia Beltrán y Nancy Quintero López

Departamento de Ecología Pesquera, El Colegio de la Frontera Sur. Unidad Chetumal, Apdo. Postal 424 Chetumal, Q. Roo, México. C.P. 77000. E-mail¹ alberto@ecosur-qroo.mx

De Jesús-Navarrete, A., J. J. Oliva Rivera, V. Valencia Beltrán y N. Quintero López, 2000. Distribución de los sedimentos en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Hidrobiológica* 10 (1): 61-67.

RESUMEN

Para conocer el tamaño promedio de grano y el contenido de materia orgánica de los sedimentos de la bahía de Chetumal, se recolectaron muestras con un tubo de PVC de 5 cm diámetro, en 45 sitios, el 21 y 28 de julio de 1998. En cada sitio se midió la profundidad, el pH, Eh y la temperatura de los sedimentos. La profundidad de la bahía varió entre 1 y 5 m. Los sedimentos encontrados fueron en su mayoría arenas gruesas y medianas de composición calcárea, blancas o ligeramente grises, con un tamaño medio de grano entre 0.45 a 1.40 en la escala f. La temperatura de los sedimentos varió entre 24.4 y 30.6 °C. El contenido de materia orgánica tuvo un máximo de 20.3 %, con valores altos en zonas de mayor profundidad. El pH registró valores alcalinos y el potencial eléctrico varió entre +171 a +232 mV, característicos de sedimentos oxigenados.

Palabras clave: Bahía de Chetumal, materia orgánica, sedimentos.

ABSTRACT

To know the medium grain size and organic matter content of the sediments from Chetumal Bay, samples were collected with a PVC tube 5 cm internal diameter in 45 sites in July 21 and 28, 1998. At each place, depth, pH, Eh and temperature in sediments were registered. Depth oscillated between 1 to 5 m. Sediments were calcareous coarse and medium sand, white or lightly gray, the medium grain size varied between 0.45 to 1.40 f scale, temperature varied between 24.4 y 30.6 °C. Organic matter content had 20.3 % as maximum with higher values in more depth areas. pH registered was lightly alkaline and electric potential varied between +171 to +232 mV typical of oxygenated sediments.

Key words: Bay of Chetumal, organic matter, sediments.

INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras protegidas por bahías, debido a su baja energía potencial, son receptores de material suspendido y particulado que son transportados en el agua de los ríos o en la atmósfera. Cuando estas partículas, se depositan en el fondo de los sistemas costeros, sufren cambios químicos, físicos y biológicos, que determinan la composición sedimentaria de los sistemas acuáticos,

influyen en la abundancia de los organismos del fondo o cambian la morfología de los sistemas, al formar barras.

En la bahía de Chetumal, se ha investigado la calidad del agua, la contaminación orgánica, el plancton, el macrobentos y la contaminación por hidrocarburos (Hernández, 1988; Gasca y Castellanos, 1993; Ortíz y Sáenz, 1997; Carrera-Parra *et al.*, 1997; Noreña *et al.*, 1998). La geología y sedimentología de la península de Yucatán se

estudió en los años 70's (Wantland, 1969), pero esos trabajos no incluyeron a toda la Bahía de Chetumal (Weidie, 1974). Carranza-Edwards y colaboradores (1975) la clasificaron dentro de la unidad IV, formada de sedimentos carbonatados del Cuaternario tardío y topografía "karstica", pero no dieron información sobre la composición granulométrica de los sedimentos en la bahía. Otros estudios señalaron un porcentaje alto de sedimentos finos en zonas cercanas a la línea de costa (100 m) (Carrera-Parra *et al.*, 1997; Herrera-Gómez, 1997) pero no incluyeron otros análisis relacionados con los sedimentos. Con el fin de tener información para elaborar el Plan de Manejo del Santuario del Manatí en la bahía de Chetumal, se realizó este trabajo para determinar el tamaño medio de grano de los sedimentos su distribución y su contenido de materia orgánica.

MATERIAL Y MÉTODOS

El 21 y 27 de julio 1998 se recolectaron por buceo libre, sedimentos en 45 sitios de la Bahía de Chetumal (Fig.1). Las muestras se obtuvieron por duplicado, con un tubo de PVC de 5 cm de diámetro y 50 cm de largo, que se introdujo 10 cm en el fondo, tapándolo por sus extremos

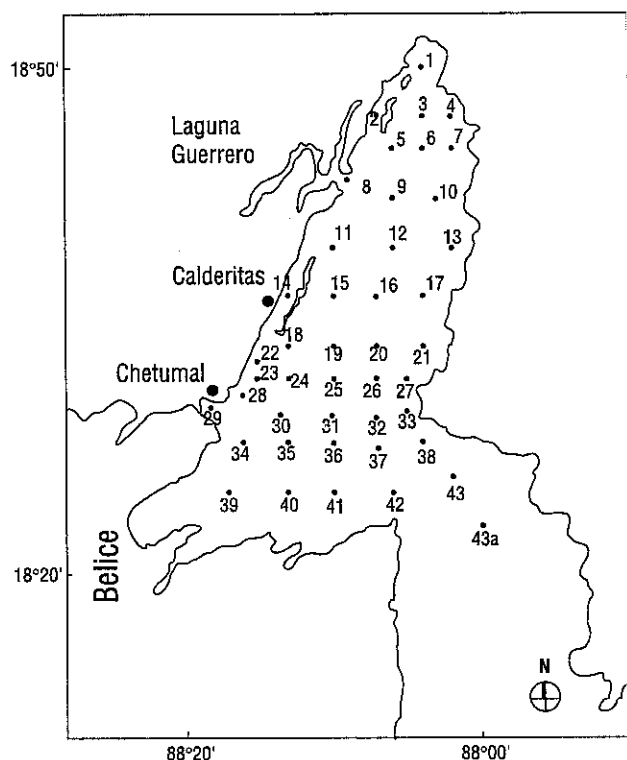


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en la Bahía de Chetumal.

al momento de su extracción para no perder material. Inmediatamente después de sacar la muestra, se midió la temperatura, el pH y Eh del sedimento, utilizando un potenciómetro Cole-Palmer, modelo 05669-00, provisto de un electrodo con doble aislamiento y referencia de Ag/ClAg, los valores encontrados se corrigieron de acuerdo con lo planteado por Giere *et al.* (1988).

Los aproximadamente 500 g de sedimento de cada sitio se colocaron en bolsas de plástico debidamente etiquetadas, se almacenaron en una hielera y se transportaron al laboratorio, en donde permanecieron congelados hasta su análisis. Simultáneamente a la toma de sedimentos, se midió la temperatura, salinidad, de la columna de agua con una sonda oceanográfica Ocean Sensors modelo OS200. La profundidad a la que se recolectó la muestra se midió con una sonda de sonda.

En el laboratorio los sedimentos se secaron en una estufa a 60°C por 12 horas. Para determinar la composición granulométrica de los sedimentos se tomaron aproximadamente 150 g de sedimento, se trataron con 200 ml peróxido de hidrógeno hasta no observar reacción y se secaron nuevamente. Cada submuestra seca (aproximadamente 100g) se colocó en una serie de tamices certificados de: 1700, 1400, 1000, 710, 600, 425, 300, 180, 150, 125, 106 y 75 micras de abertura de malla, (USA STANDARD TESTING SIEVE,®- ASTM-11) y se agitaron por 15 minutos en un agitador para tamices TYLER® RX-100 (Buchanan, 1984). Las fracciones sedimentarias de cada tamiz se pesaron en una balanza analítica (AND®-ENR120A). Los datos se introdujeron en una hoja de cálculo y se procesaron con programa de computación, que utiliza las fórmulas de Folk, (1969) para determinar el tamaño promedio de grano, desviación estándar y sesgo (Vargas-Hernández, 1991).

Para determinar el porcentaje de materia orgánica, se tomaron aproximadamente 50 g de sedimento seco, por triplicado y se colocaron en una mufla a 550° C por una hora de acuerdo con la técnica de Dean (1974).

Los sedimentos se observaron con un estereomicroscopio Zeiss SV-6 para determinar su redondez.

RESULTADOS

La profundidad en la Bahía de Chetumal varió de 1 a 5 m, con la menor profundidad en los márgenes. Las isobatas muestran que la mayor profundidad corresponde a tres zonas; la estación 6 en el norte, las estaciones 12, 16 y 24 en el centro y las estaciones 30, 35 y 36 en el sur, alineados en un eje longitudinal de la Bahía con dirección NE-SW, paralelo a la costa (Fig.2).

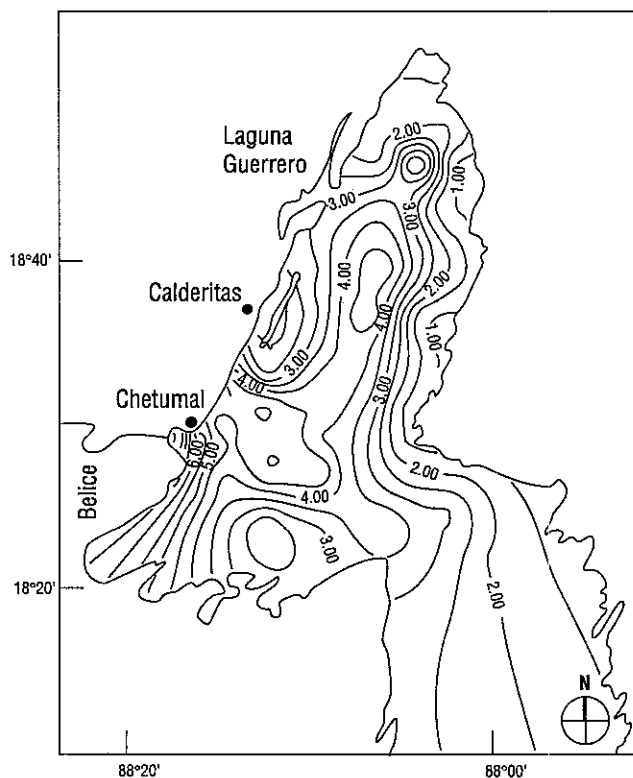


Figura 2. Batimetría de la Bahía de Chetumal.

Los sedimentos encontrados fueron arenas, que variaron de arena muy fina a muy gruesa., de composición calcárea, blancos o ligeramente grises. Los tamaños promedios de grano (Mz) variaron entre 0.45 a 1.4 en la escala de Wentworth.

Todas las estaciones presentaron más del 90% de arena. Únicamente las estaciones 37, 42 y 43a tuvieron más del 5% de limos y arcillas, destacando las estaciones 37 y 43a que tuvieron 11 y 7.2% respectivamente. Estas fracciones corresponden a limos gruesos.

El 71% de los sitios tuvieron sedimentos de arena gruesa, el 4.4% tuvieron arena gruesa, el 31% de las estaciones presentaron arena mediana, el 15% tuvieron arena fina en una proporción mayor al 20% (Fig.3). Esta distribución de las partículas sedimentarias se reflejó en el tamaño promedio de grano Mz(f) tal y como se observa en la tabla 1.

Las estaciones 40, 41, 42 y 43 en la parte sur de la bahía y las estaciones 1, 5, 7, 10, 16 y 21 que se distribuyeron sin un patrón, en el centro y norte de la bahía presentaron arenas medianas.

El porcentaje de materia orgánica varió de 2.6% a 20.3%, el mínimo se encontró en la estación 18 y el máximo

en la 25. La bahía de Chetumal presentó un porcentaje promedio de 7.24 ± 2.66 ($n = 45$) de materia orgánica. Si se divide a la bahía en dos, una a la altura de la estación 23 hacia el norte en donde se tiene poca influencia de actividad humana, como descargas pluviales o uso intenso de la zona, se observa que los valores promedio de materia orgánica son más bajos ($5.37\% \pm 1.99$ $n=23$) que en la parte sur, en donde existe la influencia de la ciudad de Chetumal y los aportes del río Hondo y en donde los porcentajes promedio de materia orgánica fueron más altos ($9.17\% \pm 4.89$ $n = 22$).

Las estaciones 25, 42, 35, 29A, 36, 37, 42, 43 y 43a tuvieron más del 10% de contenido de materia orgánica y se ubican en el centro y sur de la bahía. El 69% de las estaciones tuvo entre 2.6% y 8% de materia orgánica (Fig. 4).

Se realizaron correlaciones de Pearson entre la profundidad y el tamaño promedio de grano (Mz), pH y % de materia orgánica. La única correlación significativa fue entre la profundidad y el % de materia orgánica ($r=0.49$ $p<0.05$), que indica que existe un mayor porcentaje de materia orgánica conforme aumenta la profundidad. Este hecho es notorio en las estaciones 25, 29a, 35, 36, 37 y 42 (Fig. 5).

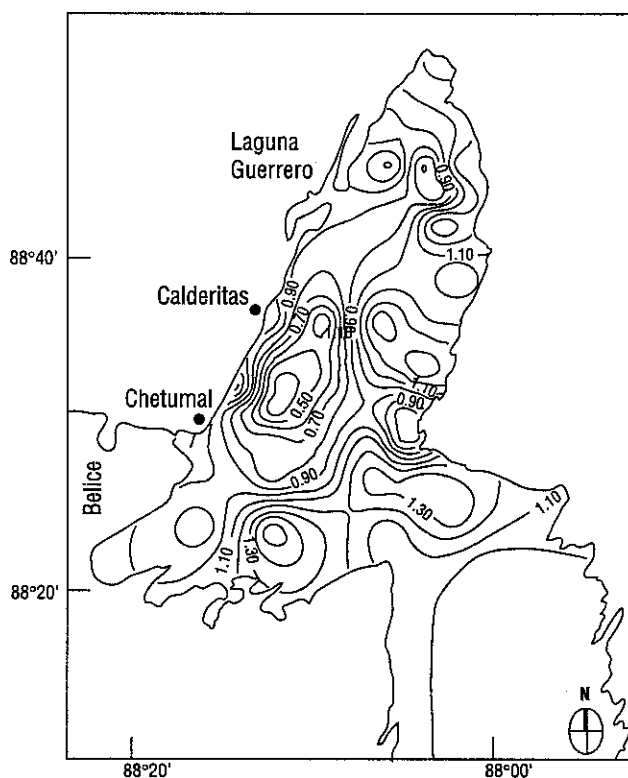


Figura 3. Tamaño promedio de grano Mz (f) de sedimentos en la Bahía de Chetumal.

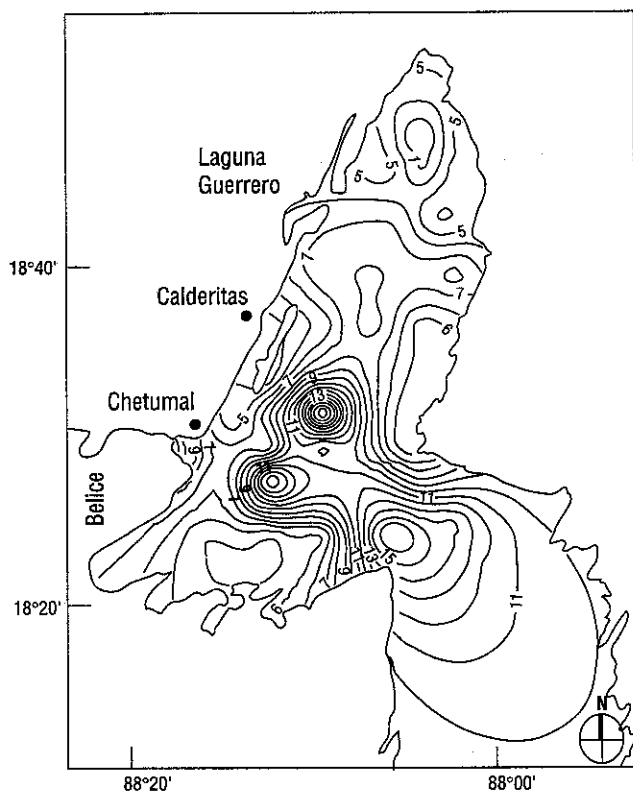


Figura 4. Porcentaje de materia orgánica en los sedimentos de la Bahía de Chetumal.

La temperatura de los sedimentos varió entre 24.4 y 30.6°C, en general la temperatura fue mayor en los sedimentos que en la columna de agua, principalmente en aquellas estaciones con poca profundidad, hecho que fue notorio en las estaciones 1 a 18 que correspondieron a un día lluvioso (21 de julio) con temperatura baja en el agua de la bahía. La temperatura del agua fue menor hasta en 4°C con respecto a la de los sedimentos.

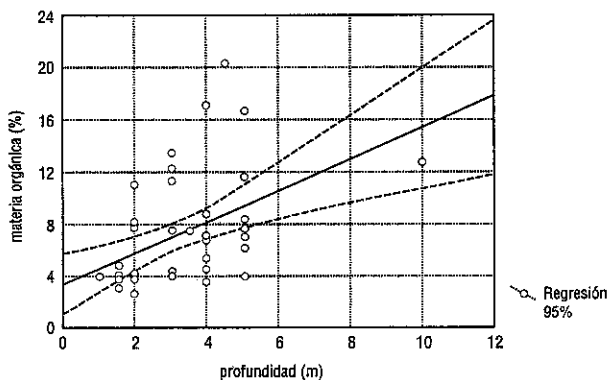


Figura 5. Dispersión de los datos de materia orgánica y su relación con la profundidad.

Los valores de pH que se registraron correspondieron en su mayoría a valores ligeramente alcalinos, típicos de un ambiente salobre (7.0-7.8) (Giere, 1993). En siete estaciones (2, 6, 9, 11, 14 y 29), se registraron valores de pH menores a 7.0, que indican condiciones de acidez sedimentaria o de presencia de ácido sulfídrico, aunque no fueron menores a 6.

Los valores de potencial eléctrico que se encontraron en los sedimentos de la bahía estuvieron entre +171 a +232 mV, que corresponden a sedimentos oxigenados en sus intersticios (Giere, 1993), aunque en algunas estaciones se percibió un olor a H_2S .

DISCUSIÓN

La bahía de Chetumal es un cuerpo de agua somero que tiene una zona de mayor profundidad en su parte central. Se observó al momento de la recolección de los sedimentos, que el espesor del sedimento en fondo en ocasiones rebasó los 30 cm, lo que refleja la acumulación de sedimentos por una gran cantidad de tiempo (Wantland, 1969). Los sedimentos recolectados tuvieron más del 90% de arena, principalmente arenas gruesas y medianas (< +1 f), blancos o grisáceos que reflejan un origen calcáreo, datos que son muy similares a los de Noreña *et al.* (1998) quienes encontraron más del 82% de arenas en 17 estaciones de la Bahía de Chetumal.

Los sedimentos calcáreos generalmente son de mayor tamaño que las arenas de cuarzo o feldespato (Komar, 1976), la revisión al microscopio de las partículas mostró una forma subangular; granos débilmente redondeados, que caracterizan a las zonas de baja energía, hay que señalar que los gránulos calcáreos tienen una escala diferente de redondez que los gránulos de cuarzo (Hulings y Gray, 1971). Los valores de desviación estándar de los sedimentos encontrados en todos los casos fueron mayores de 0.5, y que corresponden a sedimentos mal clasificados y submaduros, de acuerdo con el criterio de Folk (1969). Estos sedimentos mal redondeados, se producen debido a que las fuerzas mecánicas como las olas o las corrientes, no ejercen la fuerza suficiente para su abrasión en su lugar final de depósito. Lankford (1977) ubicó a la bahía de Chetumal como un cuerpo de agua de baja energía, por lo que se esperaba encontrar sedimentos finos. Sin embargo, los datos encontrados en este trabajo indican que los sedimentos finos se encontraron en muy baja proporción, y fueron conspicuos sólo se observó en las partes más profundas de la bahía, a donde son transportados por el efecto de las corrientes o del viento, ya que este patrón de movimiento del agua es que prevalece en la bahía,

Tabla 1. Características de los parámetros ambientales en los sedimentos de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo,

Estaciones	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18
% Arena muy gruesa	34,2	41,39	40,6	39,4	14	56,7	27	41	49,9	10	38,3	31,5	28	45,1	32	30	40,8	50,3
% Arena gruesa	8,8	13,24	14	11,4	12	10,8	9	16	11,8	9	16,3	14,3	14	13	30	12	6,7	13,1
% Arena mediana	20,9	19,46	13,3	15,1	34	12,2	17	24	12,6	40	16,9	17,9	21	15,5	25	19	15,9	26,8
% Arena fina	22,7	16,64	20,5	23,2	32	13,2	31	16	17,3	35	18,6	22,1	25	15,3	9,7	19	32,1	8
% Arena muy fina	8,3	7,2	6,8	9,8	6,4	6,1	13	1,9	7	4,8	7,4	9,8	9,7	7,5	2,4	14	3,72	1,3
% Limos y arcillas	4,9	1,9	1,7	1	0,9	1	4,2	0,4	1,4	0,9	2,5	4,5	2,5	3,8	0,6	6,2	0,8	0,5
% Materia orgánica	4,8	4,2	7,9	4,2	3,8	7,1	4	3,8	6,8	3,2	7,5	7,6	3,2	8,1	4,8	8,3	3,9	2,6
Mz (ϕ)	1,2	0,9	1	1,1	1,3	0,6	1,3	0,7	0,8	1,5	0,8	1	1,1	0,9	0,4	1,4	1,1	0,4
Desv. Estándar (σ)	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1,5	0,8	1,1	1	1,3	1,3	1,4	1,2	0,9	1	1	0,7
Temperatura °C	29,6	29,2	29,9	29,7	30	27,7	30	30	30,3	31	30,3	30,4	30	28,8	30	30	30,5	29,9
pH	7,3	6,9	7,6	7,1	7,3	6,9	7,3	7,4	6,9	7,3	6,6	7,09	7,5	6,5	7,5	6,8	7,7	7,6
Eh	224	207	179	218	189	211	192	198	214	192	218	205	181	232	182	221	171	179

Estaciones	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29a	E29b	E30	E31	E32	E33
% Arena muy gruesa	40,8	50,3	58	45	10,4	7,8	31	63,2	52,1	18,1	26,9	47	76,1	25	43	52,9	31	46,1
% Arena gruesa	6,7	13,1	11	9,6	10,4	19	19	9,5	12	26,9	14,6	11	6,8	15	17	8,1	13	20
% Arena mediana	15,9	26,8	12	13	38,7	41	24	11,5	13,1	34,2	44,2	16	6,1	19	19	10,2	26	20,4
% Arena fina	32,1	8	12	16	34,6	24	21	10,5	14,2	17,7	13,5	18	6,9	28	16	15,9	22	10,7
% Arena muy fina	3,72	1,3	5,4	11	4,5	5,9	3,7	6,9	6,4	2,3	0,4	5,1	2,5	8,6	4,2	10,6	6,9	2,2
% Limos y arcillas	0,8	0,5	1,5	4,9	1,3	2,8	1,7	1,6	2	0,6	0,1	3	1,2	5	1,9	2,2	2	0,7
% Materia orgánica	3,9	2,6	8,8	7,1	4	3,9	4	7,8	20,3	7,5	3,8	4,5	12,7	13	6,2	9	7,6	3,6
Mz (ϕ)	1,1	0,4	0,5	1,1	1,4	1,3	0,7	0,3	0,7	0,9	0,6	0,9	0,2	1,2	0,8	0,8	1,2	0,6
Desv. Estándar (σ)	1	0,7	1	1,3	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	0,9	0,6	0,6	1,3	1	1,2	1,1	0,8
Temperatura °C	30,5	29,9	29	29	28,5	29	24	28,7	28,6	28,8	28,6	29	30,4	30	29	28,9	29	28
pH	7,7	7,6	6,9	6,9	7,4	7,1	7,1	7,1	7,2	7,4	7,6	7,1	6,8	6,8	7,5	7,2	7,1	7,5
Eh	171	179	214	215	187	205	188	205	197	188	178	183	230	217	184	198	202	184

Estaciones	E34	E35	E36	E37	E38	E39	E40	E41	E42	E43a	E43b
% Arena muy gruesa	19,8	56	49,7	36	16	24,7	6,5	27	38	32,8	36
% Arena gruesa	21,1	9,1	10,4	13	36	25,9	6,6	15	14	15,4	8,4
% Arena mediana	34,2	11	12,3	11	14	28,1	47,1	23	18	17,9	11
% Arena fina	20,4	13	17,3	14	22	15,1	35,4	23	17	18,6	27
% Arena muy fina	3,1	7,8	7,9	17	9,1	4,6	3,7	8,8	8	8,1	13
% Limos y arcillas	1,2	2,8	2,4	11	3	1,6	0,9	3,6	6	7,2	4,9
% Materia orgánica	5,3	17	11,6	11	7,7	3,6	3,8	4,2	17	11,1	14
Mz (f)	1	0,7	0,9	1,4	1,4	0,8	1,6	1,3	1	0,9	1,4
Desv. Estándar (s)	0,8	1,1	1,2	1,4	1,3	1,1	0,8	0,9	1	1,3	0,7
Temperatura °C	29,5	29	24,4	29	29	29,5	29,3	29	29	29,2	29
pH	7,6	7,2	7,1	7,2	7,1	7,4	7,4	7,4	7	7,6	7,2
Eh	177	199	196	199	200	177	189	190	208	206	199

aparentemente acumulando material en el sur (Wantland, 1969). Morales *et al.* (1996) encontraron que las corrientes en la bahía fueron en promedio de 0.16 ± 0.103 m/s y se dirigieron en su mayoría hacia el SE y SO con valores más altos hacia los márgenes de la bahía, lo que podría ocasionar que en esas zonas, los sedimentos contengan una mayor cantidad de partículas finas, como lo informó Herrera-Gómez (1997) quien encontró arenas finas y medianas en la zona adyacente a la zona urbana, lo que contrasta con el resto de la de la bahía de Chetumal. Es posible que la clasificación

de ambiente de baja energía, no sea generalizable ya que a pesar de estar protegida por la península de Xcalak, la bahía se ve influenciada por el efecto de los vientos del sureste gran parte del año.

Aunque en promedio los valores promedio de materia orgánica fueron mas bajos que los encontrados en sedimentos marinos de praderas de *Thalassia* (8.48%) (de la Lanza y Arenas, 1978), pueden considerarse altos en comparación con otros ambientes protegidos como la laguna

del Huizache-Caimanero, en donde de la Lanza (1986) encontró porcentajes de materia orgánica entre 2.16% a 15.40%. Stewart (1958) consideró alto al 1% de materia orgánica encontrado en la Bahía de San Miguel en Baja California y la asoció a una elevada tasa de acumulación.

Se sabe en general que el contenido de materia orgánica es más alto en sedimentos de limos y arcillas que en arenas (Dale, 1974). Sin embargo, el contenido de materia orgánica es dinámico y puede cambiar con base en la concentración en la columna de agua y en función de procesos de degradación bacteriana y por la actividad de los organismos bénticos. Puede suceder que el contenido orgánico sea tan bajo (1.36%) en sedimentos limo-arcillosos (77.1% de éstos dos componentes) (Cocito *et al.*, 1990). En la laguna Huizache-Caimanero de la Lanza (1986) encontró un mayor porcentaje de materia orgánica en sedimentos limo-arcillosos, pero el porcentaje fue bajo (2.5%) en aquellas estaciones con sedimentos de arenas y asoció estos factores a altas tasas de acumulación y baja disolución.

En la bahía de Chetumal los porcentajes de materia orgánica mayores al 10% se encontraron en las estaciones más profundas, que también fueron las que tuvieron la mayor cantidad de limos y arcillas (estaciones 37, 42 y 43a), lo que puede asociarse a una acumulación a largo plazo debido a la suspensión de materiales autóctonos producidos en las cercanías de esas áreas profundas, como detrito de hojas de pastos marinos y algas. Sin embargo, los valores encontrados en las estaciones de sedimento arenoso también mostraron altos niveles de materia orgánica comparado con la información proporcionada por de la Lanza (1986).

Nuestros valores son más altos que los encontrados por Noreña *et al.*, (1998) quienes reportaron porcentajes de 1.36 a 7.14% en diecisiete estaciones de la Bahía de Chetumal.

El pH tiene poca importancia como valor propio de los sedimentos, sin embargo, puede tener un efecto significativo sobre la biota que habita en el fondo. Se considera que el pH es estable en el ambiente marino y cuando es menor que 7, se tienen condiciones anóxicas (Giere, 1993). En el caso de la bahía esto ocurrió en algunas estaciones, tanto someras como profundas, a pesar de que en todas el olor a ácido sulfídrico estuvo presente. Por otro lado la actividad fotosintética del microfitobentos puede modificar el valor del pH, en los primeros cm del sedimento, por lo que puede haber pH elevados en la superficie y bajos en el fondo (Giere, 1993).

Los valores de Eh pueden variar entre +500 a -300 mV y frecuentemente se observa que verticalmente hay una zona donde los valores pasan de positivos a negativos, e indican las condiciones de oxidación y reducción respectivamente. En sedimentos con alto contenido de hierro, esto se observa por el cambio en la coloración de claro a oscuro, en donde el sedimento es negro o gris oscuro, se tiene la presencia de sulfuros de hierro, que se forman bajo condiciones anóxicas. Sin embargo, en los sedimentos calcáreos esto no es fácil de observar, debido principalmente al bajo contenido de hierro. Se considera que los valores de Eh mayores de +100 mV corresponden con la presencia de oxígeno en los poros de los sedimentos y menores de -100 mV su ausencia (Giere, 1993). Los valores encontrados en la bahía variaron entre +171 y +232, lo que indica que los primeros centímetros del sedimento contienen oxígeno, no obstante. Es posible que a una profundidad mayor de 5 cm los sedimentos estén reducidos y contengan niveles altos de ácido sulfídrico, producto de la descomposición de la materia orgánica, a pesar de la falta de coloración oscura, lo que se manifiesta por el olor característico.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó dentro del proyecto "Plan de Manejo de la Bahía de Chetumal" financiado por la Secretaría de Infraestructura Medio Ambiente y Pesca del Gobierno del Estado de Quintana Roo. Agradecemos a Alejandro Medina su colaboración en la recolección de las muestras. Los comentarios de B. Morales y R. Gasca, y tres revisores anónimos mejoraron sustancialmente el manuscrito

LITERATURA CITADA

- BUCHANAN, J. B., 1984. Sediment analysis. pp. 41-65 En: A. HOLME AND A. D. McINTYRE (comps). *Methods for the study of marine benthos*. IBP Handbook N° 16 Blackwell, Londres 387 pp.
- CARRANZA-EDWARDS, A. M. GUTIERREZ-ESTRADA y R. RODRIGUEZ TORRES, 1975. Unidades morfo-tectónicas continentales de las costas mexicanas. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología UNAM*, 2(1): 81-88.
- CARRERA-PARRA, L. F., N. E. GONZÁLEZ y S. I. SALAZAR-VALLEJO, 1997. Bentos litoral de la bahía de Chetumal. En: ORTÍZ, C. (comp). *Estudio emergente sobre la mortandad de bagres en la bahía de Chetumal*. Informe técnico SIMAP/ECOSUR.
- COCITO, S., S. FANUCCI, I. NICCOLAI, C. MORRI y C. N. BIANCHI, 1990. Relationships between trophic organization of benthic communities and organic matter content in Tyrrhenian Sea sediments. *Hydrobiologia* 207: 53-60.

- DALE, N., 1974. Bacteria in intertidal sediments: factors related to their distribution. *Limnology and Oceanography* 19: 509-518.
- DE LA LANZA, G. y V. ARENAS, 1978. Naturaleza química de las hojas y rizomas de los pastos marinos y su ambiente sedimentario. *Revista Biología Tropical* 26(2): 277-289.
- DE LA LANZA, G., 1986. Materia orgánica en los sedimentos del sistema lagunar Huizache y Caimanero: Importancia, comportamiento y significado de modelos de predicción. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México* 13(1): 251-286.
- DEAN, W. E. JR., 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology* 14: 242-248.
- FOLK, R. L., 1969. *Petrología de las rocas sedimentarias*. Instituto de Geología Universidad Nacional Autónoma de México. México. 399 p.
- GASCA, R. y I. CASTELLANOS, 1993. Zooplancton de la Bahía de Chetumal, Mar Caribe, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 41(3): 619-625.
- GIERE, O., 1993. *Meiobenthology, the microscopic fauna in aquatic sediments*. Springer-Verlag, Hamburg. 320 p.
- GIERE, O., A. ELEFTHERIOU y D. J. MURISON, 1988. Abiotic Factors pp. 61-78. En: HIGGINS R.P. y H. THIEL. (comps.) *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. 465 p.
- HERRERA-GÓMEZ, J., 1997. Distribución espacial y abundancia de los nemátodos (Phylum Nematoda) de la zona urbana de la Bahía de Chetumal. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Chetumal, 72 p.
- HERNÁNDEZ, H. E. V., 1988. Estudio de los niveles de contaminación bacteriológica y la incidencia de enteropatógenos en la Bahía de Chetumal, Q. Roo. Tesis Licenciatura. Universidad Veracruzana, Fac. Bioanálisis. 23 p.
- HULINGS, N. C. y J. S. GRAY, 1971. A manual for the study of Meiofauna. Smithsonian Contributions to Zoology No. 78. Smithsonian Institution Press. Washington 83 p.
- KOMAR, P. D., 1976. *Beach processes and sedimentation*. Prentice Hall, New Jersey. 480 p.
- LANKFORD, R. R., 1977. Coastal lagoon of Mexico. Their origin and classification. En: WILEY, M. (comp.) *Estuarine Processes*. Academic, Press. New York. pp. 182-215
- NOREÑA, B. E., O. ZAPATA-PÉREZ, V. CEJA-MORENO y G. GOLD-BOUCHOT, 1998. Hydrocarbon and Organochlorine residue concentrations in sediments from Bay of Chetumal, Mexico. *Bulletin Environmental Contam. Toxicology* 61(1): 81-87.
- MORALES-VELA, B., D. OLIVERA-GÓMEZ y P. RAMÍREZ-GARCÍA, 1996. Conservación de los manatíes en la región del Caribe de México y Belice. *Informe técnico. ECOSUR-CONACyT* 127 p.
- ORTÍZ, M. C. y J. R. SÁENZ, 1997. Detergents and Orthophosphates inputs from urban discharges to Chetumal Bay, Quintana Roo, Mexico. *Bulletin Environmental Contam. Toxicology* 59: 486-491.
- STEWART, H. B., 1958. Sedimentary reflections of depositional environment in San Miguel Lagoon, Baja California, Mexico. *Bulletin American Assoc. Petrol. Geology* 42(11): 2567-2618.
- VARGAS-HERNÁNDEZ, J. M., 1991. Análisis granulométrico de sedimentos (programa de computación). Museo de Zoología. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa.
- WANTLAND, K. F., 1969. Foraminiferal assemblages of the coastal lagoons of Brithis Honduras. pp 621-643. En AYALA CASTAÑARES (comp.) *Lagunas Costeras, Un Simposio. Mem. Sim. Intern. Lagunas Costeras*. UNAM-UNESCO. Nov. 28-30.
- WEIDIE, A. E., 1974. Field seminar on water and carbonate rocks of the Yucatan Peninsula, Mexico. New Orleans Geological Society. New Orleans, 274 p.

Recibido: 30 de marzo de 1999.

Aceptado: 29 de noviembre de 1999.