

CARACTERISTICAS QUIMICAS DE SEDIMENTOS DE LA BAHIA DE POZUELOS Y AREAS ADYACENTES.

JAIME BONILLA RUIZ, GILBERTO CEDEÑO Y BENITO R. GAMBOA.

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

RESUMEN: Con la finalidad de conocer las características geoquímicas de los sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes, se determinaron el contenido y distribución de la materia orgánica (carbono y nitrógeno orgánico, fósforo total, materia orgánica total, carbonato de calcio, razón C/N y N/P) y parámetros reductores (azufre, consumo de oxígeno y de KMnO_4). Los datos reflejan una distribución espacial de la materia orgánica más homogénea en comparación con los parámetros reductores. En general, el contenido de materia orgánica y de los parámetros reductores en estos sedimentos son bajos a pesar de ser granulométricamente sedimentos finos de tipo arcilla-limosa, arcilla-arenosa, arena fina y arena gruesa, de color gris-oscuro-negro-marrón, con aportes directos de sustancias orgánicas e inorgánicas suministrados por las descargas de desechos urbanos, industriales, agrícolas y escorrentías del río Neverí. Los valores más altos de C-org. (3,29%); azufre (2,62‰); consumo de oxígeno (320 ppm) y de KMnO_4 (67,54 mg de O_2 /g) en el área cercana a la desembocadura del río Neverí (Est. 27), indicando que son sedimentos altamente reductores. Mientras valores elevados de N-org. (0,542%); materia orgánica total (16,94%) y la razón N/P (2,55) fueron observados en Bahía de Bergantín, área de influencia de las refinerías Meneven y El Chaure. La mayor concentración de fósforo total (0,337%) se obtuvo en Guanta-Pertigalete y el resto del área con valores relativamente altos. El CaCO_3 señala valores moderados, fluctuando entre 46,10 -10,86% y la razón C/N con promedio cercano a 10, indicando un equilibrio entre la deposición de materia orgánica fresca y la descomposición orgánica. En general se encontró una clara relación lineal-positiva y significativa entre el C-org, con los otros parámetros orgánicos y reductores.

ABSTRACT: In order to know the geochemical characteristics on the surface sediments from the Pozuelos Bay and adjacent areas, the contents and distribution of organic matter (carbon and nitrogen organic, total phosphorus, total organic matter, calcium carbonate, C/N and N/P ratios), were determined, as well as reducing parameters (sulphur, oxygen and KMnO_4 consumption). The data reflected a more homogenous spatial distribution of organic matter, compared with the reducing parameters. In general, organic matter content and reducing parameters in these sediments were low in spite of the fact that they are granulometrically fine sediments of the slimy-arcillaceous types, sandy arcillaceous type; fine and gross sand and dark-gray and brownish black colours with direct contributions of both organic and inorganic substances supplied by the input of urban, industrial and agricultural debris, dregs and run off waters from the Neveri River. The highest values for C-org. (3.29%); Sulphur (2.62‰); oxygen consumption (320 ppm) and KMnO_4 consumption (67.54 mg O_2 /g); were observed the area near the mouth of the Neveri River (Est. 27) indicating highly reduced sediments. While high values of N-org. (0.542), total organic matter (16.94%) and the N/P ratio (2.55) were observed in the Bergantin Bay, area influenced by Meneven and El Chaure refineries. The largest concentrations of total phosphorous (0.337%) was obtained in Guanta-Pertigalete sediments, but, the remainder of the area had relatively high values. The CO_3Ca showed moderate values oscillating between 46.10-10.86% and the C/N ratio with a near 10 average, thus indicating a balance between the deposition of fresh organic matter and the organic decomposition. In general, a clear and significant positive lineal relationship between C-org. and the other organic and reducer parameters was found.

INTRODUCCION

En general, las áreas costeras poseen elevada producción de materia orgánica, tanto en las masas de agua como en los sedimentos, si la comparamos

con el contenido del mar afuera. Para un mayor aprovechamiento biogeoquímico de este potencial orgánico en los sedimentos costeros es importante conocer las características y procesos físico-químicos y biogeo-químicos de las mismas, y evaluar el grado

de contaminación y toxicidad existente.

Esto por cuanto las áreas costeras son el receptáculo de la mayoría de los desechos procedentes de las traer como consecuencia un incremento de metales trazas, ya que son fácilmente absorbidas por las partículas de materia orgánica en suspensión, como los detritus orgánicos e inorgánicos que luego se depositan en el fondo y se fijan en los sedimentos. También, por los fenómenos de desorción, precipitación, difusión, reacciones químicas (formación de complejos) y biodeposición en la interfase agua⇌sedimentos.

La materia orgánica en los bioecosistemas costeros es muy importante ya que ejerce control sobre los cambios diagenéticos que ocurren en los sedimentos; además juega papel determinante en la ecología y en la biogeoquímica marina; ya que provee parte de la energía, alimentos, vitaminas, minerales, etc., para las bacterias, fauna y flora marina.

Hasta el presente es escasa la información disponible sobre la posible contaminación de los sedimentos de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes, excepto los trabajos sobre: algunos contaminantes en las aguas de desechos de la Refinería de Meneven y El Chaure (ORTIZ, 1981), metales pesados y materia orgánica (SOSA DE PÉREZ, 1982); efectos de los hidrocarburos sobre el fitoplancton (GÓMEZ DE CEDEÑO, *et al*, 1984) y metales pesados (GAMBOA, BONILLA & CEDEÑO, 1986).

Por otra parte se han investigado las características químicas de sedimentos de áreas cercanas, tales como lo reportan los trabajos de SELLIER DE CIVRIEUX & BONILLA, 1971; BONILLA & LIN, 1979; BONILLA, 1982; GAMBOA & BONILLA, 1983 y BONILLA *et al*, 1985. Por otra parte, las condiciones hidroquímicas en las masas de agua del Golfo de Santa Fé, de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes, fueron estudiadas por OKUDA (1975, 1981) y GARCÍA *et al*, 1983.

Sin embargo, tomando en cuenta el incremento y rápido desarrollo urbanístico e industrial de dicha región, y por considerarse a la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes como un receptáculo de las descargas del río Neverí y de desechos de las refinerías, carga y descarga de buques tanqueros, y los drenajes

domésticos, agrícolas e industriales, de las áreas urbanas de Barcelona, Pto. La Cruz, El Chaure, Guanta, Lechería, etc. Por otro lado tomando en consideración la variación estacional de la intensidad de surgencia causada por el efecto de los vientos alisios (OKUDA, 1981); es importante evaluar el estado actual del medio ambiente sedimentario, en base al conocimiento del grado de alteración orgánica de los sedimentos, mediante el contenido y distribución de la materia orgánica y de algunos parámetros reductores en los sedimentos superficiales de este bioecosistema costero, todo lo cual nos dará una idea del posible estado de contaminación que presenta en la actualidad el ecosistema marino.

AREA DE ESTUDIO

La Bahía de Pozuelos (Fig. 1) está situada en la costa norte del estado Anzoátegui, entre el Morro de Barcelona y la Bahía de Bergantín circunscripta por varias islas tales como Cayo Borracha, El Borrachito, Los Borrachitos, Chimana Grande, Chimana del Oeste y Chimana Sur. Esta bahía tiene comunicación con las áreas adyacentes a través de los pasos entre las islas y entre éstas y el continente. El área cercana a la costa de la zona en estudio no presenta profundidades mayores de 10 m, oscilando la parte central entre 20 y 50 m. El principal río que desemboca en la playa Maurica, al suroeste del Morro de Barcelona, es el río Neverí, cuyo transporte neto superficial se dirige hacia el noroeste debido a que los vientos alisios soplan predominantemente del noreste y del este (OKUDA, 1981). Las condiciones ambientales imperantes en el ecosistema en estudio, determinan que la estructura de las masas de agua de la zona, están conformadas por aguas superficiales (temperatura, mayor de 24°C y salinidad inferior a 36,7‰), subtropicales (temperatura 21-24°C y salinidad superior a 36,7‰) y subsuperficiales (temperatura inferior a 21°C y salinidad menor de 36,7‰); cuya permanencia en el área de estudio, depende de la intensidad de los vientos alisios (fuertes, moderados y débiles) que provocan modificación en la magnitud de la surgencia. Esto causa el desplazamiento y ocupación de las masas de agua en esta área, y cuya variación es determinada por el cambio estacional en la magnitud de la renovación de las aguas superficiales (OKUDA, 1981).

La Bahía de Pozuelos recibe las descargas cloacales de las ciudades de Puerto La Cruz, Barcelona, Guanta y Lecherías, desechos industriales de las diferentes refinерías, industrias y factorías ubicadas en el área, que posiblemente producen alteraciones en las condiciones ambientales (agua-sedimentos) del biotopo en estudio.

Las muestras de sedimentos se tamizaron y se desecaron en un liofilizador tipo UNI-TRAP, modelo 10-110 a 50°C; luego el sedimento se homogenizó mediante trituración mecánica, para realizar los análisis químicos por triplicado, según los métodos clásicos usados en la química de sedimentos marinos (BONILLA & LIN, 1979).

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes, se recolectaron con una draga tipo Wabo N° 214 de 0,02 m² de área en 29 estaciones (Fig. 1), en 1980, durante el crucero oceanográfico B/GII-OQO5 a bordo del buque Guaiquerí II del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente.

RESULTADOS Y DISCUSION

La distribución espacial de las diferentes especies químicas se representan gráficamente en las Figs. 2 al 7; el contenido orgánico y de los parámetros reductores en la Tabla 1 y su comparación con otras áreas del Centro y Oriente de Venezuela, Tabla 2. Correlación del C-org. con los parámetros orgánicos y reductores se aprecian en las Gráficas 8 y 9.

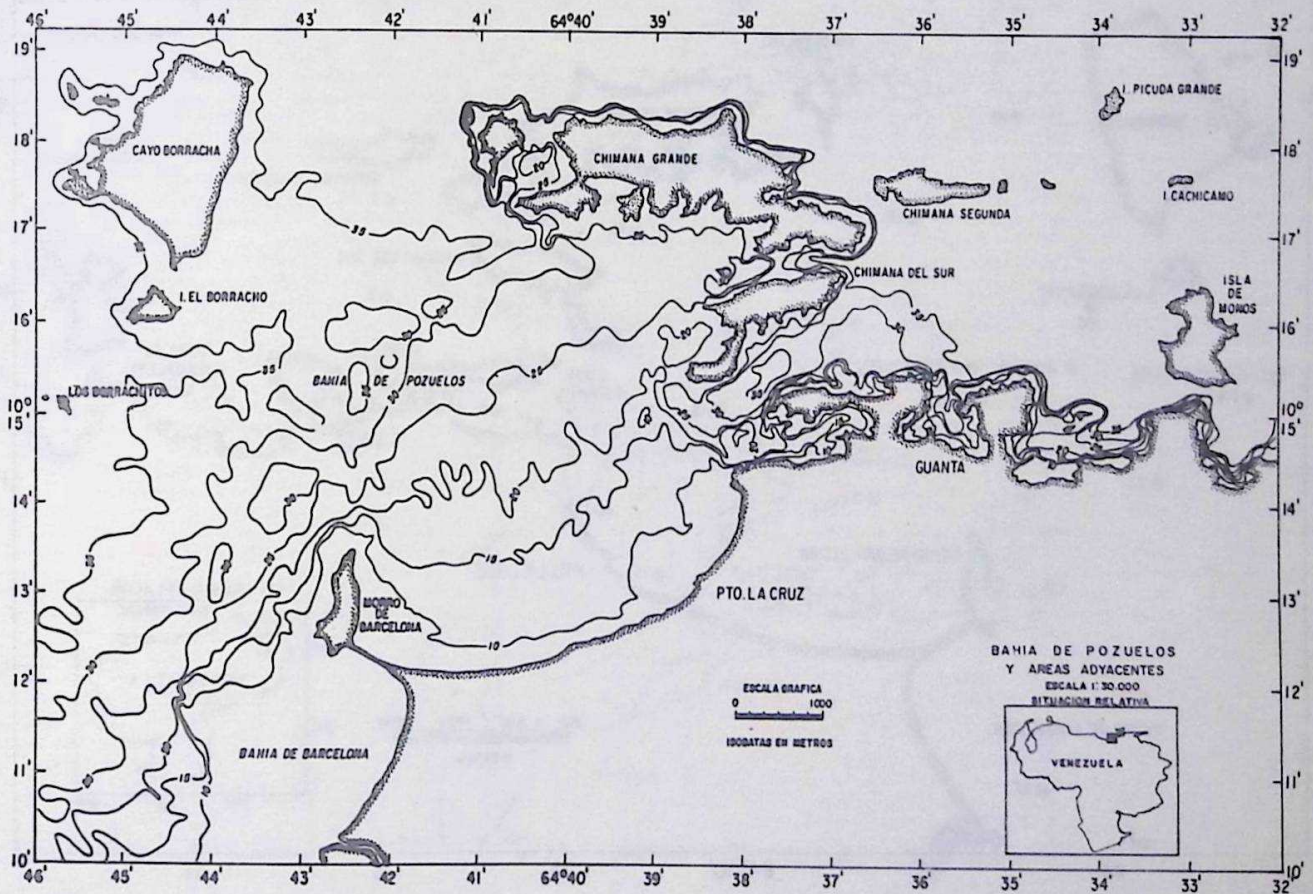


Fig. 1. (a). Mapa batimétrico del área de la investigación.

En general los sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes se caracterizan por ser granulométricamente arcillas-limosas, arcilla-arenosa, arena fina, arena gruesa (Est. 14), con restos de conchas; de un color gris oscuro-negromarrón.

Las características químicas de los sedimentos del bioecosistema estudiado son representados en 5 zonas según la Tabla 1. En general se aprecian diferencias moderadas entre la materia orgánica y los parámetros reductores entre las zonas, con las más altas concentraciones en la Bahía de Barcelona y valores relativamente elevados en Bahía de Bergantín, área de Puerto La Cruz; y Guanta-Pertigalete, excep-

to consumo de oxígeno y KMnO_4 que son los valores más bajos, concentraciones decrecientes en Bahía de Pozuelos. En general altas concentraciones de fósforo total se encontraron en todas las áreas, excepto en Bahía de Barcelona que presenta valores moderados. De los parámetros reductores el más significativo es el del azufre que es muy similar en casi toda el área, aunque se observó un valor extremo (2,62%) en Bahía de Barcelona (Est. 27).

CARBONO Y NITRÓGENO ORGÁNICO

Se aprecia en la Fig. 2 que la distribución horizontal del carbono y nitrógeno orgánico presentan la misma evolución, siendo muy similares en todas las áreas del bioecosistema en estudio. Sin embargo, se

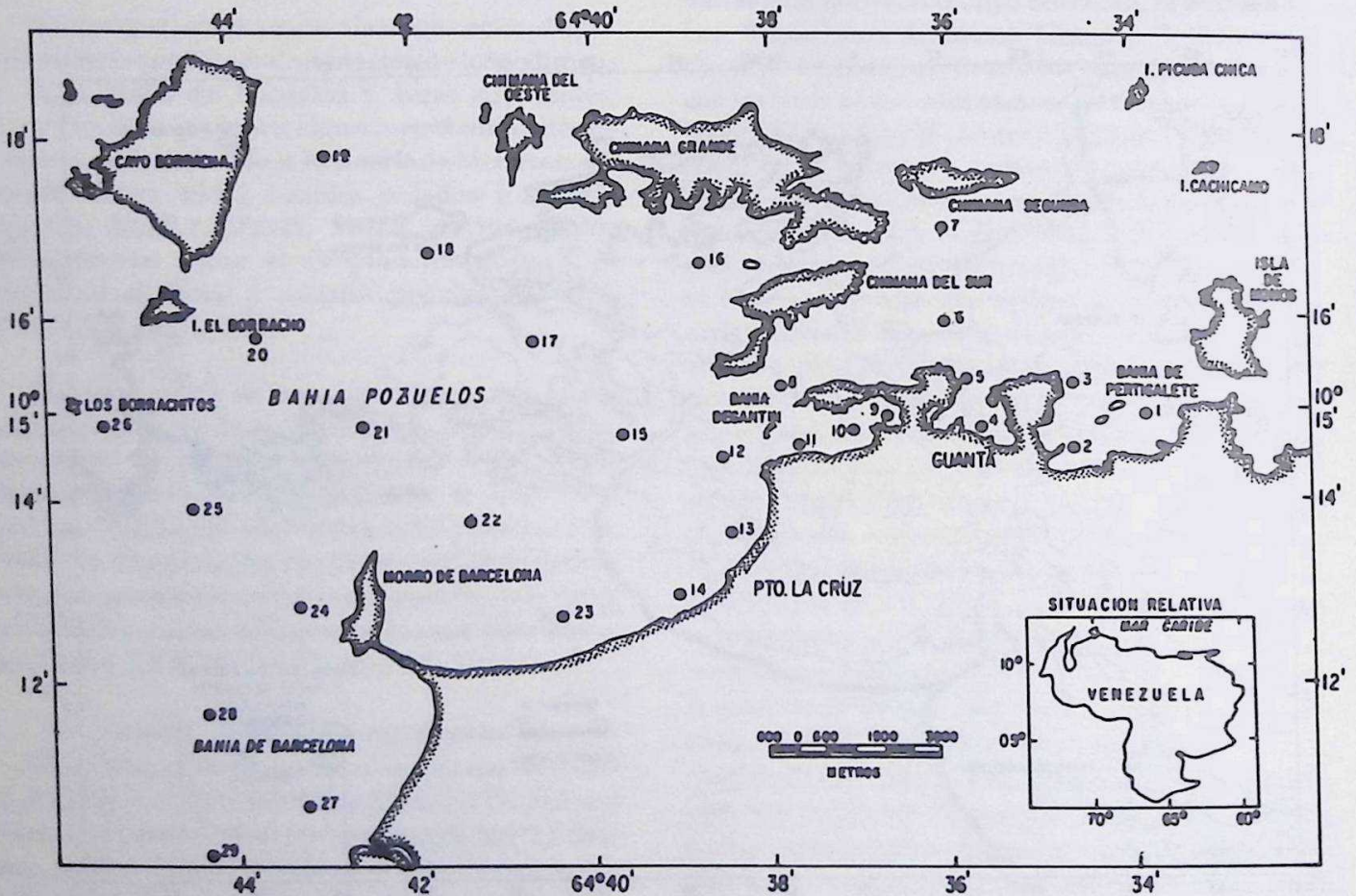


Fig. 1. (b). Mapa indicando las estaciones de recolección de sedimentos.

registraron elevadas concentraciones de carbono (3,29%) y de nitrógeno (0,542) en Bahía de Barcelona y Bergantín respectivamente; principalmente en la Est. 27 frente a la desembocadura del río Neverí, la cual está influenciada por la deposición del material, orgánico e inorgánico y el aporte originado por el drenaje de este río, el cual acarrea los desechos provenientes de áreas agrícolas aledañas, urbana e industrial de Barcelona, Puerto La Cruz y Bahía de Bergantín (Ests. 9, 10, 11 y 12) también, por los aportes de los desechos de las refinerías de Meneven y El Chaure. Valores moderados de carbono y nitrógeno orgánico se aprecian desde el Morro de Barcelona hasta Puerto La Cruz, y áreas de las islas Chimanas, y bajas concentraciones en la zona central de Bahía de Pozuelos. Sin embargo, las menores concentraciones

de carbono (0,185%) y nitrógeno orgánico (0,012%) se obtuvieron en la Est. 14 en el área de Pto. La Cruz, que texturalmente es un sedimento de tipo arena gruesa. A pesar de la variación regional que se observa, tanto en los valores del carbono como del nitrógeno orgánico en el bioecosistema en estudio (Fig. 2), la concentración promedio es muy similar en cada una de las áreas (Tabla 1), excepto en la Bahía de Bergantín donde se presenta un mayor contenido de carbono (2,25%) y nitrógeno (0,280%) caracterizados por ser texturalmente un sedimento de tipo arcilla-limosa de color gris marrón-negro. A pesar de tener estas características geológicas las concentraciones orgánicas son en general bajas, si las comparamos con otras áreas marinas costeras de similar composición granulométrica lo que evidencia el efecto biogeoquímico en

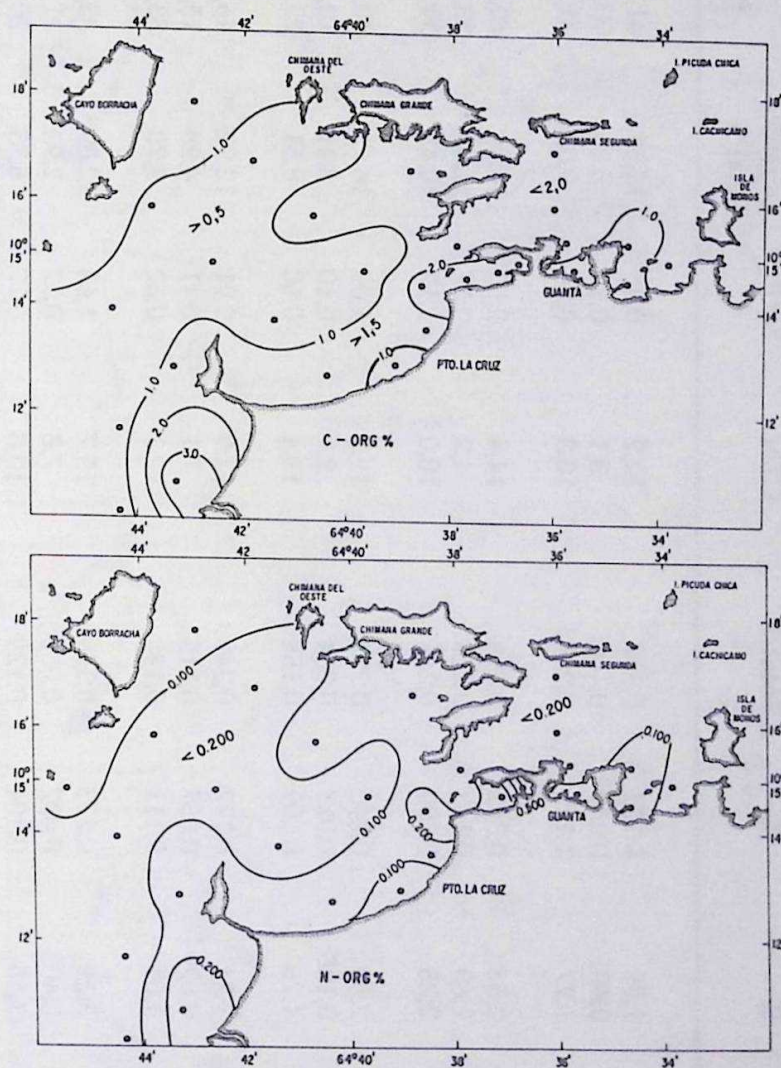


Fig. 2. Distribución horizontal del carbono y nitrógeno orgánico.

TABLA 1 CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES EN DIFERENTES AREAS DEL BIOECOSISTEMA ESTUDIADO.

Areas	C-Org. %	N/Org. %	Fósforo Total %	C/N	N/P	Materia Orgánica Total %	CO ₃ Ca %	Azufre ‰	Consumo Oxig. ppm	Consumo KMnO ₄ mgO ₂ /g
1	Máx	1,88	0,172	12,2	0,85	15,58	41,39	0,489	93,26	26,25
	Mín.	0,401	0,050	8,1	0,26	5,91	20,42	0,337	37,47	1,18
	Prom	1,27	1,121	10,3	0,56	9,05	31,77	0,344	60,79	13,20
2	Máx.	2,58	0,542	14,4	2,55	16,94	42,83	0,588	123,05	48,78
	Mín.	1,69	0,149	4,2	0,57	11,46	23,50		54,29	25,10
	Prom	2,25	0,280	10,0	1,17	10,48	34,73		74,31	36,97
3	Máx	2,50	0,240	19,2	1,09	16,73	40,93	0,440	146,17	39,37
	Mín.	0,185	0,012	9,0	0,10	2,41	10,86	0,096	63,31	0,00
	Prom	1,26	0,109	13,4	0,60	8,51	28,33	0,252	100,27	20,20
4	Máx.	1,24	0,177	12,9	0,91	12,92	46,40	0,441	197,58	43,31
	Mín	0,699	0,057	7,1	0,41	4,98	15,77	0,126	90,57	0,00
	Prom.	1,08	0,111	10,1	0,62	9,70	33,18	0,278	138,93	20,98
5	Máx.	3,29	0,233	15,7	1,64	12,09	35,35	2,621	319,87	67,54
	Mín	0,403	0,032	7,8	0,37	2,92	11,97	0,129	54,76	1,37
	Prom	1,15	0,104	10,8	0,77	6,35	20,32	0,634	150,09	26,96

1 = Guanta-Pertigalete
4 = Bahía de Pozuelos

2 = Bahía de Bergantín
5 = Bahía de Barcelona.

3 = Puerto La Cruz

estos sedimentos por la acción bacteriana, también, reflejado en las altas concentraciones del azufre, y el fósforo total, siendo parecido el valor obtenido en el área de Guanta-Pertigalete.

MATERIA ORGÁNICA TOTAL Y FÓSFORO TOTAL

En la Fig. 3 se representa la distribución espacial de la materia orgánica total, la cual es más uniforme si la comparamos con el desplazamiento horizontal irregular de las isolíneas del fósforo total, el cual muestra incrementos desde Bahía de Barcelona, área de Puerto La Cruz hacia Bahía de Pozuelos, donde los valores del fósforo son muy uniformes (0,150%),

aumentando este valor desde la parte oriental de Puerto La Cruz hacia la Bahía de Bergantín y Guanta-Pertigalete donde se aprecian los máximos valores de fósforo al sur de Chimana Segunda (0,200-0,337%) y Chimana Grande (0,250%). La mayor concentración de materia orgánica total (16,94%) se obtienen en la Bahía de Bergantín, y en las áreas de Puerto La Cruz (16,73%) y en Guanta-Pertigalete (15,50%); encontrándose el menor valor (2,41%) en Puerto La Cruz (Est. 15) y Bahía de Barcelona (2,92%) en las Ests. 28 y 29 que son sedimentos del tipo arena. Posiblemente la alta concentración de materia orgánica total en esas áreas se debe al aporte orgánico de los diferentes desechos urbanos de las

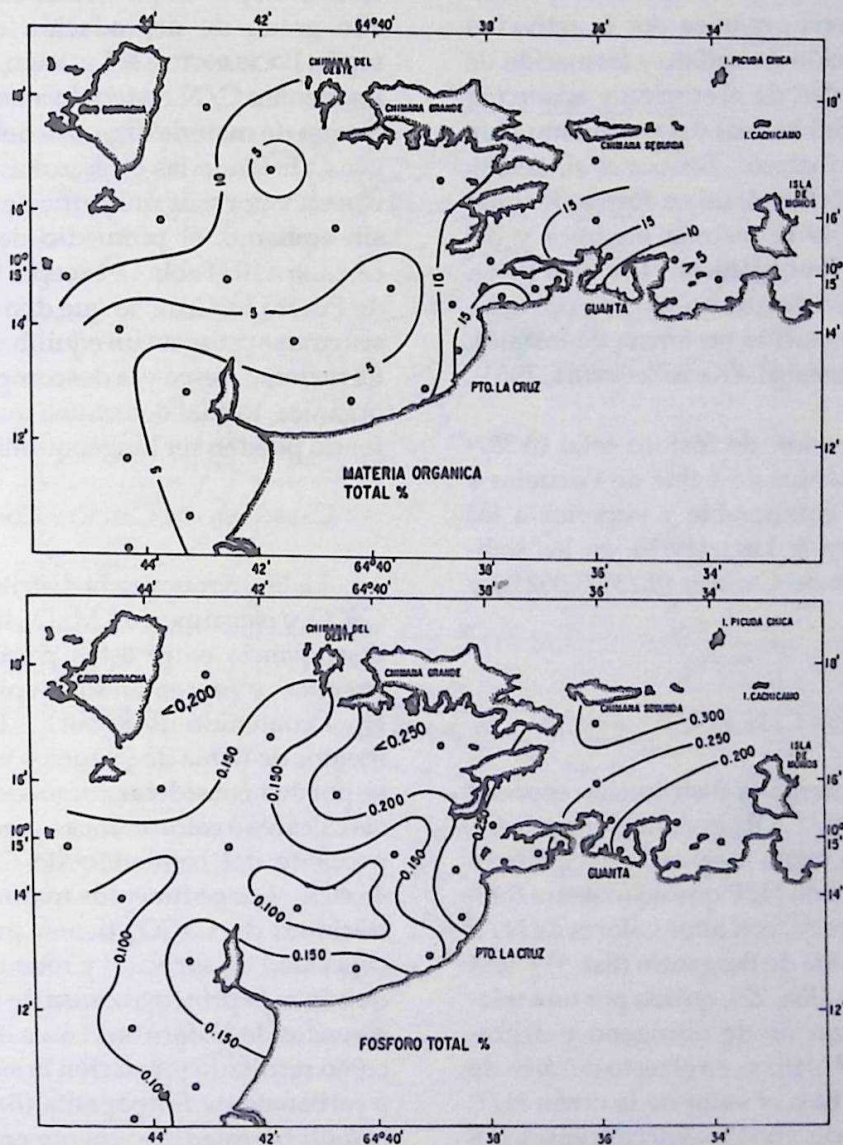


Fig. 3. Distribución espacial de la materia orgánica total y fósforo total.

poblaciones de Puerto La Cruz y Guanta; efluentes industriales de las refinerías Meneven y El Chaure, por otro lado, favorece el incremento la biodeposición orgánica. Es interesante resaltar que las Bahías de Barcelona y Pozuelos presentan el mismo fenómeno que se observó para el fósforo total, con una concentración de materia orgánica total casi uniforme ($\pm 5\%$), incrementándose hacia el sur-este de Cayo Borracha.

La relativa elevada concentración de fósforo total en las mismas áreas se debe a que posiblemente son biotopos florecientes en plancton rico en fósforo, el cual es removido posterior a la deposición y penetración de la materia orgánica, quizás también, a procesos bioquímicos de descomposición y mineralización de la materia orgánica por la actividad bacteriana con reducción de sulfato y formación de amonio y a la capacidad de absorción y adsorción (anóxica, reducción del hierro) del sedimento para incorporar y fijar el fósforo. BROOKS *et al.*, (1968); confirmaron que el fósforo total en forma de iones fosfatos es liberado de la materia orgánica y del fósforo metálico (Fe Pinorgánico). Por otra parte, considerable liberación de fósforo ocurre poco tiempo después de la deposición en forma de fosfatos, orto-fosfatos y poly-fosfatos. (KROM & BERNER, 1981).

La alta concentración de fósforo total (0,337-0,086%) en los sedimentos de Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes es comparable y superior a los obtenidos por BONILLA & LIN, (1979); en los sedimentos de los Golfos de Cariaco (0,239-0,052%) y Paria (0,198-0,102%).

RAZONES C/N Y N/P

La figura 4 representa la distribución espacial de las razones C/N y N/P. Observándose una distribución regional de la razón C/N muy irregular en comparación con la razón N/P que no muestra fluctuación espacial marcada, con altos valores de N/P (2,55) en el área de Bahía de Bergantín (Est. 9) y 1,64 en Bahía de Barcelona (Est. 27), quizás por una relativa elevada concentración de nitrógeno y degradación más rápida del fósforo, en el resto del área de estudio se encuentra bajo el valor de la razón N/P (Fig. 4 y Tabla 1), debido a una mayor concentración de fósforo. En general, la razón N/P (2,55 a 0,10) en

los sedimentos de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes es baja si la comparamos con los valores de las razones N/P (6,27-0,29 y 3,85-0,54) de los Golfos de Cariaco y Paria, respectivamente (BONILLA & LIN, 1979); lo que está demostrando el bajo contenido de nitrógeno y un relativo incremento de fósforo en el bioecosistema.

La razón C/N se presenta alta en el área de Puerto La Cruz (19,2) y Bahía de Barcelona (15,7) denotando el grado de asociación y la naturaleza del sedimento de características arenosas con un alto índice de variabilidad en la descomposición y deposición de la materia orgánica fresca, siendo más fácilmente liberado el nitrógeno el cual puede actuar en estos biotopos en particular como un indicador del alto grado de degradación orgánica. También, según POCKLINGTON & LEONARD, 1979, el alto valor de las razones C/N es debido a una significativa contribución de materia orgánica del origen vegetal terrígena. Estando las otras zonas del área de estudio, con un valor más uniforme de la razón C/N (8-12), sin embargo, el promedio de esta razón es muy cercano a 10 (Tabla 1), excepto los valores en la zona de Puerto La Cruz, lo que demuestra que en el ecosistema se presenta un equilibrio entre la deposición de material fresco y la descomposición de la materia orgánica, lo cual determina que las condiciones del fondo pueden ser biogeoquímicamente ideales.

CARBONATO DE CALCIO Y CONSUMO DE $KMnO_4$

La Fig. 5 muestra la distribución horizontal del $CaCO_3$ y consumo de $KMnO_4$, notándose la marcada discrepancia entre estos parámetros, siendo más irregular y presentando desplazamiento diferente en el contenido de $KMnO_4$. En general, los sedimentos de Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes no se pueden considerar como sedimentos de influencia calcárea ó calcareníticas, a pesar de la fluctuación oscilante del contenido de $CaCO_3$ entre 10,86 a 46,40%. Los sedimentos marinos con altas concentraciones de $CaCO_3$ tienen gran influencia en la capacidad de sorpción y retención del fósforo; esto quizás es la principal causa de los relativos valores elevados de fósforo en el área de estudio (Tabla 1) y como resultado formación *in situ* de hidroxapatita o carbonato de fluoroapatita (BROOKS *et al.* 1968). Se comprobó estadísticamente en los sedimentos superficiales de Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes,

la existencia de una asociación de fósforo-carbonato de calcio, con correlación positiva y altamente significativa ($r = 0,70$).

Los mayores valores del consumo de KMnO_4 ($67,54 \text{ mg/O}_2/\text{g}$) se presentan en Bahía de Barcelona (Est. 27); concentraciones relativamente altas ($48,78 \text{ mgO}_2/\text{g}$) en Bahía de Bergantín (Est. 11) y Bahía de Pozuelos ($43,31 \text{ mgO}_2/\text{g}$) al Este de Cayo Borracha (Est. 19) y Sur de Chimana Grande ($40,20 \text{ mg/O}_2/\text{g}$) en la Est. 15. En general, este índice de KMnO_4 puede indicar que los sedimentos superficiales del área en estudio presentan alta capacidad reductora, evidenciándose que superficialmente se efectúa una conti-

nua descomposición de la materia orgánica, corroborada por las altas concentraciones de consumo de oxígeno y azufre.

Igual fenómeno reportó OKUDA *et al*; 1965; en las aguas y sedimentos superficiales de la Laguna Unare, y lo atribuyó a la acción de los vientos alisios que remueven la materia orgánica del fondo y la mantienen en suspensión, produciendo esto un decrecimiento del oxígeno disuelto en la columna de agua y un aumento del consumo de oxígeno y permanganato de potasio, al igual que el contenido del azufre. (Figs. 5 y 6).

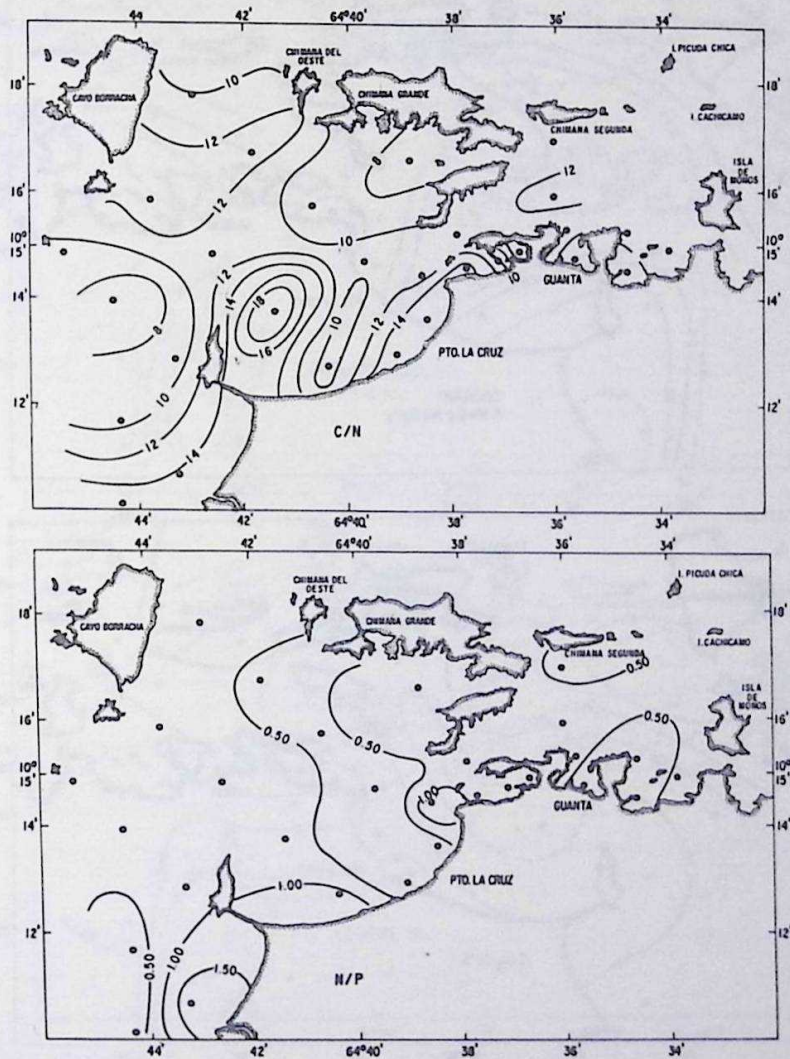


Fig. 4. Distribución horizontal de las razones C/N y N/P.

CONSUMO DE OXÍGENO-AZUFRE

Para dar una idea más clara de la capacidad reductora de los sedimentos superficiales de Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes en la Fig. 6. se señala la distribución espacial del consumo de oxígeno y azufre, que son divergentes, presentando fluctuaciones más irregulares en el azufre. El consumo de oxígeno señala altas concentraciones (319,87 ppm) al igual que el azufre (2,62‰) en el área de Bahía de Barcelona (Est. 27). Bajos valores (50 ppm) de consumo de oxígeno en Guanta-Pertigalete y en el resto del área oscila entre 100 y 150 ppm. En general, el consumo de oxígeno es bajo (excepto el valor de la

Est. 27) si lo comparamos con los datos reportados por OKUDA & GÓMEZ, 1964, para los sedimentos de la región nororiental de Venezuela. El consumo de oxígeno se realizó a una temperatura de 23 ± 4 °C, siendo este factor el que tiene gran influencia sobre el mismo. La relación C-org. consumo de oxígeno de los sedimentos de Pozuelos y áreas adyacentes no es tan clara, y no presenta ninguna tendencia positiva a la correlación ($r = 0,27$), como la de la región Nororiental de Venezuela, (OKUDA & GÓMEZ, 1964).

El azufre presenta una distribución espacial de su concentración oscilando de 0,096 a 0,588‰, en la

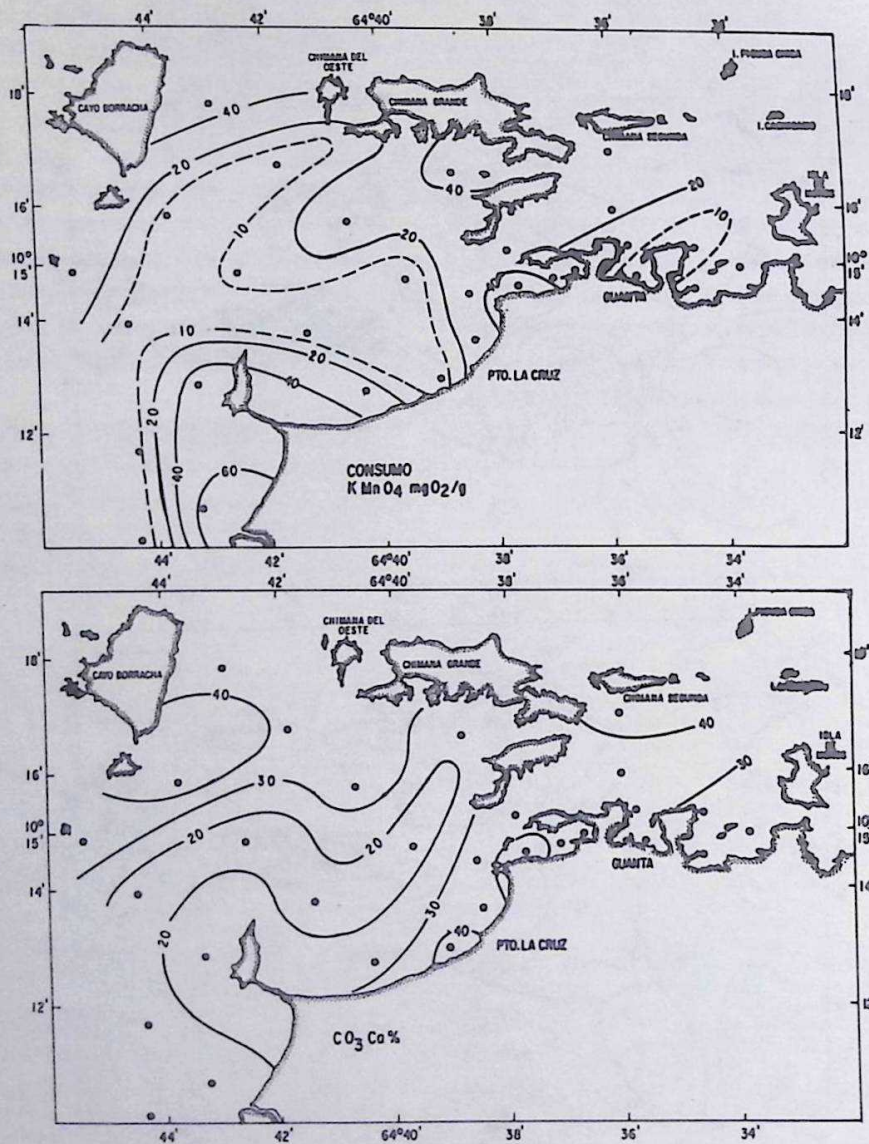


Fig. 5. Distribución espacial del consumo de $KMnO_4$ y carbonato de calcio.

zona investigada a excepción de Bahía de Barcelona con valor alto de 2,62‰ (Tabla 1). Estos índices en general señalan cierta acción reductora excepto en el área de Bahía de Barcelona donde impera sedimentos anóxicos con una condición altamente reductora, siendo influenciados por factores abióticos y de elevado contenido orgánico (DALE, 1978).

En general en este ecosistema esto determina que los sedimentos de Bahía de Pozuelos, y áreas adyacentes tienen alta o baja actividad anaeróbica, causada por el aporte orgánico y de la escorrentía del río Neverí que acarrea desechos industriales, agrícola

las y domésticos de las áreas adyacentes, lo cual favorece el proceso bioquímico de oxidación orgánica y degradación biogénica, cuyos productos de descomposición incluyen principalmente los nutrientes amonio y fosfato, los cuales son liberados del sedimento a la columna de agua por mezcla (biogénica o no biogénica) y difusión lo que incrementa la productividad biológica y orgánica. Para conocer la razón del metabolismo bacteriano y la naturaleza de la materia orgánica. La Fig. 9, señala una buena correlación positiva y de alta significación entre C-org. con el azufre ($r = 0,84$) y con el $KMnO_4$ ($r = 0,81$) demostrando que existe una tendencia de alta

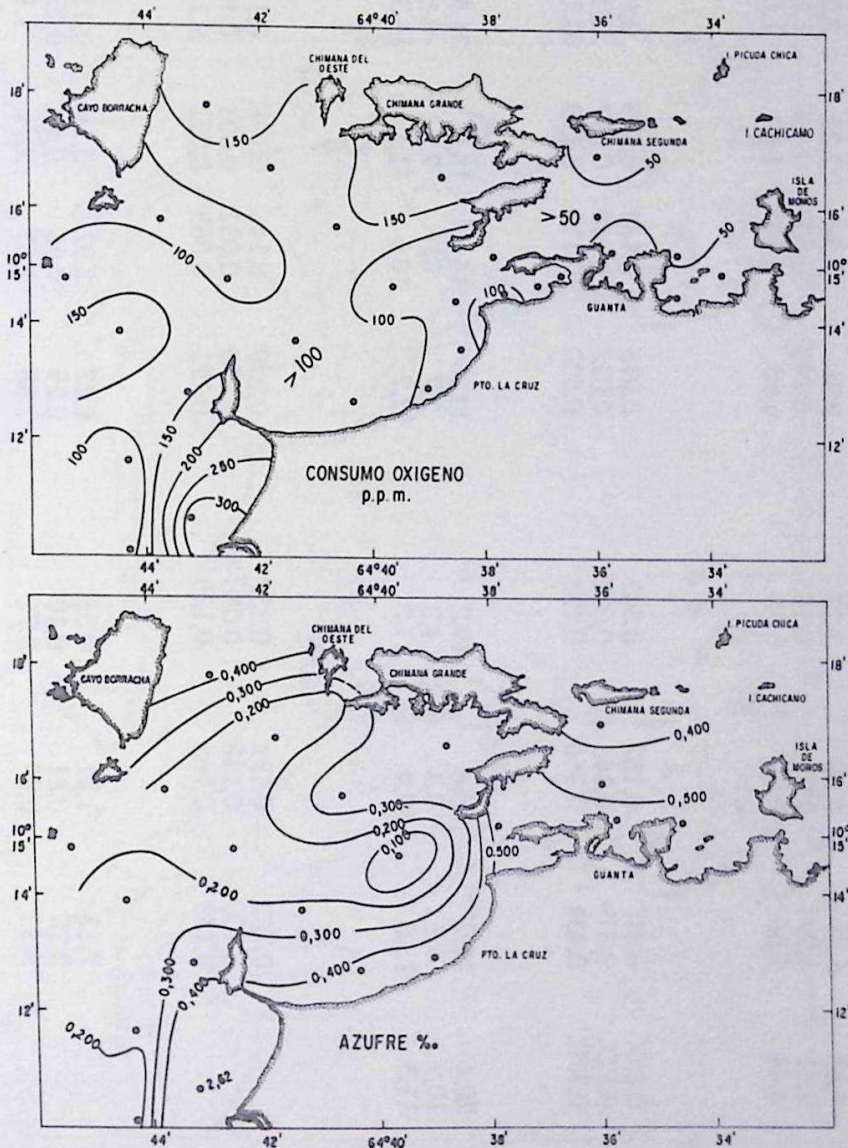


Fig. 6. Distribución horizontal del consumo de oxígeno y el azufre.

TABLA 2. COMPARACION DEL CONTENIDO DE LA MATERIA ORGANICA EN SEDIMENTOS DE LAS REGIONES CENTRALES Y ORIENTALES DE VENEZUELA

Parámetro	Fosa de Cariaco	Plataf. Pozuelos Areas Adayacentes	Golfo de Cariaco	Golfo de Paria	Zona Nor-Oriental de Venezuela	Plataforma Río Orinoco	Río Orinoco				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C-Orgánico %											
Máx	5,85	6,28	2,39	3,29	8,86	2,36	2,29	2,21	5,03	2,22	1,58
Mín	2,81	4,29	1,73	0,185	0,295	0,507	0,960	1,15	0,184	1,52	0,38
Prom	4,44	5,56	2,01	1,33	4,60	1,18	1,42	1,60	0,01	1,84	0,87
N-Orgánico %											
Máx	0,637	0,817	0,187	0,542	0,915	0,162	0,173	0,188	0,422	0,212	0,149
Mín	0,127	0,319	0,143	0,032	0,023	0,040	0,082	0,062	0,015	0,102	0,022
Prom	0,370	0,431	0,166	0,135	0,400	0,113	0,129	0,119	0,103	0,180	0,073
C/N											
Máx	20,4	19,2	16,8	19,2	20,9	16,5	15,9	21,5	14,7	17,0	21,0
Mín	10,9	6,8	9,3	4,2	7,7	6,0	7,3	8,8	5,6	7,9	6,3
Prom	11,3	13,6	12,4	11,0	12,2	10,6	11,1	14,3	9,7	10,5	12,5
Fósforo Total											
Máx	0,152	0,199	0,199	0,337	0,239	0,146	0,198	0,124	0,124	0,092	0,061
Mín	0,100	0,148	0,148	0,086	0,055	0,032	0,021	0,107	0,083	0,083	0,018
Prom	0,133	0,168	0,168	0,125	0,121	0,065	0,052	0,114	0,087	0,087	0,032
N/P											
Máx	7,12	1,21	1,21	2,55	6,27	2,92	5,18	0,157	2,43	2,43	4,21
Mín	2,28	0,81	0,81	0,10	0,29	0,68	0,41	0,058	1,19	1,19	0,47
Prom	5,52	0,99	0,99	0,71	2,88	1,83	2,94	1,10	1,96	1,96	1,77
Carbohidratos mg/g											
Máx	17,52	17,52	2,52	2,55	31,20	2,79	1,66	1,88	1,89	1,89	1,04
Mín	8,38	8,38	1,24	0,10	0,40	0,32	0,32	1,50	1,28	1,28	0,14
Prom	11,39	11,39	1,72	0,71	10,93	1,01	0,85	1,85	1,59	1,59	0,78

5-6 v 7 Bonilla & Lin, (1979); 8 Bonilla et al, (1985); 9-Okuda & Gómez (1964); 10 y 11 Bonilla et al, (1985).

concentración del C-org. asociado con elevado contenido de azufre y KMnO_4 . Igual fenómeno reportaron Goldhaber & Kaplan, (1975) para diferentes ambientes sedimentarios, lo cual implica que una constante proporción de materia orgánica depositada es bacteriamente utilizada, resultando liberado el azufre no disuelto, el cual es capaz de ser convertido en sulfuro de hierro. No obstante, estos sedimentos presentan un equilibrio en el proceso de deposición de material fresco y descomposición de la materia orgánica según se refleja en la razón C/N 10,8 (Tabla 1).

IÓN CLORURO Y CONTENIDO HÍDRICO

Para conocer la influencia del ión cloruro y la permeabilidad de los sedimentos, la Fig. 7 muestra la distribución espacial muy parecida del ión cloruro y el contenido de humedad de los sedimentos superficiales del área en estudio. El ión cloruro nos puede indicar el posible proceso de sedimentación, el cual según los datos es uniforme, con incremento desde el área de la costa hacia las islas. En la Fig. 9, se corrobora la influencia marina costera la cual muestra la existencia de una correlación positiva y significativa del C-orgánico con el ión cloruro

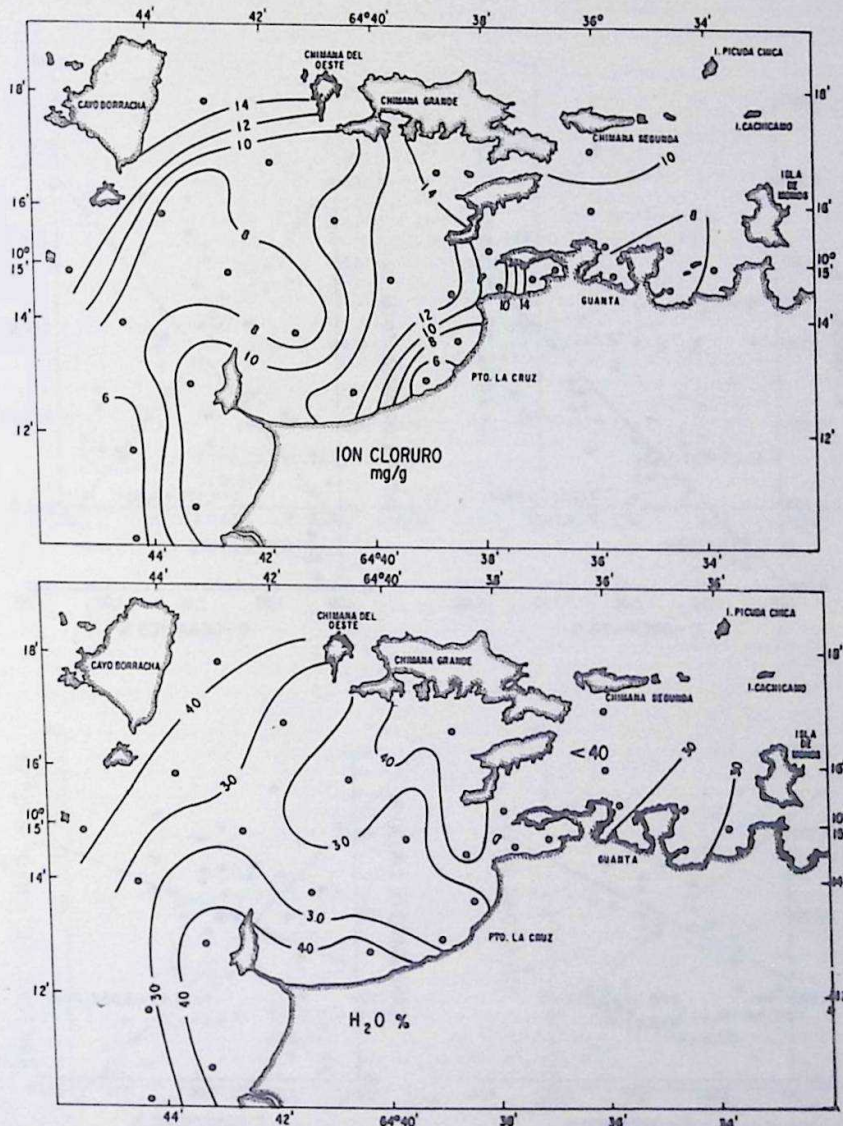


Fig. 7. Distribución espacial del ión cloruro y del contenido hídrico.

($r = 0,59$), lo que está indicando que existe una marcada influencia oceánica costera en los procesos de biodeposición en el área, lo cual incrementa la concentración de C-orgánico.

Los sedimentos de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes por estar constituidos por el tipo de partículas finas a arenas finas y gruesas, muestran un contenido hídrico relativamente alto (20-48%), señalando (Fig. 7), el grado de permeabilidad y el tipo de grano predominante, con cierta variación en la composición granulométrica dependiendo de la permeabilidad de el material sedimentario fresco por la

dinámica del ecosistema.

Con la finalidad de obtener cierta información de la influencia del contenido de la materia orgánica y de parámetros reductores en los sedimentos de Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes las Figs. 8 y 9 señalan las correlaciones de carbono con los otros parámetros orgánicos y reductores. En general, se aprecia correlación clara, y existe alta tendencia positiva entre carbono orgánico con el N-org; ($r = 0,76$); materia orgánica total, ($r = 0,67$); fósforo total ($r = 0,61$); el azufre ($r = 0,84$) y el consumo de $KMnO_4$ ($r = 0,81$) y no se obtuvo ninguna correlación del C-

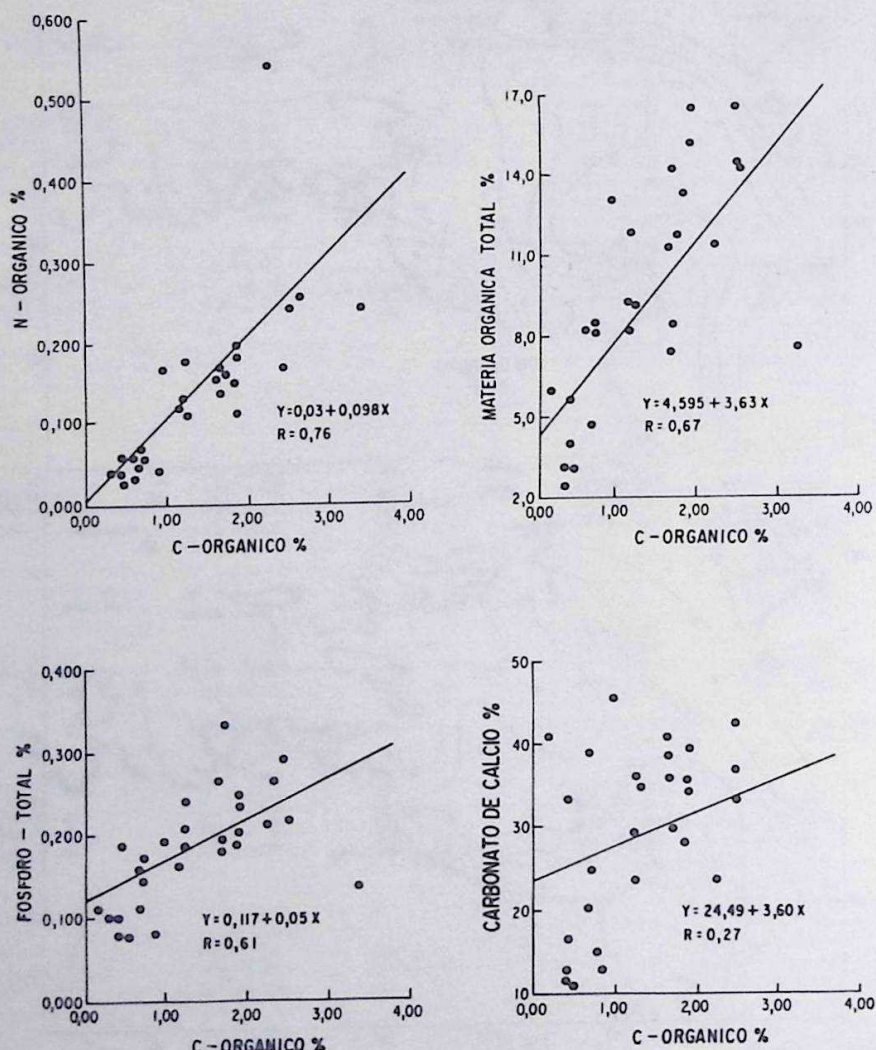


Fig. 8. Correlación del carbono orgánico con parámetros orgánicos.

orgánico con el consumo de oxígeno ($r = 0,27$) y el carbonato de calcio ($r = 0,27$); lo que demuestra que es una característica típica de estos sedimentos.

En la Tabla 2, se compara el contenido de la materia orgánica de los sedimentos superficiales de Bahía de Pozuelos, y áreas adyacentes con la obtenida en los distintos ambientes sedimentarios de las regiones centrales y orientales venezolanas. Se aprecia amplia discrepancia en el contenido de materia orgánica en los distintos bioecosistemas, presentando elevadas concentraciones en la Fosa (1 y 2) y el Golfo de Cariaco (5), si se compara con la plataforma

y áreas adyacentes (3 y 4), y con el resto de las regiones estudiadas. En la plataforma de Pozuelos y áreas adyacentes el contenido de materia orgánica es comparable al del Golfo de Paria (6, 7 y 8) y Plataforma río Orinoco (10), siendo superior al de la zona nororiental (9) y río Orinoco (11): OKUDA, (1981) reportó elevadas concentraciones de fósforo y amonio en las masas de agua en el área de la Bahía de Barcelona y bajos en el resto del ecosistema en estudio. Estos altos valores de las sales nutritivas quizás están influenciando las concentraciones existentes en los sedimentos de esas áreas, con un relativo incremento de la materia orgánica y de los

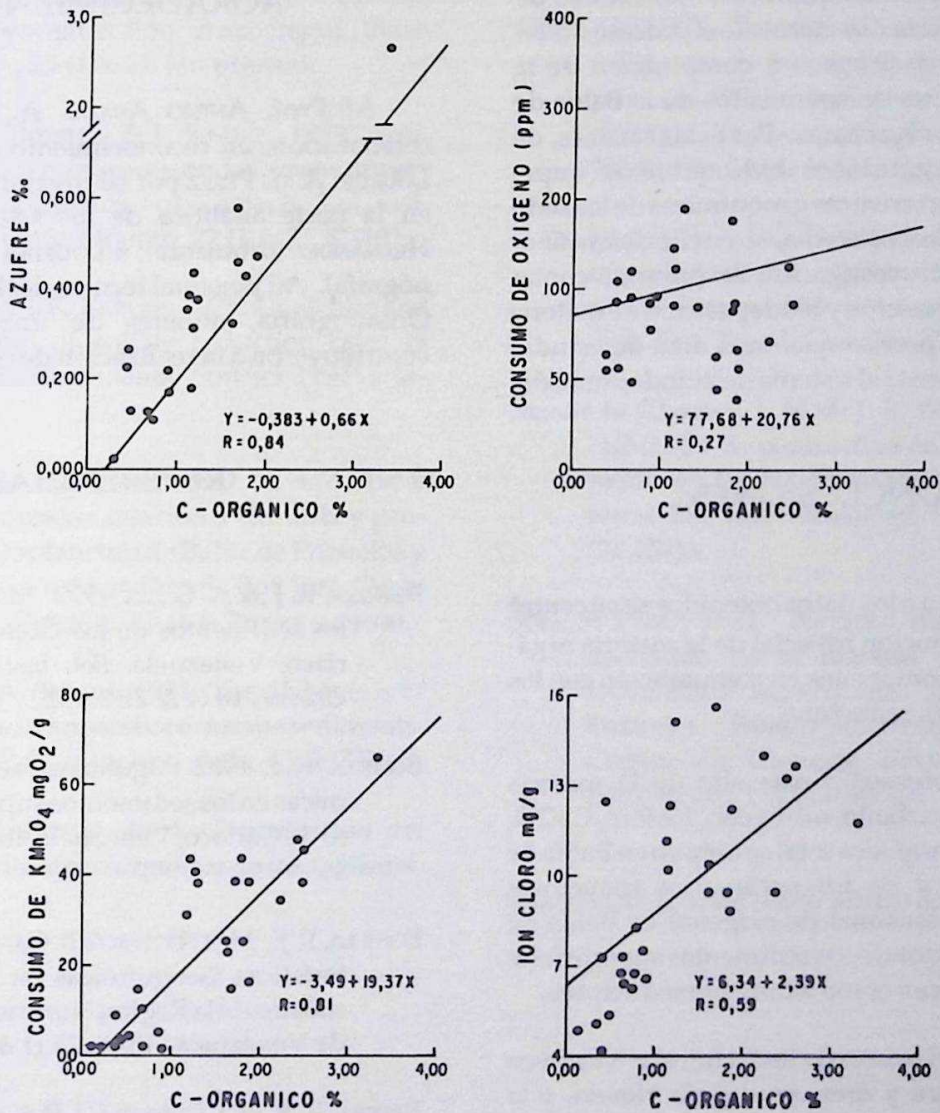


Fig. 9. Correlación del carbono orgánico con parámetros reductores.

parámetros reductores. Por otra parte, a pesar de recibir el ecosistema en estudio la escorrentía del río Neverí, descargas de aguas negras, desechos agrícolas e industriales de los diferentes centros urbanos, refinerías Meneven y El Chaure, al estar sus sedimentos constituidos granulométricamente en su mayoría por partículas finas (arcilla-limosa y arena fina-limosa), el contenido de la materia orgánica y la concentración de parámetros reductores es bajo; demostrando que no existe contaminación orgánica. Esto quizás es debido a la buena circulación, aireación y renovación de sus aguas, con alta producción biológica (GÓMEZ DE CEDEÑO *et al*, 1984) lo que sustenta un buen sistema de oxidación y depuración de la materia orgánica, para mantener el equilibrio entre la reducción y aporte de contaminantes mediante la degradación bioquímica e intercambio de sus aguas. Esto afecta directamente el proceso de deposición del material fresco y composición de la materia orgánica en los sedimentos de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes. Por estas razones, de acuerdo a las condiciones hidroquímicas imperantes, y a las características geoquímicas de los sedimentos de este bioecosistema, se puede determinar que el área de la investigación no presenta contaminación por deposición y biodeposición de materia orgánica, lo que precisa que en el área de estudio funciona eficazmente el sistema de autodepuración.

CONCLUSIONES

- 1.- De acuerdo a los datos obtenidos se encontró una distribución espacial de la materia orgánica más homogénea en comparación con los parámetros reductores.
- 2.- El valor promedio más alto de la materia orgánica (carbono, nitrógeno, fósforo, CaCO₃ y materia orgánica total se obtuvo en Bahía de Bergantín y de los parámetros reductores (azufre y consumo de oxígeno) en Bahía de Barcelona donde sus sedimentos superficiales se consideran como altamente reductores.
- 3.- A pesar del aporte de las Refinerías Meneven y El Chaure y drenajes del río Neverí, y la descarga de desechos domésticos, indus-

triales y agrícolas, el bioecosistema estudiado no presenta signos de contaminación orgánica, debido quizás al alto grado de autodepuración, por la buena circulación, aireación y renovación de sus aguas.

- 4.- Los valores reportados determinan que el probable origen de la materia orgánica es continental y marino, con una mayor influencia antropogénica.
- 5.- El tratamiento estadístico indica una positiva correlación del C-orgánico con los otros parámetros orgánicos y reductores.

AGRADECIMIENTOS

Al Prof. ANILIO ABADÍA A., por su valiosa colaboración, un reconocimiento especial a la Sra. LOURDES A. DE PÉREZ por su invaluable cooperación en la parte analítica de los sedimentos; a JESÚS HERNÁNDEZ (dibujante); a LOURDES DE RIVERO (mecanógrafa), y al personal técnico del Departamento de Oceanografía, quienes de una u otra forma contribuyeron a la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

- BONILLA, R. J., & A. L. LIN 1979. Materia orgánica en los sedimentos de los Golfos de Paria y Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 18 (1 & 2): 37-52.
- BONILLA, R. J. 1982. Algunas características geoquímicas en los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Ibid.* 21 (1 & 2): 133-155.
- BONILLA, R. J., M. Y. POYER. & B. GAMBOA. 1985. Características Geoquímicas en núcleos de sedimentos de la Región Nororiental y río Orinoco de Venezuela. *Ibid.*, 24 (1 & 2):
- BROOKS, R. R., B. J. PRESLEY & I. R. KAPLAN. 1968. Trace

- elements in the interstitial waters of marine sediments. *Geochim. et Cosmochim. Acta.* 32: 397-414.
- DALE, T. 1978. Total Chemical in biological oxygen consumption of the sediments in Lindaspollene, Western Norway. *Mar. Biol.* 49: 333-341.
- GAMBOA, B. & J. R. BONILLA 1983. Distribución de metales pesados (Fe, Mn, Cu, y Zn) en sedimentos superficiales de la cuenca Tuy-Cariaco. *Ibid.*, 22 (1 & 2): 103-110.
- GAMBOA, B., J. R. BONILLA & G. CEDEÑO. 1986. Concentración de algunos metales pesados en sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes Edo. Anzoátegui, Venezuela. *Ibid.*, 25 (1 & 2): (en prensa).
- GARCÍA A. J., J. R. BONILLA. & J. BENÍTEZ. 1983. Condiciones Hidroquímicas en las aguas superficiales de la Cuenca Tuy-Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 22 (1 & 2): 87-101.
- GOLDBABER, M. B. & I. R. KAPLAN. 1975. Controles and consequences of sulfate reduction rates in recent marine sediments. *Soil Sci.* 119 (1): 43-55.
- GÓMEZ DE CEDEÑO, L., G. CEDEÑO & O. NUSSETTI. 1984. Hidrocarburos en relación a clorofila y proteínas del fitoplancton de Bahía de Pozuelos y Bergantín, Edo. Anzoátegui. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente,* 23 (1 & 2): (en prensa).
- KROM, M. D. & R. A. BERNER. 1981. The diagenesis of phosphorus in a nearshore marine sediments. *Geochim. et Cosmochim. Acta.* 45: 207-216.
- OKUDA, T. & J. R. GÓMEZ. 1964. Distribución del carbono y nitrógeno orgánico de los sedimentos de la región Nororiental de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 3 (1 & 2): 91-105.
- OKUDA, T., A. J. BENÍTEZ & J. R. GÓMEZ. 1965. Características químicas de los sedimentos de la laguna y río Unare. *Ibid.*, 4 (1): 136-153.
- OKUDA, T. 1975. Características hidroquímicas del Golfo de Santa Fe y áreas adyacentes. *Ibid.*, 14 (2): 251-260.
- _____ 1981. Análisis hidroquímicos de la Bahía de Pozuelos y sus áreas adyacentes Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 20 (1 & 2): 11-22.
- ORTIZ, F. 1981. Determinación de algunos contaminantes en las aguas de desechos de la refinera El Chaure, Puerto la Cruz, Edo. Anzoátegui. Tesis de grado, Escuela de Química, Núcleo de Sucre U.D.O. pp. 60.
- POCKLINGTON, R., & J. O. LEONARD. 1979. Terrigenous organic matter in sediments of the St. Lawrence Estuary and the Sanguenay Fjord, J. *Fish. Res. Board. Can.* 36: 1250-1255.
- SELLIER DE CIVRIEUX, J. M. & J. R. BONILLA. 1971. La influencia de parámetros físico químicos del fondo en las facies de foraminíferos bentónicos. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 10 (2): 15-34.
- SOSA DE PÉREZ, 1982. Algunos metales pesados y contenido de la materia orgánica en los sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelos. Estado Anzoátegui. Venezuela. Depto. de Ciencias Básicas Núcleo de Anzoátegui. U.D.O. pp. 63.

(Manuscrito recibido el 4 de febrero de 1987)