

## CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS EN NUCLEOS DE SEDIMENTOS DE LA REGION NORORIENTAL Y RIO ORINOCO - VENEZUELA

JAIME BONILLA RUIZ, YOSENY POYER MÁRQUEZ Y BENITO R. GAMBOA

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

**RESUMEN:** Se estudian las características químicas de siete núcleos de sedimentos de diferentes ambientes sedimentarios: Fosa de Cariaco (arcilla limosa, verde); plataforma de Pozuelos (limo arcilloso, verde-oscuro); Golfo de Paria (arcilla gris-verde-marrón); Delta del Orinoco (arcilla limosa, marrón-gris-oscuro) y Río Orinoco (arena fina y gruesa, marrón). Se determinó el contenido y distribución de la materia orgánica (Carbono y nitrógeno orgánico; fósforo total, carbohidratos, razones C/N y N/P y de parámetros reductores (Consumo de oxígeno y de permanganato). Las mayores concentraciones de C-org. (4,29-6,28%) N-org. (0,319-0,485%); Carbohidratos (8,38-17,52mg); C/N (13,6-19,2); N/P (2,28-7,12);  $\text{CO}_3\text{Ca}$  (30,28 - 43,90%); consumo de oxígeno (497,2-944,5 ppm) y  $\text{KMnO}_4$  (84,08-101,59  $\text{mg-O}_2/\text{g}$ ), se obtuvieron en la Fosa de Cariaco; moderado contenido en la Plataforma de Pozuelos y Golfo de Paria. Bajas concentraciones en el Delta y Río Orinoco. El tratamiento estadístico de la prueba del estudiante (ts) y su valor de regresión entre carbono y el contenido orgánico y parámetros reductores demuestran una distribución independiente con cierta tendencia a la correlación en los núcleos de sedimentos de la Fosa de Cariaco y Plataforma del Delta del Orinoco. La divergencia en la concentración de materia orgánica de los bioecosistemas en estudio es quizás debido más al efecto de las condiciones hidrográficas, hidroquímicas, biogeoquímica y no al proceso de deposición y descomposición que se efectúa normalmente, de acuerdo a la razón C/N. Los datos indican diferentes tipos de ambientes sedimentarios que determinan bioecosistemas típicos, y reflejan el origen y tipo de materia orgánica en el sedimento.

**ABSTRACT:** The chemical characteristics of 7 nuclei of sea sediments of different sedimentary environments were studied; Cariaco Basin (green, muddy-clay), platform of Pozuelos (dark green, muddy clayey), Gulf of Paria (brown-green-gray clay), Orinoco Delta (dark-gray-brown, muddy-clay) and Orinoco River (fine and thick brown sand). The content and distribution of the organic matter were determined (carbon and organic nitrogen, total phosphorus, carbohydrates, C/N and N/P relations) and the reduction parameter (consumption of oxygen and permanganate). The layers of concentration of org-C (4.29-6.20%), org-N (0.319-0.485%), carbohydrates (8.38-17.52 mg/g), C/N (13.6-19.2), N/P (2.28-7.12);  $\text{CO}_3\text{Ca}$  (30.28-43.90%); consumption of oxygen (497.2-944.5 ppm) and  $\text{KMnO}_4$  (84.08-101.59  $\text{mg-O}_2/\text{g}$ ) were obtained in the Cariaco Basin, a moderate content in the Platform of the Orinoco Delta and the Gulf of Paria; low concentrations in the Platform of the Orinoco Delta and the Orinoco River. The statistical treatment of Student Test (ST) and its regression value between carbon and the organic content, and independent distribution with some tendency toward the correlation in the nucleus of sediments of the Cariaco Basin and the Platform of the Orinoco Delta. The divergence in the concentrations of organic matter of the bioecosystems analysed is perhaps due, more to the effect of the hydrographic, hydrochemical and biogeochemical conditions, than to the deposition and organic decomposition which is carried out normally, in accordance with the C/N relation. The data showed different types of sedimentary environments that can determine typical bioecosystems which reflect the origin and type of organic matter in the sediment.

### INTRODUCCION

En las áreas costeras los procesos hidrodinámicos se desarrollan con mayor rapidez y las características hidrográficas hidroquí-

micas, biológicas y geoquímicas se hallan afectadas por el aporte continental (agua-sedimento), precipitaciones pluviométricas, acción de los vientos y características geomorfológicas del fondo marino.

Los procesos de convección y afloramiento tienden a desarrollar fenómenos de renovación de las aguas superficiales pobres por aguas más profundas y ricas en sustancias minerales y nutritivas (nitritos, nitratos, fosfatos, etc.), estimulando la producción pláncónica junto con los diferentes tipos de sedimentos que se depositan y acumulan sobre la Plataforma Continental determinan biotopos de diversas biocenosis bentónicas, constituyendo así la riqueza productiva de algunos fondos marinos (PEREZ, 1969); ROWE *et al*, 1980 y SELIER DE CIVRIEUX, 1977).

La naturaleza, granulométrica, y características físico-químicas de los sedimentos de la Plataforma Continental son típicas para cada área del fondo oceánico. El origen de los sedimentos pueden ser continental (Terrígeno o antropogénico) o marino (organógeno o biogénico), predominando el material organógeno sobre el terrígeno en la parte más alejada del litoral (CARABALLO, 1967; HUNT & WHEKEN, 1980).

El contenido y distribución de la materia orgánica suele estar en razón inversamente proporcional con la textura del sedimento. LONGBOTTOM (1970), reporta que la naturaleza física de los sedimentos, y la materia orgánica contenida en ellos, controlan y limitan la distribución y desarrollo de los organismos micro y macro bentónicos. En efecto existen evidencias de una correlación entre la distribución cuantitativa y cualitativa de ciertas biocenosis con las fracciones finas de los sedimentos y sus características físico-químicas. BORDOVSKIY, 1965; OKUDA, 1965; MORA *et al*, 1967; LOPEZ & OKUDA 1968; SELIER DE CIVRIEUX & BONILLA, 1971; SELIER DE CIVRIEUX, 1977).

Los organismos micro y macrobentónicos ejercen efectos mecánicos y activan en la transformación de la materia orgánica, y en la alteración de las propiedades físicas químicas y bioquímicas de los sedimentos (BALLEY-BROCK, 1979; TAUCHIYA & KURIHARA, 1980). También, el consumo de

oxígeno y los procesos de oxidación orgánica están directamente relacionados con la deposición de la materia orgánica y con los cambios biogeoquímicos que ocurren en los primeros niveles (0-20 cm) de los sedimentos (DALE, 1978; ITURRIAGA 1979; RAINE & PATCHING, 1980; JOHNSON, 1977 y DEGEN & MOPPER, 1975).

La descomposición de la materia orgánica, ocasiona cambios geoquímicos importantes de los elementos biogénicos contenidos en los sedimentos (relación C: N: P), los cuales se correlacionan óptimamente con los procesos de sedimentación y diagénesis, (BORDOVSKIY) 1965; RICHARDS, 1975; TOTH & LERMAN, 1977).

Las áreas de estudio en este trabajo han sido ampliamente investigadas desde el punto de vista hidrográfico, hidroquímico e hidrobiológico, también se tiene conocimiento en cuanto a las características físico-químicas, contenido y distribución de la materia orgánica de los sedimentos del fondo, principalmente a nivel superficial. El presente trabajo trata de ampliar el conocimiento sobre el contenido y distribución de la materia orgánica en núcleos de sedimentos texturalmente diferentes y de distintos ambientes sedimentarios, estableciendo las posibles correlaciones geoquímicas que pudieran existir entre ellas.

## AREAS DE ESTUDIO

El área de estudio está comprendida desde la cuenca occidental de la Fosa de Cariaco hasta el Río Orinoco (Boya 96), se ubicaron siete estaciones para la recolección de núcleos de sedimentos (Fig. 1).

### ESTACION 33

Está situada en la depresión occidental de la cuenca de Cariaco entre los 10° 41' Lat. N y 65°, 36' Long W. Geomorfológicamente la cuenca de Cariaco es una depresión batimétrica ubicada dentro de la Pla-

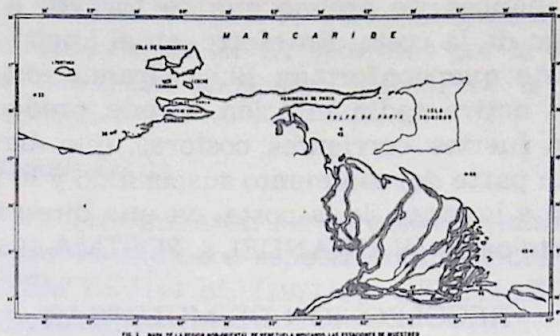


Fig. 1. Mapa de la Región Nor-Oriental de Venezuela indicando las estaciones de muestreo.

taforma Continental de Venezuela en la parte Sur del Mar Caribe. Está formada por dos cuencas (Este-Oeste) con profundidad máxima de 1400 mts, separadas por una depresión submarina de 900 m al sureste de la Tortuga. Su borde norte está aislado de la parte profunda del Mar Caribe por un umbral submarino (150 m) que se extiende desde la Isla de Margarita a Cabo Codera (Fig. 1), limitando el libre intercambio de las aguas subyacentes.

Los sedimentos de la Estación 33 (Fosa de Cariaco), son en general limos muy finos, arcillas limosas, cuyo color característico es el verde oliva oscuro, gris oscuro a negro y con un olor característico a sulfuro de hidrógeno como una consecuencia de su condición anóxica. Debido a la gran estabilidad que existe en la columna de agua dentro de la zona anóxica y la mínima actividad biológica que presentan los sedimentos, la materia orgánica es elevada ya que no es totalmente descompuesta (ATHEARN, 1965; RICHARDS, 1975); OKUDA *et al*, 1974 (a y b); HERRERA y FEBRES-ORTEGA, 1975). Esto se refleja en los altos valores de carbono y nitrógeno orgánico que contienen estos sedimentos.

#### ESTACION 38

La estación 38 está situada en la plataforma continental, frente a la Bahía de Pozuelos, entre los  $10^{\circ} 16' 45''$  Lat N y  $64^{\circ} 46'$  Long W. Esta área se encuentra bordeada

por las islas costaneras que son cimas de montañas sumergidas durante el último período glacial (MALONEY, 1965). El Río Neverí es el más importante en la región y sus sedimentos son arrastrados a lo largo de la costa, principalmente por corrientes litorales y transportados por los vientos alisios que soplan durante cierta época del año. La plataforma es baja, con costas sedimentarias que contienen lagunas pantanosas y bancos de arenas, (MALONEY, 1965 y 1966). Según OKUDA (1981) y GARCIA *et al*, (1983), las características hidrográficas del área dependen en gran escala de la variación y magnitud de la surgencia ocasionada por el régimen de los vientos alisios con dirección E-NE.

Los aspectos químicos y geológicos de los sedimentos de esta área han sido estudiados por ATHEARN, (1965); SELLIER DE CIVRIEUX & BONILLA, (1971); MALONEY (1965); MORELOCK *et al*, (1972); BONILLA, (1982) y GAMBOA & BONILLA (1983). Estos sedimentos están caracterizados por limo-arcilla de color verde-oscuro.

#### ESTACIONES 43 Y 44

La estación 43, ubicada en la parte central del Golfo de Paria se encuentra situada en  $10^{\circ} 20''$  Lat Norte y  $62^{\circ}$  Long W, y la estación 44 en Boca de Serpiente, a los  $09^{\circ} 51' 08''$  Lat N y  $64^{\circ} 55''$  Long W.

El Golfo de Paria se halla situado en la parte Nor-oriental de Venezuela, limitado por la Península de Paria al noroeste, la Isla de Trinidad al este y la parte norte del Delta Amacuro al occidente, tienen comunicación al norte con el Mar Caribe a través de la Boca de Dragón, al sureste con el Océano Atlántico por la Boca de Serpiente, (OKUDA, 1974 y BONILLA, 1977). Posee una profundidad promedio menor de 20 metros, en la Boca de Serpiente la profundidad es de 40 a 50 m y en la Boca de Dragón alcanza, más o menos 100 m. Por la Boca de Serpiente y la región sur del Golfo, penetran las descargas de los diferentes distributarios

del río Orinoco y la corriente de Guayana. Las condiciones hidroquímicas del agua y las características físico-químicas de los sedimentos del golfo han sido ampliamente estudiadas (GADE, 1961; VAN ANDEL & POSTMA, 1954; FUKUOKA 1964; BENITEZ & OKUDA, 1976; BONILLA, 1977 y BONILLA & LIN, 1979). Los sedimentos de las estaciones 43 y 44 están constituidos en su mayor parte por limos arcillosos y su coloración varía de gris-negro-verdoso a marrón en la capa superficial.

#### ESTACIONES 45, 46 Y 47

La estación 45 se encuentra situada en la plataforma continental frente a la desembocadura del río Orinoco a los  $09^{\circ} 0'$  Lat N y  $60^{\circ} 12'$  Long W. Esta plataforma constituye una extensa área, influenciada por las aguas del río Orinoco y del Océano Atlántico. Los sedimentos de esta zona están constituidos generalmente por arcillas limosas y arcillas, de color gris oscuro a negro, que determinan la presencia de ambiente más o menos reductor (MORELOCK, 1972). Las estaciones 46 ( $08^{\circ} 36' 5''$  Lat N y  $60^{\circ} 44''$  Long W) y 47 ( $08^{\circ} 35' 5''$  Lat N y  $61^{\circ} 29' 3''$  Long W) localizadas en el río Orinoco frente a las boyas 44 y 96 respectivamente.

El río Orinoco, cuya longitud es de más o menos 2560 kms, es uno de los ríos más largos del mundo, termina en un amplio delta, cuyos estuarios son conocidos como Boca Ajías y Boca Bagre en el Golfo de Paria y Boca Grande en el Delta del río Orinoco. Las aguas del río Orinoco son de color amarillo-marrón y sus sedimentos se caracterizan por ser arenas de color gris-marrón.

Los distributarios transportan hacia el río Orinoco y al golfo de Paria cantidades de sedimentos suspendidos de tipo arcillosos los cuales llegan a ser muy finos en la parte baja de los estuarios y deltas. Por estar rodeados por áreas muy pantanosas lo que transportan son limos y arcillas que forman amplias llanuras fangosas que resguardan

los bancos de arenas que se forman a lo largo de la costa. En efecto, en el ancho estuario que conforman Boca Grande, existe una activa sedimentación, donde predominan fuertes corrientes costeras, que arrastran parte del sedimento suspendido y lo llevan a lo largo de la costa, en una dirección norte-oeste (VAN ANDEL & POSTMA 1954).

### RECOLECCION DE MUESTRAS Y METODOS ANALITICOS

#### RECOLECCION DE LAS MUESTRAS:

Las muestras de sedimentos fueron recolectados durante la expedición oceanográfica "U.S.N.S. Hayes T-Agor 16", del Gobierno de los Estados Unidos. Para la toma del sedimento se usó un pistón de perforación tipo Kullenberg con el cual se obtuvieron núcleos de sedimentos de más o menos 1,45 m. Los análisis fueron realizados en el Departamento de Oceanografía Química, del Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente.

#### ANALISIS DE LAS MUESTRAS

##### CARBONO ORGANICO:

El carbono orgánico se determinó por el método de la combustión húmeda usando como agente oxidante una mezcla de ácido sulfocrómico, titulándose con sal de Mohr 0,2 N (1 ml equivale a 0,6 mg de carbono), corrigiéndose el error causado por los cloruros por el método propuesto por OKUDA, (1964).

##### NITROGENO ORGANICO:

El nitrógeno orgánico fue determinado por el método semimicro Kjeldahl.

##### FOSFORO TOTAL:

El fósforo total fue obtenido, oxidando el fósforo orgánico a fosfato según método

de HASEN & ROBINSON, 1953; obteniéndose la concentración de Ortofosfatos por la técnica del ácido ascórbico (MURPHY & RILEY, 1962).

**CARBOHIDRATOS:**

Se determinaron los carbohidratos totales por los métodos espectrofotométricos de ARTEM'YEV *et al*, (1971) y GERCHAKOV & HATCHER, (1972).

**MATERIA ORGANICA TOTAL:**

La materia orgánica total fue determinada por ignición a 550°C por 12 horas en una mufla, y se calculó por pérdida de peso.

**CARBONATO DE CALCIO:**

Se obtuvo por pérdida de peso, tratando las muestras con HCL 6N hasta que no presentaran más efervescencia.

**CONSUMO DE OXIGENO:**

Las muestras de sedimentos se encubieron en botellas de BOD con agua de mar

de concentración conocida de oxígeno a temperatura ambiente durante 24 horas; determinándose el valor del consumo de oxígeno por diferencia con la muestra testigo, mediante el método de WINKLER.

**CONSUMO DE PERMANGANATO DE POTASIO:**

Las muestras de sedimentos se sometieron a digestión con KMnO<sub>4</sub> en baño de maría durante 20 minutos.

**RESULTADOS**

El contenido y distribución de la materia orgánica se estudió en núcleos de sedimentos de los diferentes ambientes sedimentarios y se expresa en función de las características químicas obtenidas a través de la concentración del carbono y nitrógeno orgánico; razón C/N; fósforo total; razón N/P; carbohidratos; relaciones carboh/-Org. y carboh/N-Org; carbonato de calcio; materia orgánica total; consumo de KMnO<sub>4</sub> y de Oxígeno; ión cloruro y humedad; representados en las Figs. 2-8 y Tabla 1.

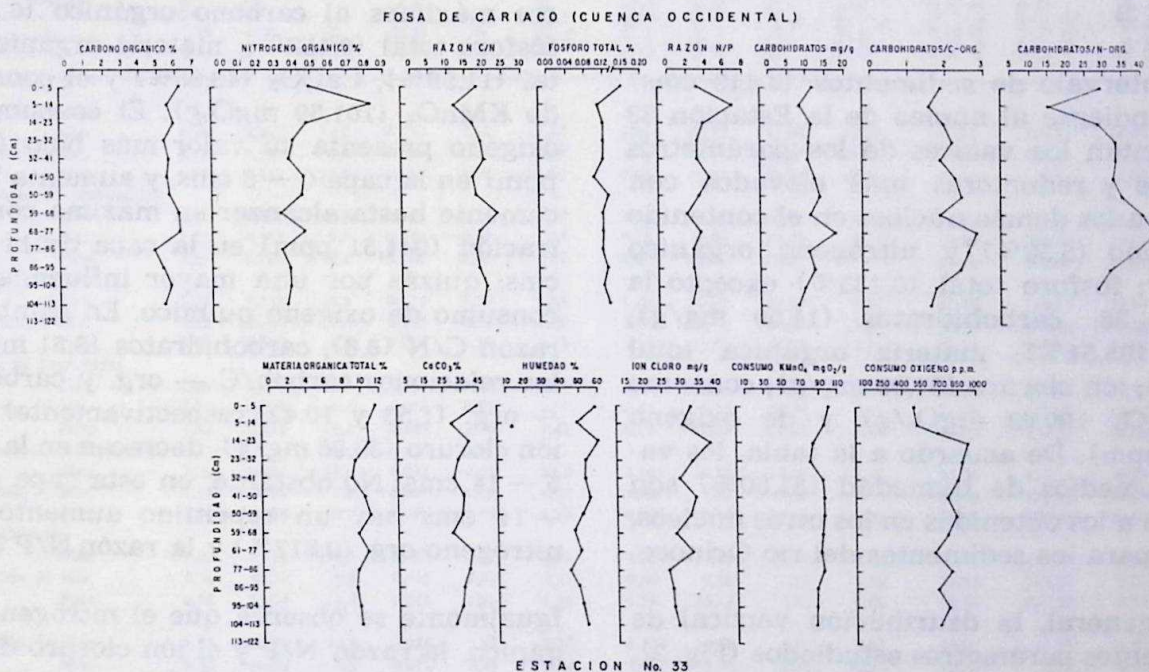


Fig. 2. Distribución vertical del contenido de materia orgánica y parámetros reductores en el núcleo de sedimentos de la Estación 33.

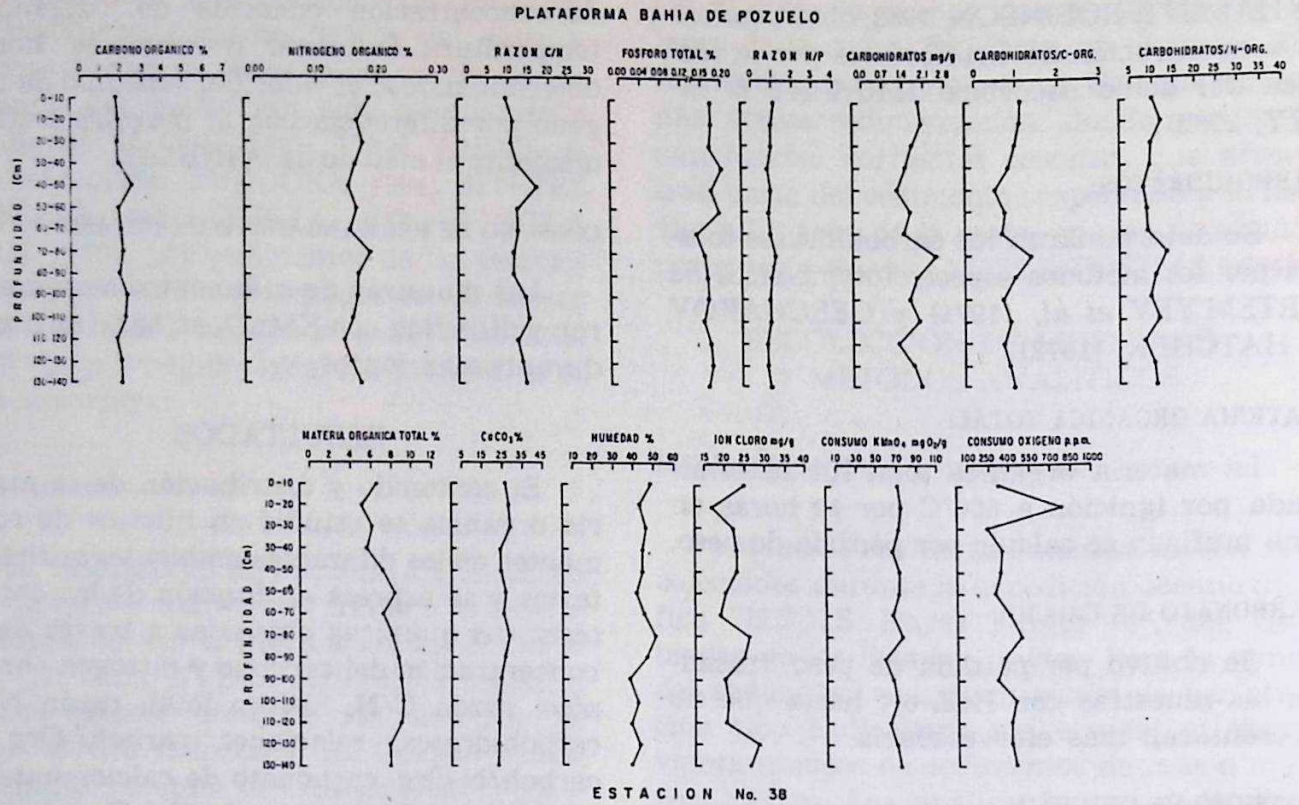


Fig. 3. Distribución vertical del contenido de materia orgánica y parámetros reductores en el núcleo de sedimento de la Estación 38.

### ESTACION 33

El intervalo de sedimentos (0-113 cms) correspondiente al núcleo de la Estación 33 se presentan los valores de los parámetros orgánicos y reductores más elevados con respecto a los demás núcleos en el contenido de carbono (5,56%) y nitrógeno orgánico (0,431%); fósforo total (0,133%) excepto la estación 38; carbohidratos (11,59 mg/g);  $\text{CaCO}_3$  (35,54%); materia orgánica total (10,16%); ión cloruro (31,09 mg/g); consumo de  $\text{KMnO}_4$  (90,92  $\text{mgO}_2/\text{g}$ ) y de oxígeno (746,91 ppm). De acuerdo a la tabla, los valores promedios de humedad (51,60%) son similares a los obtenidos en los otros núcleos, excepto para los sedimentos del río Orinoco.

En general, la distribución vertical de los diferentes parámetros estudiados (Fig. 2), presenta una mayor variabilidad en el estrato superior del núcleo. En efecto, la primera capa (0-5 cms) muestran sus valo-

res máximos al carbono orgánico (6,28%) fósforo total (0,152%); materia orgánica total (11,59%);  $\text{CaCO}_3$  (43,90%) y el consumo de  $\text{KMnO}_4$  (101,59  $\text{mgO}_2/\text{g}$ ). El consumo de oxígeno presenta su valor más bajo (497,2 ppm) en la capa 0-5 cms, y aumenta bruscamente hasta alcanzar su máxima concentración (944,51 ppm) en la capa de 14-23 cms; quizás por una mayor influencia del consumo de oxígeno químico. En cambio la razón C/N (6,8); carbohidratos (8,51 mg/g); las relaciones carboh/C — org. y carboh/N — org. (1,53 y 10,42; respectivamente) y el ión cloruro (30,96 mg/g), decrecen en la capa 5-14 cms. No obstante, en esta capa de 5-14 cms hay un repentino aumento, del nitrógeno-org. (0,817%) y la razón N/P (7,12)

Igualmente se observa que el nitrógeno orgánico, la razón N/P y el ión cloruro disminuyen con la profundidad; en cambio los carbohidratos; la relación carboh/C — org. relación carboh/N — org. y la humedad au-

Características químicas en núcleos de sedimentos de la región nororiental y río Orinoco, Venezuela

mentan con la profundidad, alcanzando sus valores máximos en la capa de 70-80 cms después de la cual disminuyen con la misma. En ese mismo nivel aumentan los valores de carbono orgánico (6,20%); materia orgánica total (10,66%); CaCO<sub>3</sub> (40,87%) y el ión cloruro (33,08 mg/g), para luego mantener una concentración más o menos constante hasta la última capa (Fig. 2).

ESTACION 38

La columna de sedimentos de este núcleo está comprendida desde 0 cms hasta 145 cms (Fig 3). Presentando fluctuaciones menos irregulares de los parámetros orgánicos y reductores, que la estación 33 en su distribución vertical, con valores moderadamente altos (Tabla 1) en las concentraciones de carbono (2,01%) y nitrógeno (0,168%) orgánicos; carbohidratos (1,72 mg/g); CaCO<sub>3</sub> (25,85%) Consumo de KMnO<sub>4</sub> (70,40 mgO<sub>2</sub>/g y oxígeno 412,3 p.p.m.). La concentración de

fósforo total (0,168%) es la más elevada en los sedimentos de los núcleos estudiados lo que está demostrado que existe en esta área una gran población de plancton que aportan grandes cantidades de fósforo orgánico al sedimento (KROM & BERNER 1981).

En la capa superficial de 0-10 cms, se aprecia que mientras el carbono orgánico (1,73%) y la razón C/N (9,3) poseen sus valores más bajos; el nitrógeno (0,18%) presenta concentración más elevada, y en la capa de 40-50 ocurre lo contrario es decir, se obtienen los valores máximos del carbono orgánico (2,59%) y de la razón C/N (16,8) registrándose el nitrógeno-org. su mínima concentración (0,154%). Las razones C/N observadas determinan que en la capa superficial de los sedimentos a pesar de ser la de mayor actividad biológica, existe un equilibrio (C/N=10) entre la deposición y la descomposición orgánica, en cambio, a la alta razón C/N encontrada entre 40-50 cms

Ubicación	C-Org. %	N-Org. %	C/N	Fósforo Total %	N/P	Carbohidratos mg/g	Carboh./ C-Org.	Carboh./ N-Org.	CO <sub>3</sub> Ca %	Materia Org. Total %	Consumo KMnO <sub>4</sub> mgO <sub>2</sub> /g	Consumo Oxígeno p.p.m.	Ión Cloro mg/g	H <sub>2</sub> O %
<b>FOSA DE CARIACO</b>														
Max.	6,28	0,817	19,2	0,152	7,12	17,52	2,83	39,37	43,90	11,59	101,59	944,51	38,05	59,19
Estación 33 Min.	4,29	0,319	6,8	0,100	2,28	8,38	1,53	10,42	30,20	8,96	84,08	497,21	26,33	46,12
Prom.	5,56	0,431	13,6	0,133	5,52	11,59	2,09	28,41	35,54	10,16	90,92	748,91	31,09	51,60
<b>PLATAFORMA (POZUELOS)</b>														
Max.	2,59	0,187	16,8	0,199	1,21	2,52	1,36	13,48	29,31	9,27	75,80	791,49	28,73	51,67
Estación 38 Min.	1,73	0,145	9,3	0,148	0,81	1,24	0,48	8,05	23,20	4,73	59,90	240,25	17,08	43,64
Prom.	2,01	0,166	12,4	0,168	0,99	1,72	0,88	10,35	25,85	7,57	70,40	112,30	22,83	46,30
<b>GOLFO DE PARIÁ</b>														
Max.	2,21	0,188	21,5	0,124	1,59	1,88	1,79	25,97	16,67	7,66	66,89	750,52	22,73	51,80
Estación 43 Min.	1,15	0,062	8,8	0,107	0,58	1,50	0,74	8,72	11,48	5,51	60,09	422,61	19,38	46,14
Prom.	1,60	0,119	14,3	0,114	1,10	1,65	1,10	15,85	13,72	7,01	63,14	536,30	21,04	48,32
<b>BOCA DE SERPIENTES</b>														
Max.	2,61	0,245	25,5	0,092	2,75	1,91	1,23	23,01	17,12	8,96	63,80	650,63	32,72	56,63
Estación 44 Min.	1,11	0,080	6,6	0,086	0,73	1,07	0,43	5,75	10,39	6,32	58,60	422,78	26,48	51,71
Prom.	1,85	0,139	14,5	0,089	1,56	1,41	0,79	12,45	14,05	7,96	60,93	554,31	28,99	53,75
<b>PATAFORMA RÍO ORINOCO</b>														
Max.	2,22	0,212	17,0	0,092	2,43	1,89	1,09	18,53	14,00	8,97	67,05	855,13	30,96	53,72
Estación 45 Min.	1,52	0,102	7,9	0,083	1,19	1,28	0,68	640	9,49	6,49	47,00	355,96	24,97	49,90
Prom.	1,84	0,180	10,5	0,087	1,96	1,59	0,88	9,16	11,65	7,83	53,76	596,47	26,34	51,27
<b>RÍO ORINOCO</b>														
Max.	1,60	0,118	16,7	0,081	4,21	1,85	2,69	27,61	3,15	2,30	49,43	310,71	0,742	31,50
Estación 46 Min.	0,39	0,038	9,8	0,028	0,93	0,51	0,66	8,18	1,13	1,10	33,51	115,09	0,074	16,08
Prom.	0,94	0,074	13,0	0,043	1,89	1,31	1,58	26,11	1,91	1,80	39,56	211,36	0,381	25,26
<b>Estación 47</b>														
Max.	1,55	0,190	25,3	0,024	3,92	0,36	1,13	12,48	1,76	0,62	14,49	19,25	0,556	16,67
Min.	0,32	0,022	6,3	0,018	0,47	0,14	1,14	1,43	0,25	0,15	11,72	0,97	0,296	14,00
Prom.	0,79	0,072	12,0	0,021	1,64	0,25	0,99	1,41	1,81	0,39	12,95	7,36	0,374	14,92

Tabla 1. Contenido de materia orgánica en diferentes tipos de sedimentos.

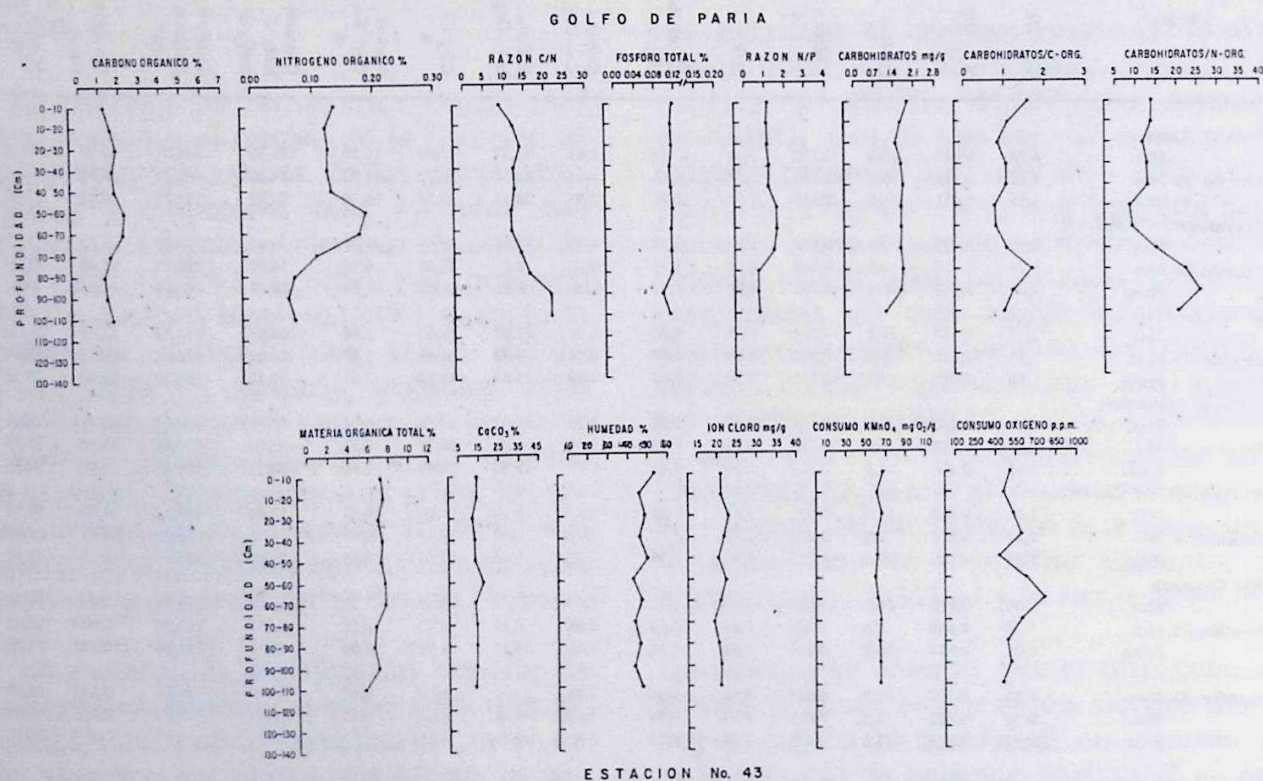
señalan como factor limitante al nitrógeno, como consecuencia de una mayor descomposición orgánica de este elemento. Los carbohidratos (1,24 mg/g), la relación carboh/Corg. (1,36) y Carboh/N-org. (13,48) y el consumo de  $KMnO_4$  (75,80  $mgO_2/g$ ), se presentan bajos en ese nivel.

ESTACIONES 43 Y 44

Los núcleos de sedimentos de la Est. 43 (parte central del Golfo de Paria) y de la Est. 44 (Boca de Serpiente) están comprendidos en un intervalo de 0 a 130 cm y se caracterizan por ser arcillas de color gris-verde y gris marrón, respectivamente.

Los valores promedios de los parámetros químicos en los sedimentos del Golfo de Paria (Est. 43) suelen ser bajos (Tabla 1), a pesar de que reciben aportes continentales con alto contenido de materia orgánica (arena y limos biogénicos) de los ríos Orinoco y sus distributarios, los cuales son transportados fuera del Golfo de Paria y de-

positados en la plataforma continental por las corrientes existentes en el área. El contenido de carbono (1,60%) y nitrógeno orgánico (0,119%); materia orgánica total (7,01%) y el ión cloruro (21,06mg/l) son comparables a los valores obtenidos en la plataforma frente al río Orinoco (Est. 45). La concentración del fósforo total (0,114%); carbohidratos (1,65 mg/g); carbonato de calcio (13,73%) y consumo de  $KMnO_4$  (63,14  $mgO_2/g$ ) son más elevados que los valores encontrados en los demás núcleos a excepción de las Estaciones 33 y 38. La distribución vertical de los parámetros químicos de los sedimentos de la Est. 43 presenta poca variación (Fig. 4). Observándose en la capa superficial (0-10 cms) los valores máximos del fósforo total (0,118%); carbohidratos (1,86 mg/g) relación carboh/C-org (1,58) y el consumo de  $KMnO_4$  (66,89  $mgO_2/g$ ). Sin embargo, las variaciones más notables se aprecian en las capas intermedias (50-70 cms). En efecto, el carbono-org. (2,21%); el nitrógeno-org. (1,188%), el fósforo total (0,118%); la razón N/P (1,59); el  $CaCO_3$  (16,67%)



Fi. 4. Distribución vertical del contenido de materia orgánica y parámetros reductores en el núcleo de sedimentos de la Estación 43.

Características químicas en núcleos de sedimentos de la región nororiental y río Orinoco, Venezuela

TABLA 2. ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN DIFERENTES TIPOS DE SEDIMENTOS

	C-org. %	N-org. %	C/N	Fósforo Total mg/g	N/P	Carbohidratos mg/g	Carbh/C-org.	Carboh/N-org.	CO <sub>3</sub> Ca %	Materia Orgánica Total %	Consumo KMnO <sub>4</sub> mg/O <sub>2</sub> /g	Consumo Oxígeno P.P.M	Ión Cloro mg/g	H <sub>2</sub> O %
GRUPO 1														
Max.	6,28	0,817	19,2	0,199	7,12	17,32	2,83	39,37	43,90	11,39	101,39	944,51	38,05	59,19
Min.	1,73	0,143	6,8	0,100	0,81	1,24	0,48	8,03	23,20	4,73	39,90	240,25	17,08	43,64
Prom.	3,79	0,299	13,0	0,150	2,26	6,56	1,49	19,37	30,70	9,02	80,66	580,61	26,96	48,95
GRUPO 2														
Max.	2,67	0,245	25,5	0,124	2,75	1,91	1,79	25,97	17,12	8,97	67,05	855,13	32,72	56,63
Min.	1,11	0,062	6,5	0,86	0,58	1,07	0,43	5,75	9,49	5,51	47,00	355,96	19,38	46,14
Prom.	1,76	0,146	13,0	0,092	1,75	1,48	0,92	12,48	13,13	7,60	59,28	555,69	25,46	51,21
GRUPO 3														
Max.	1,60	0,190	25,3	0,061	4,21	1,85	2,69	27,61	3,15	2,30	49,43	310,71	0,74	51,50
Min.	0,32	0,022	6,3	0,018	0,47	0,14	0,66	1,43	0,23	0,15	11,72	0,97	0,07	14,00
Prom.	0,83	0,073	12,5	0,032	1,77	0,78	1,29	15,26	1,86	1,10	26,27	109,36	0,38	20,09

Grupo 1 = Estaciones 33 y 38  
 Grupo 2 = Estaciones 43, 44 y 45  
 Grupo 3 = Estaciones 46 y 47

Tabla 2. Algunas características químicas en diferentes tipos de sedimentos.

la materia orgánica total (7,64%) y el consumo de oxígeno (750,52 ppm), registran sus valores máximos; igualmente, se presenta cierto aumento en el contenido del ión cloruro, el consumo de KMnO<sub>4</sub> y bajos valores de las relaciones carboh/C-org. y carboh/N-org.

Entre 70 y 110 cms, el carbono y nitrógeno orgánico, el fósforo total, la razón N/P, la materia orgánica total, los carbohidratos y el consumo de oxígeno disminuyen con la profundidad. Por otro lado, la razón C/N, las relaciones carboh/C-org. y carboh/N-org., aumentan con la misma (Fig. 4).

Las características químicas del núcleo de sedimento de la Est. 44 (Boca de Serpientes), presentan una distribución sin muchas variaciones (Fig. 5). Según la tabla 1 la concentración de C-org. (1,85%), N-org. (0,139%), razón C/N (14,5), CO<sub>3</sub>Ca (14,05%) y Consumo de oxígeno (554,31 ppm) son comparables a los valores obtenidos en los sedimentos de las estaciones 38,b3 y 45 y superiores a los valores de las estaciones del río

Orinoco (Est. 46 y 47) e inferiores a las concentraciones de la Estación 33. Los valores de fósforo total (0,089%) y los de carbohidratos (1,41 mg/g) son semejantes a los de la Estación 45, y superiores a los de las Estaciones 46 y 47, pero inferiores de las estaciones 33, 38 y 43. Es importante señalar que este núcleo presenta el mayor porcentaje de la humedad (53,75%). En la Fig. 5 se aprecia la distribución de los parámetros orgánicos del núcleo de sedimento de la Est. 44, la cual es similar a la Est. 43 y 45 (Figs. 4 y 6). Es interesante resaltar que las capas superficiales (0-30 cm muestran los valores máximos de la razón C/N (25,5); los carbohidratos (1,91 mg/g); el CaCO<sub>3</sub> (17,12%); la materia orgánica total (8,96%); ión cloruro (32,72 mg/g); la relación carboh/N-org. (23,01); el consumo de oxígeno (649,75 ppm) y la humedad (56,63%). En esta misma sección de la columna de sedimentos se observan los valores mínimos de Nitrógeno orgánico (0,077%) y la razón N/P (0,73), por otra parte el carbono orgánico, fósforo total y el consumo de KMnO<sub>4</sub>, se mantienen constantes.

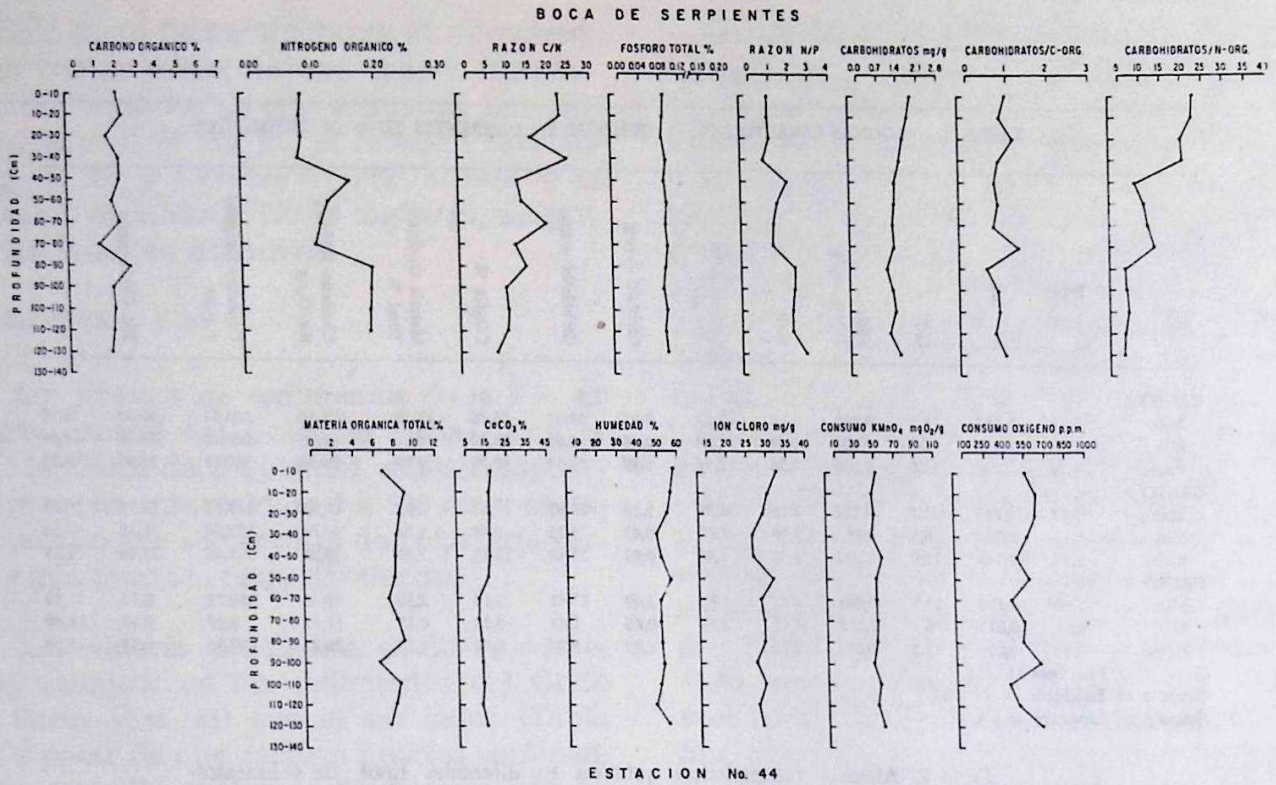


Fig. 5. Distribución vertical del contenido de materia orgánica y parámetros reductores en el núcleo de sedimentos de la Estación 44.

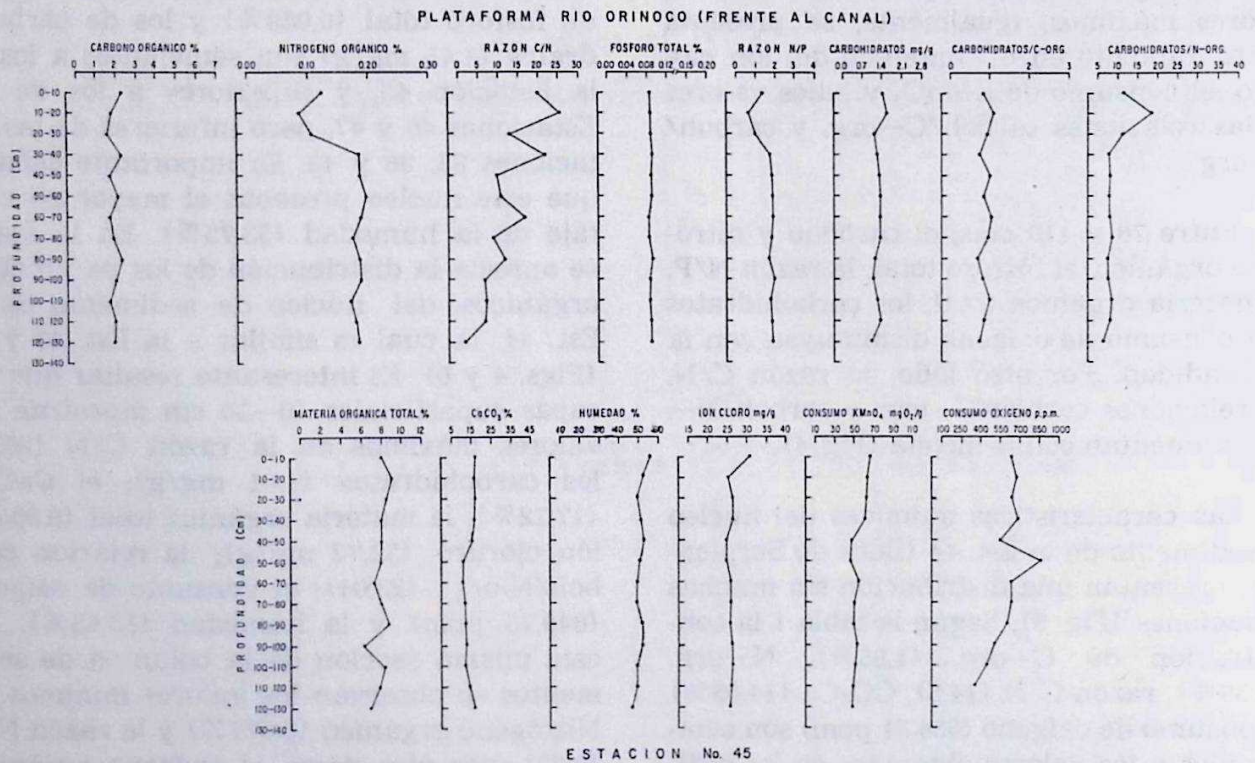


Fig. 6. Distribución vertical del contenido de materia orgánica y parámetros reductores en el núcleo de sedimentos de la Estación 45.

A pesar de ser la zona de mayor actividad biológica existe elevada deposición y descomposición de la materia orgánica, lo cual está reflejado en la pérdida de nitrógeno, como se aprecia en el alto valor de las razones C/N y carboh/N-org. En las capas más profundas de 70-130 cm se observaron los valores de carbono org. (2,61%) relación carboh/C-org. (1,23); materia orgánica total (8,78%); consumo de oxígeno (650,63 ppm); nitrógeno org. (0,245%); razón N/P (2,75) y consumo de  $\text{KMnO}_4$  (63,49 mg  $\text{O}_2/\text{g}$ ). En estos estratos inferiores de las columnas de sedimentos (Est. 44), es reducida la actividad biológica lo que sugiere que los parámetros orgánicos sufren alteraciones como consecuencia de los cambios químicos que ocurren, reflejado en la alta concentración de nitrógeno, razón N/P y baja razón C/N. Es interesante resaltar el alto contenido del consumo de oxígeno en la columna del sedimento, el cual es comparable en toda las estaciones estudiadas, excepto las Ests. 46 y 47, lo que determina que son sedimentos altamente reductores.

#### ESTACIONES 45, 46 Y 47

El núcleo de sedimento de la Estación 45 (plataforma frente a la desembocadura del río Orinoco) con una longitud de 130 cm) del tipo arcilla limosa, de color marrón a gris-oscuro-negro. En cambio los núcleos de sedimentos de la Est. 46 (0-90 cm) son arenas finas de color gris-marrón claro y los de la Est. 47 (0-115 cm) son arenas gruesas de color marrón.

Según la tabla 1, las concentraciones obtenidas de los parámetros geoquímicos en los sedimentos de la Est. 45 son comparables y guardan cierta similitud con los valores encontrados en los sedimentos de la Est. 43 (Boca de Serpientes) y Est. 44. Pero sus valores son superiores a los obtenidos en las estaciones 46 y 47, (Río Orinoco). Las concentraciones de la materia orgánica y de los parámetros reductores (consumo de oxígeno y de  $\text{KMnO}_4$ ) son muy inferiores a las regis-

tradas en los sedimentos de la Est. 38 (plataforma de Pozuelos) y Est. 33 (Fosa de Cariaco).

En general, la distribución de los parámetros químicos en el núcleo de sedimentos de la Est. 45 (Fig. 6), no presenta una marcada variación observándose un ligero aumento con la profundidad en el contenido de nitrógeno - org. y una disminución con la misma en la razón C/N, relación carboh/N-org. y el consumo de oxígeno. Este último alcanza un valor máximo (855,13 ppm) en la capa intermedia (50-60 cm), coincidiendo también con el máximo del nitrógeno org. (0,212%).

Según la tabla 1, los núcleos de sedimentos de las estaciones 46 y 47 del río Orinoco, caracterizados por ser arenas finas y gruesas, con los valores geoquímicos más bajos que en los demás núcleos.

Las concentraciones de los parámetros orgánicos e inorgánicos de la Estación 46 son más elevados que los de la Estación 47.

La distribución de los diferentes parámetros geoquímicos en los sedimentos de la Estación 46 se presenta similar a la Estación 47 y divergente con la Est. 45. Observándose en la capa superficial (0-30 cm) los valores máximos del carbono org. (1,60%); nitrógeno org. (0,118%); razón N/P (4,21) y carbonato de calcio (3,15%); valores mínimos de fósforo total (0,028%); materia orgánica total (1,01%), la relación carboh/C-org. (0,66) y consumo de oxígeno (115,1 ppm). Por debajo de la capa de 30 cm (Fig. 7) se aprecia un aumento con la profundidad en la concentración de materia org. total; carbohidratos; fósforo total; ión cloro; razones carboh/C-org. y carboh/N-org.; una disminución con la misma en la razón N/P y carbonato de calcio y uniformidad en la columna del sedimento de la razón C/N y los parámetros reductores (Consumo de oxígeno y  $\text{KMnO}_4$ ). El núcleo de sedimentos de la estación 47, es de tipo arena gruesa y es

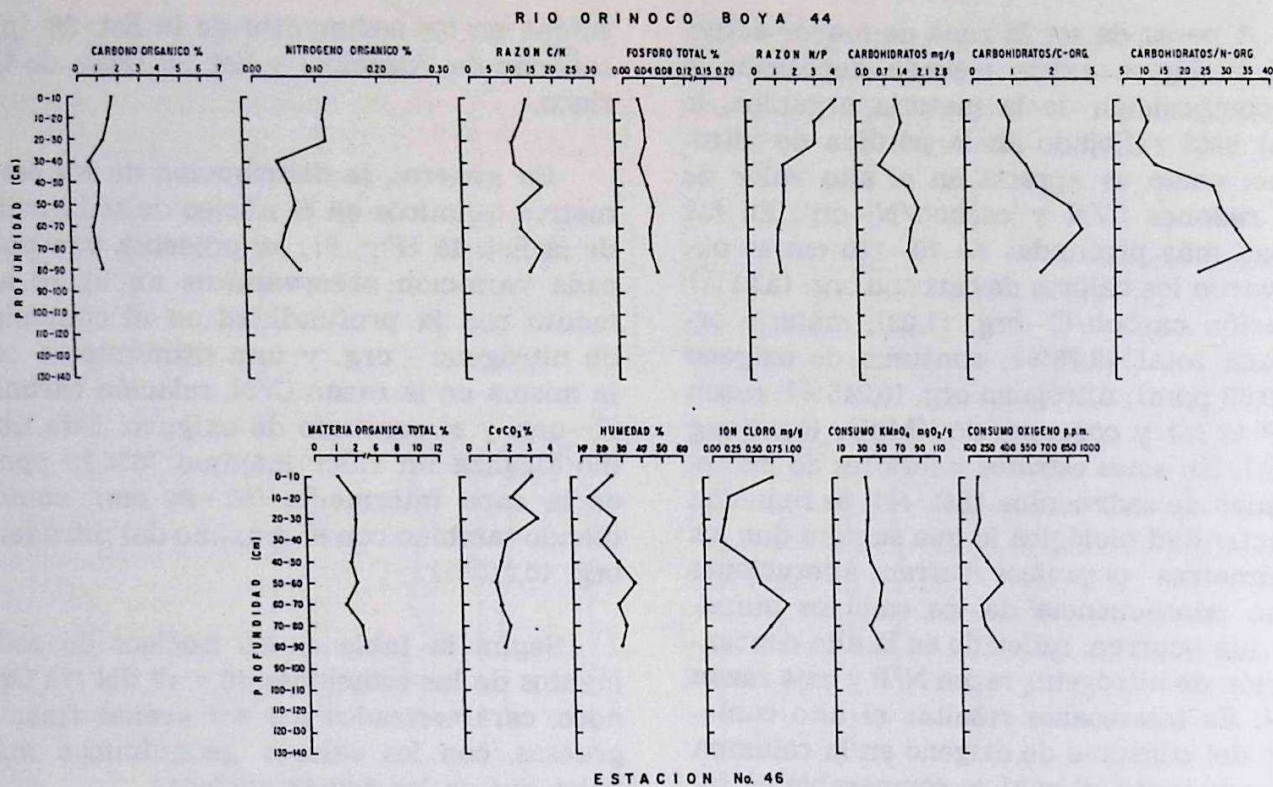


Fig. 7. Distribución vertical del contenido de materia orgánica y parámetros reductores en el núcleo de sedimentos de la Estación 46.

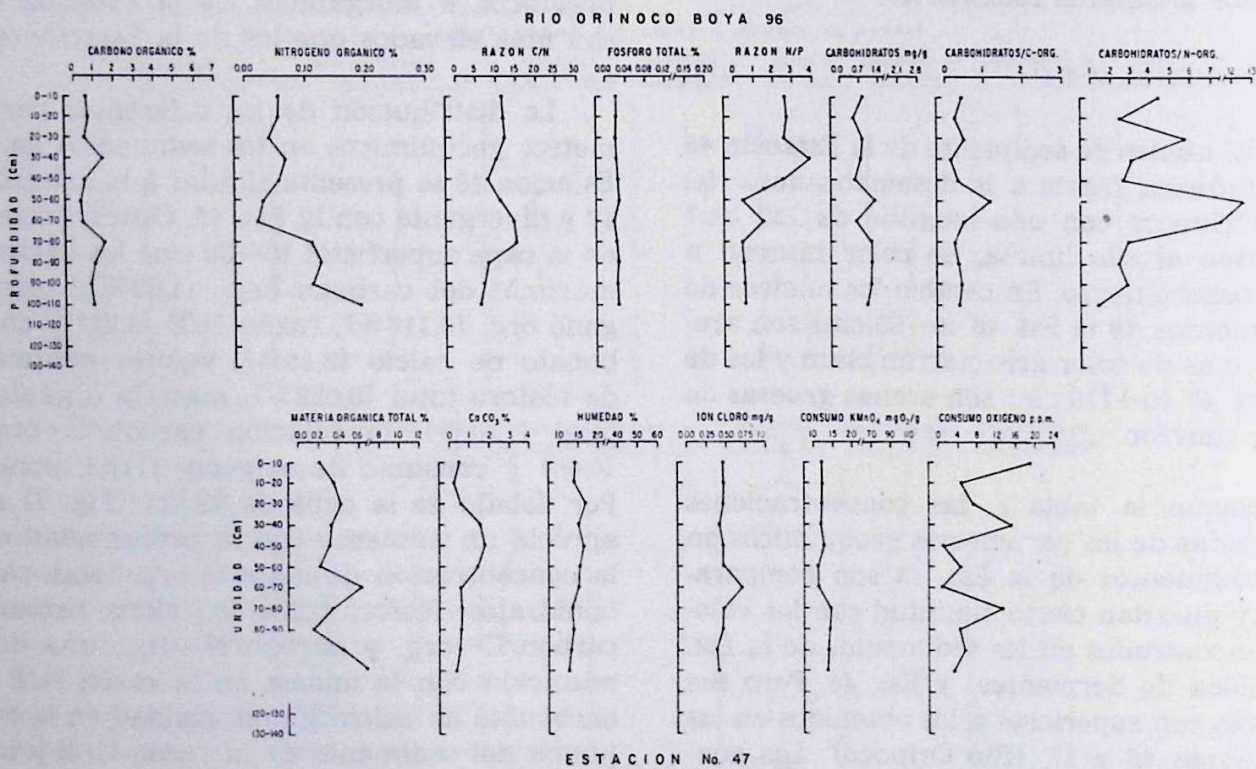


Fig. 8. Distribución vertical del contenido de materia orgánica y parámetros reductores en el núcleo de sedimentos de la Estación 47.

el que presenta el menor contenido de materia orgánica y de los parámetros reductores, si lo comparamos con el resto de los núcleos de los diferentes ambientes sedimentarios (Tabla 1).

En general, la distribución (Fig. 8) del contenido de carbono, y nitrógeno orgánico, razón carboh/N-org. y consumo de oxígeno fluctúan de manera irregular, en cambio, el fósforo total, humedad, ión cloruro y consumo de  $\text{KMnO}_4$ , presentan una variación marcada en toda la columna de sedimentos. Igualmente se observa un aumento con la profundidad en el contenido de carbono y nitrógeno orgánico, y una disminución con la misma, en la razón carboh/N-org. y en el consumo de oxígeno, siendo el resto de los valores de los diferentes parámetros más constantes con la profundidad.

Entre los 50 y 70 cms se presentan los valores mínimos de carbono org. (0,321%); nitrógeno orgánico (0,022%); fósforo total (0,018%), razón N/P (0,47); consumos de oxígeno (0,97 ppm) y de  $\text{KMnO}_4$  (11,84 mg  $\text{O}_2/\text{g}$ ), y valores máximos de la razón C/N (15,55); los carbohidratos (0,362 mg/g); la relación carboh/C-org. (1,13) y Carboh/N-orgánico (12,48); el  $\text{CaCO}_3$  (1,76%); la materia org. total (0,62%) y el ión cloruro (0,56 mg/g). En los estratos inferiores las Ests. 45 y 47 presentan el mismo fenómeno que la Est. 44, en cuanto al contenido orgánico, en cambio la Est. 46 señala un comportamiento inverso y similar a la Est. 43, lo que sugiere alteraciones en los procesos químicos de transformación de la materia orgánica, en los diferentes ambientes sedimentarios.

Por otra parte los valores de las razones C/N alrededor de 6,0 en los diferentes núcleos de sedimentos de los bioecosistemas estudiados, son una característica de sedimentos de bajo contenido de materia orgánica, lo cual puede explicarse cuando el nitrógeno presenta concentraciones muy altas, como consecuencia del agotamiento de la materia orgánica por la intensa actividad biológica.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

En general en base a los resultados obtenidos del contenido de materia orgánica y de los parámetros reductores se puede observar cierta tendencia al incremento de las concentraciones con la profundidad, y una relación de la textura con algunas características geoquímicas de los sedimentos pertenecientes a los núcleos estudiados.

Según la composición granulométrica del sedimento, color predominante, y el contenido de la materia orgánica (Tabla 1) que presentan los sedimentos en los diferentes ambientes sedimentarios se pueden dividir en tres grupos. En el primero, se ubican los núcleos de la Est. 33 (Fosa de Cariaco) y en la Est. 38 (Plataforma frente a la bahía de Pozuelos), cuyos sedimentos son limos arcillosos, de color verde oscuro a negro debido a una mayor influencia biogénica. El segundo grupo comprende los núcleos situados en la Est. 43 (Golfo de Paria), Est. 44 (Boca de Serpientes) y la Est. 45 (Plataforma frente a la desembocadura del río Orinoco). En estos núcleos, los sedimentos son del tipo arcilla-limosa de color gris verde a marrón y de marrón a gris oscuro respectivamente; es en éstas columnas de sedimentos donde se aprecia mayor influencia continental, la cual es debida a las descargas del río Orinoco y sus distributarios. El tercer grupo comprende los núcleos ubicados dentro del río Orinoco (Ests. 46 y 47), cuyos sedimentos son del tipo arenas, de grano fino y grueso, de color gris marrón claro a oscuro, de origen antropogénico.

Los núcleos de sedimentos del grupo I poseen los valores más elevados en el contenido orgánico y en los parámetros reductores (Tabla 2). Sin embargo, existe una marcada diferencia en la concentración de los parámetros geoquímicos estudiados, entre los sedimentos del primer grupo y de este grupo con respecto a los grupos dos y tres, debido posiblemente a diferencias en las tasas de sedimentación orgánica y a la degradación biológica y geoquímica.

TABLA 3. COMPARACION DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN LOS SEDIMENTOS DE LA PARTE CENTRAL Y NORORIENTAL DE VENEZUELA

Parámetros	Fosa de Cariaco	Plataforma de Venezuela	Golfo de Cariaco	Zona Nor-Oriental de Venezuela	Golfo de Paria	Laguna Grande	Laguna Unare	Laguna las Maritas	Boca de Serpientes	Plataforma del Orinoco	Río Orinoco			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
C — Orgánico %														
Max.	6,28	5,85	2,59	5,42	8,86	5,03	2,21	2,33	6,00	3,00	7,62	2,61	2,22	1,58
Mín.	4,29	2,81	1,75	0,34	0,30	0,18	1,15	0,74	0,50	0,50	0,346	1,11	1,52	0,36
Prom.	5,56	4,444	2,01	1,81	4,18	1,01	1,60	1,30	1,96	1,61	2,89	1,85	1,81	0,87
N — Orgánico %														
Max.	0,817	0,637	0,187	0,386	0,915	0,422	0,188	0,166	0,500	0,300	0,457	0,245	0,212	0,15
Mín.	0,319	0,127	0,145	0,226	0,023	0,015	0,062	0,061	0,050	0,100	0,021	0,080	0,102	0,03
Prom.	0,431	0,370	0,166	0,174	0,400	0,103	0,119	0,120	0,192	0,200	0,207	0,139	0,180	0,07
C/N														
Max.	19,2	20,4	16,8	19,5	17,6	14,7	21,5	16,2		16,0	18,5	25,5	17,0	21,0
Mín.	6,8	10,9	9,3	7,0	7,7	5,6	8,8	6,7		5,0	10,0	6,6	7,9	8,1
Prom.	13,6	11,3	12,4	12,6	11,3	9,7	14,5	10,9		9,5	13,9	14,5	10,5	12,5
Fósforo Total %														
Max.	0,152		0,199	0,175	0,239		0,124	0,18				0,092	0,092	0,043
Mín.	0,100		0,148	0,028	0,055		0,107	0,03				0,086	0,083	0,023
Prom.	0,133		0,168	0,104	0,121		0,114	0,06				0,089	0,087	0,032
N/P														
Max.	7,12		1,21	2,93	6,27		1,59	4,03				2,75	2,43	4,07
Mín.	2,28		0,81	0,41	0,29		0,58	0,55				0,73	1,19	0,70
Prom.	5,52		0,99	1,67	2,88		1,10	2,39				1,56	1,96	1,77

1. Este estudio; 2. Bonilla & Okuda (en preparación); 3. Este estudio (Plataf. de Pozuelos); 4. Bonilla (en preparación); 5. Bonilla & Lin (1974); 6. Okuda & Gómez (1964); 7. Este estudio; 8. Bonilla & Lin (1979); 9. López & Okuda (1968); 10. Okuda *et al* (1965); 11. Bonilla & Okuda (1971); 12, 13 y 14. Este estudio.

Tabla 3. Comparación del contenido de materia orgánica en los sedimentos de la parte central y nororiental de Venezuela.

TABLA 4. SIGNIFICANCIA DE LAS CORRELACIONES ENTRE EL CARBONO Y NITROGENO ORGANICO, C/N, CARBOHIDRATOS, CARBONATO DE CALCIO, MATERIA ORGANICA TOTAL FOSFORO TOTAL, CONSUMO KMnO<sub>4</sub> Y CONSUMO DE OXIGENO

Áreas Estudiadas	Tratamiento Estadístico	Nitrógeno Orgánico	C/N	Carbohidratos	Carbonato de Calcio	Materia Orgánica Total	Fósforo Total	Consumo KMnO <sub>4</sub>	Consumo Oxígeno
Fosa de Cariaco (Est. 33)	ts r	0,7199 N.S. 0,2124	0,7593 N.S. 0,1795	1,2054 N.S. 0,3416	0,1772 N.S. 0,1716	1,9277 N.S. 0,5025	0,9552 N.S. 0,2803	0,6773 N.S. 0,2001	— 0,9791 N.S. — 0,2954
Plataforma de Pozuelos (Est. 38)	ts r	— 0,7773 N.S. — 0,2243	— 2,5717 * 0,8763	— 0,6100 N.S. — 0,1735	— 0,9424 N.S. — 0,2625	1,9254 N.S. 0,2193	— 0,7378 N.S. — 0,2087	0,7364 N.S. 0,2079	— 0,4190 N.S. — 0,1201
Golfo de Paria (Est. 43)	ts r	3,5572 ** 0,7785	— 0,8124 N.S. — 0,2614	— 1,9123 N.S. — 0,3693	0,5236 N.S. 0,1719	1,2142 N.S. 0,3748	0,5160 N.S. 0,1697	— 2,9460 * — 0,5609	2,3601 * 0,6183
Boca de Serpientes (Est. 44)	ts r	— 0,0805 N.S. — 0,0235	1,9121 N.S. 0,4995 N.S.	0,2633 N.S. 0,0792	0,0263 N.S. 0,2076	2,2788 * 0,3294	0,0390 N.S. 0,0137	— 0,2974 N.S. — 0,0890	— 0,6335 N.S. 0,1880
Plataforma Río Orinoco (Est. 45)	ts r	0,9513 N.S. 0,2593	0,8576 N.S. 0,2504	0,2178 N.S. 0,0653	0,2169 N.S. 0,0502	— 0,0339 N.S. — 0,1107	2,1848 N.S. 0,1572	0,4571 N.S. 0,1365	0,4701 N.S. 0,1432
Río Orinoco (Est. 46)	ts r	6,6334 *** 0,9154	0,2678 N.S. 0,1007	— 0,0735 N.S. — 0,0278	0,9333 N.S. 0,6559	— 0,9061 N.S. — 0,3242	— 0,5828 N.S. — 0,2157	— 0,8577 N.S. — 0,3084	— 0,1366 N.S. — 0,0516
Río Orinoco (Est. 47)	ts r	2,6951 * 0,6681	1,6481 N.S. 0,4815	0,7934 N.S. 0,2556	— 0,0837 N.S. — 0,0279	— 0,2055 N.S. — 0,0683	— 0,0671 N.S. — 0,0169	— 2,1146 N.S. 0,5761	1,8805 N.S. 0,5311

ts: Prueba del estudiante (ts =  $\frac{s}{b}$ )  
 b NS = No significativo  
 \* = Significativo  
 \*\* = Muy significativa  
 \*\*\* = Altamente significativa  
 r: Valor de Regresión

Tabla 4. Significancia de las correlaciones entre el carbono y nitrógeno orgánico, C/N, carbohidratos, carbonato de calcio, materia orgánica total, consumo de KMnO<sub>4</sub> y consumo de oxígeno.

El elevado contenido orgánico observado en los sedimentos del núcleo de la fosa de Cariaco, quizás se debe a que está influenciada por las características hidrográficas y bioquímicas típicas, que imperan en este bioecosistema, principalmente por la formación de condición anóxica a partir de 375 mts (OKUDA *et al*, 1974; OKUDA & BENITEZ, 1974; RICHARDS, 1975). La escasa degradación biológica y geoquímica en las capas anóxicas impiden una total descomposición de la materia orgánica, cuya elevada tasa de sedimentación dará origen a su alto contenido orgánico en los sedimentos (DEGENS & MOPPER, 1975; DALE, 1978); BONILLA & LIN, 1979); señalan alto contenido orgánico con un mayor aporte biogénico u organogénico de los sedimentos de la parte central del golfo de Cariaco, cuyas características geoquímicas son relativamente parecidas a las observadas en el núcleo de sedimento de la Est. 33.

En cambio los sedimentos del núcleo de la Est. 38 situado entre la Plataforma continental, está influenciada por aguas más dinámicas. Según DEGENS & MOPPER (1975); la mayor parte de la materia orgánica en los sedimentos marinos es de origen autóctono y se deriva de restos planctónicos principalmente constituidos por carbohidratos y proteínas, que difieren de la materia orgánica del sedimento de origen terrígeno o continental, que procede de plantas terrestres cuya composición consiste esencialmente de lignina, celulosa y polen.

Los sedimentos de la Estación 38 poseen mayor influencia continental, que los de la Fosa de Cariaco, confirmada por la relativa baja concentración de contenido orgánico en los mismos (Tabla 1), los cuales pueden ser descompuestos más rápidamente por el efecto de la disturbancia causada por la acción de los vientos alisos y también, al producto de una mayor actividad biológica.

Por otra parte SELLIER DE CIVRIEUX & BONILLA, (1971); observaron en los sedimentos de la plataforma oriental venezolana

un contenido orgánico parecido a los valores obtenidos para la Est. 38 (Tabla 1) y lo relacionado con las características hidrográficas de las aguas del fondo, las cuales favorecen una rápida descomposición orgánica y un típico ambiente reductor.

En general, sin embargo, se puede afirmar que los sedimentos de este grupo poseen poca influencia continental y de factores abióticos, comparados con los de los otros dos grupos.

Los sedimentos del segundo grupo poseen menor contenido orgánico y mayor influencia continental, sin embargo, el contenido de materia orgánica del núcleo ubicado en la plataforma frente la bahía de Pozuelos (Est. 38) presenta bastante similitud con los núcleos ubicados en la parte central del Golfo de Paria (Est. 43) en Boca de Serpientes (Est. 44) y en la desembocadura del río Orinoco (Tabla 1), en la Est. 45. Por otro lado, entre los grupos II y III existe un amplio margen de diferencia en cuanto al origen y contenido de la materia orgánica en los sedimentos (Tabla 2).

Los sedimentos del núcleo situado al centro del Golfo de Paria, presentan bajo contenido de materia orgánica, a pesar de la textura similar de sus sedimentos con respecto a los dos núcleos de este grupo y muy inferior a las concentraciones del primer grupo (Ests. 33 y 38).

Según VAN ANDEL & POSTMA (1954); la acción de los vientos producen una mezcla de las masas de agua que suspende y arrastra el sedimento hacia afuera del Golfo de Paria, lo cual influye notablemente en el tipo y cantidad de materia orgánica depositada. BONILLA, (1977) y BONILLA & LIN (1979); confirmaron este fenómeno y lo atribuyeron también a la poca tasa de sedimentación y de deposición orgánica debido al lavado y arrastre que ejerce el sistema de corrientes que existe en el Golfo sobre el fondo.

El contenido de materia orgánica y la distribución que se observa en los núcleos de sedimentos situados en Boca de Serpientes y en la Plataforma frente a la desembocadura del río Orinoco son bastantes parecidos (Tabla 1, Figs. 4 y 5). BONILLA, (1977), reporta que las capas de agua cercanas al fondo de estas áreas están influenciadas por aguas oceánicas que penetran al Golfo de Paria a través de la Boca de Serpientes. Quizás por esta razón los sedimentos de estos núcleos presentan mayor concentración del ión cloruro y de humedad. Los valores del contenido orgánico y de los parámetros reductores, obtenidos en el núcleo de sedimentos de la Boca de Serpientes, son comparables a las concentraciones reportadas por BONILLA (1977) y BONILLA & LIN (1979).

Los sedimentos del núcleo situado en la plataforma frente a la desembocadura del río Orinoco se caracterizan por ser de grano fino y presentan un consumo de oxígeno elevado con un relativo alto contenido orgánico (Tabla 1, Fig. 6), aportado por el caudal del río Orinoco y sus distributarios siendo altamente reductores, determinando un equilibrio entre la acumulación y descomposición de la materia orgánica (razón C/N).

Los sedimentos del tercer grupo poseen el contenido de materia orgánica más bajo de las áreas en estudio (Tabla 2). Entre los núcleos de este grupo, se observa que los sedimentos de la estación 46 tienen mayor contenido de materia orgánica y de parámetros reductores que el núcleo de la estación 47. Esto se debe a la diferencia de textura y ubicación de ambos núcleos; ya que la estación, 46 se halla cerca de Boca Grande, una zona estuarina de relativo alto contenido orgánico, donde la corriente del río Orinoco, no es tan fuerte, mientras que la Est. 47 se encuentra situado netamente en el curso río Orinoco, donde la influencia de la corriente se refleja en la textura del sedimento, con bajo contenido orgánico y de parámetros reductores (Figs. 7 y 8).

La Tabla 3, muestra una comparación de los valores del contenido de materia orgánica de la parte central y nororiental de Venezuela, observándose que el núcleo situado en la Fosa de Cariaco presenta los sedimentos más ricos en materia orgánica con valores parecidos a los obtenidos por BONILLA & OKUDA, (1970) y comparable con los reportados para el Golfo de Cariaco (BONILLA & LIN, 1979). El núcleo de la plataforma frente a la Bahía de Pozuelos, presenta un contenido orgánico inferior al obtenido por BONILLA (1976); pero superiores a los observados en la parte Nor-Oriental de Venezuela por OKUDA & GOMEZ (1964). Por otra parte se aprecia que la Laguna Las Marites presenta sedimentos ricos en materia orgánica mucho más elevados que las de Unare y Laguna Grande, y comparables con los valores obtenidos en la plataforma. Igualmente se observara que el contenido de materia orgánica de las estaciones ubicadas en el río Orinoco (Est. 46 y 47) son los más bajos de toda el área de la región Nororiental de Venezuela. Los valores obtenidos en los sedimentos del Golfo de Paria son bajos con respecto a los de la Fosa de Cariaco, Plataforma de Venezuela, Golfo de Cariaco y Laguna Las Marites, y comparables con el resto de las áreas, exceptuando los del río Orinoco donde se presenta los valores más bajos de todos estos bioecosistemas. A pesar de la gran discrepancia, en cuanto al contenido de materia orgánica y parámetros reductores existe una razón C/N muy parecida, la cual indica que en los diferentes ambientes existe equilibrio entre la deposición y descomposición orgánica.

Para tratar de establecer la posible relación que existe entre los parámetros estudiados se aplicó un tratamiento estadístico de la prueba del estudiante ( $t_s$ ); y su valor de regresión (Tabla 4); entre el carbono con el contenido orgánico (nitrógeno orgánico, razón C/N, carbohidratos, fósforo total, y materia orgánica total) carbonato de calcio y los parámetros reductores (consumo de oxígeno y  $KMnO_4$ ).

Se puede apreciar que los sedimentos de los núcleos situados en la Fosa de Cariaco y en la Plataforma frente al río Orinoco, se presenta cierta tendencia a la correlación, no observándose ninguna significación entre el carbono y los demás parámetros (Tabla 4).

En el núcleo situado en la plataforma de Pozuelos, se encontró una correlación significativa entre el carbono orgánico y la razón C/N; el núcleo situado en el Golfo de Paria presenta una correlación muy significativa del carbono orgánico con el nitrógeno y significativa con los parámetros reductores.

Igual significancia se aprecia en el núcleo situado en la Boca de Serpientes, entre el carbono orgánico y la materia orgánica total. Por otra parte, en los núcleos ubicados dentro del río Orinoco, existe correlación entre el carbono y el nitrógeno orgánico, siendo altamente significativa en los de la estación 46 y significativa en la estación 47 (Tabla 4).

En conclusión podemos apreciar que el contenido y distribución de la materia orgánica depende tanto del origen, textura, tasa de sedimentación, deposición y descomposición orgánica y biológica que caracteriza los sedimentos de cada núcleo de los diferentes bioecosistemas en estudio, los cuales se hallan influenciados por las condiciones hidrográficas e hidroquímicas y biogeoquímicas del ambiente sedimentario a que pertenecen. Las características antes señaladas y a las razones carbohidratos/carbón-org. y carbohidratos/N-org. indican que los núcleos de sedimentos del primer grupo son de origen biogénico, aunque en los sedimentos del núcleo de la Fosa de Cariaco la materia orgánica proviene de un ambiente sedimentario de características netamente marinas y en el de la Plataforma de Bahía de Pozuelos, se halla expuesto más a la influencia de aporte de origen terrígeno.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los núcleos de sedimentos de la parte central del Golfo de Paria, Boca de Serpientes

y la plataforma del Orinoco señalan una mayor influencia continental. Los sedimentos del tercer grupo son típicamente continentales, cuya textura arenosa es una característica que confirma el bajo contenido de materia orgánica en este tipo de ambiente sedimentario.

La gran divergencia en el contenido de la materia orgánica en los sedimentos de los diferentes biosistemas estudiados, es difícil de explicar, ya que influyen diversos factores, relacionados en la génesis; características, granulométricas, tasas de sedimentación orgánica y alteración post deposicional a través de los procesos biológicos, químicos y geoquímicos. Según STEVENSON & CHENG, (1972) una combinación de varios factores son probablemente los responsables de estas discrepancias incluyendo (1) composición granulométrica (2) actividad de los organismos que viven en el agua sobre los sedimentos (3) biomasa bentónica (4) condiciones ambientales por la actividad biológica y geoquímica en los sedimentos. De acuerdo al contenido del consumo de oxígeno y de  $KMnO_4$ , los sedimentos del primero y segundo grupo, se pueden considerar que son altamente reductores.

#### AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al doctor TAIZO OKUDA por la lectura crítica del manuscrito. Igualmente al personal del Departamento de Oceanografía por su desinteresada colaboración, en especial a la señora LOURDES J. DE PEREZ por su invaluable contribución en la parte analítica; a los señores JESUS HERNANDEZ y EPIFANIO HERNANDEZ (dibujante), a la señora LOURDES DE RIVERO (mecnógrafa) y aquellas personas que en una u otra forma ayudaron en la realización de este trabajo.

#### REFERENCIAS

- ARTEM'YEV, V. YE. L. N. KRAYNSHKIN & YE. A. ROMANKIRCH  
1971. Determination of total amount of carbohydrates in  
Ocean sediment. *Oceanology*, 11: 934-936.

- ATHEARN, W. D. 1965. Sediments cores from the Cariaco Trench, Venezuelan IV Caribbean Geol. Conf. Trinidad. pp. 343-352.
- BAILEY-BROCK, J. H. 1979. Sediments trapping by chaetopterid polychaetes on & Hawaiian fringing reef J. Mar. Res., 37 (4): 643-656.
- BENÍTEZ-ALVAREZ, J. & T. OKUDA. 1976. Distribución del nitrógeno orgánico particulado en el Golfo de Paria. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 15 (1): 3-14.
- BERNER, R. A., M. R. SCOTT & C. THOMLINSON. 1970. Carbonate alkalinity in the pore waters of anoxic marine sediments. Limnol & Oceanogr. 15: 544-549.
- BONILLA, R. J. 1976. Características químicas de los sedimentos de la Plataforma Marina Venezolana. XXVI Convención AsoVAC Act. Cient. Venezolana Vol. 27 Suplemento 1: 129.
- . 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): 99-111.
- . 1982. Algunas características geoquímicas de los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente 21 (1-2): 135-155.
- BONILLA, R. J. & A. LIN. 1979. Materia orgánica en los sedimentos del Golfo de Paria y el Golfo de Cariaco. Ibid, 18 (1-2): 37-52.
- BONILLA R. J. & T. OKUDA 1970. Distribución de carbono y nitrógeno orgánico en los sedimentos de la Fosa de Cariaco. XX Convención AsoVAC Act., Cient. Venezolana Vol. 21. Suplemento 1: 60.
- BORDOVSKIY O. K. 1965. Accumulation and transformation of organic substances in marine sediments. Marine Geol., 3: 5-114.
- CARABALLO, L. F. 1967. Nociones sobre morfología marina. Los recursos Marinos Tomo 1, Inst. Oceanogr. Univ. Oriente, pp. 1-12.
- DALE, T. 1978. Total chemical and biological oxygen consumption of the sediments in Lindospollene, Western Norway. Mar. Biol. 49. 333-341.
- DEGENS, E. T. & K. MOPPER. 1975. Early diagenesis of organic matter in marine soils. Soils Sci. 119-(1): 65-72
- FRAGA, F & A. BALLESTER, 1966. Distribución vertical del Nitrógeno en la Fosa de Cariaco y su relación con el fosfato total. Mensc. Soc. Cienc. Nat. La Salle, 26 (75): 274-282.
- FUKUOKA, J. 1964. Observaciones oceanográficas cerca de la Isla de Trinidad y en las afueras de la desembocadura del río Orinoco. Ibid., 24 (67): 91-97.
- GADÉ, H. G. 1961c. On some oceanographic observations in the south eastern Caribbean Sea and the adjacent Atlantic Ocean with special reference to the influence of the Orinoco River. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 1 (2): 287-342.
- 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. BONILLA R. & J. BENÍTEZ 1983. Condiciones hidroquímicas en las aguas superficiales de la Cuenca Tuy Cariaco. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 22 (1 & 2): 87-101.
- GERCHAKOV S. M. & P. C. HATCHER 1972. Improved technique for analysis of carbohydrates in sediments. Limnol, Oceanogr. 17 (6): 938-943.
- 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.
- HERRERA, L. E. & G. FEBRES-ORTEGA 1975. Procesos de surgencia y de Renovación de aguas en la Fosa de Cariaco, Mar Caribe. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 14 (1): 31-44.
- HUNT, M. J. & J. K. WHELAN. 1980. Genesis of Petroleum Hydrocarbons in Marine Sediments. Science. 209 (18) 403-404.
- ITURRIAGA, R. 1979. Bacterial activity related to sedimenting particulate matter. Mar. Biol. 55 (3): 157-169.
- JOHNSON G., R. 1977. Vertical variation in particulate matter in the upper twenty centimeters of marine sediments. J. Ma. Res., 35 (2): 273-282.
- KROM, M. D. & R. A. BERNER. 1981. The diagenesis of phosphorus in a nearshore marine sediments, Geochim. Cosmochim Acta. 45: 207-216.
- LARES, L. B. & N. A. KHANDKER. 1972. Pesca de arrastre en las zonas de las lagunas de Tacarigua, Unare y Piritu. Con referencia especial a camarones. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 11 (1): 51-56.
- LONGBOTTOM, M. R. 1978. The distribution of *Arenicola marina* (L) with particular reference to the effects of particle size and organic matter of the sediments. J. exp. Mar. Biol. Ecol., 5: 138-157.
- LÓPEZ, M. & T. OKUDA 1968. Algunas observaciones sobre las características físico-químicas de los sedimentos y distribución de la fauna macrobentónica de Laguna Grande del Obispo (Venezuela). Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 7 (1): 107-128.

Características químicas en núcleos de sedimentos de la región nororiental y río Orinoco, Venezuela

- MALONEY, N. J. 1965. Geomorphology of the central coast of Venezuelan. *Ibid.*, 4 (2): 246-265.
- MALONEY, N. J. 1966. Geomorphology of Continental Margin of Venezuelan. Part. 1: Cariaco Basin. *Ibid.*, 5 (1 & 2): 38-53.
- MARTÍNEZ, A. R. 1981. Los recursos de hidrocarburos en las Areas Nuevas. Revista Petróleo y Tecnología, Enero-Febrero.
- MORA O., M. LÓPEZ & T. O. OKUDA. 1967. Algunas observaciones hidrobiológicas de la costa de Cumaná. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 6(2): 303-327.
- MORELOCK, J. 1972. Guayana-Orinoco continental shelf sediments. *Ibid.*, 11 (1): 57-61.
- MORELOCK, J. N. J. MALONEY & W. R. BRYANT. 1972. Structure and sediments of the Continental Shelf of Central Venezuela. *Ibid.* 11 (2): 127-136.
- MURPHY, J. & J. P. RILEY 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. 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.
- OKUDA, T. 1965. Consideraciones generales sobre las condiciones ambientales de la Laguna y Río Unare. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 4 (1): 136-154.
- OKUDA, T. & J. R. GÓMEZ 1964. Distribución del carbono y nitrógeno orgánico de los sedimentos en la región nororiental de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 3 (1 & 2): 91-105.
- OKUDA, T. & J. BENÍTEZ ALVAREZ 1974a. Condiciones hidrográficas de las capas superiores en la Fosa de Cariaco y áreas adyacentes durante la época lluviosa. *Ibid.* 13 (1-2): 147-162.
- OKUDA, T. J. BONILLA R. & A. J. GARCÍA 1974b. Algunas características bioquímicas en el agua de la Fosa de Cariaco. *Ibid.* 13 (1-2): 163-174.
- OKUDA, T. 1981. Análisis Hidroquímicos de la Bahía de Pozuelos y sus áreas adyacentes, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 20 (1-2): 11-22.
- PÉREZ, J. M. 1969. *La vie dans l'Océan* Ed du Seudil, París, pp. 192.
- RAINE, R. C. T., & J. W. PATCHING, 1980. Aspects of carbon and nitrogen cycling in a shallow marine environments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 47 (2): 127-139.
- RICHARDS, F. A. 1960. Some Chemical and hydrographic observations along the north coasts South America I. Cabo Tres Puntas to Curacao including the Cariaco Trench and the Gulf Cariaco. *Deep Sea Res.* 3 (3): 214-228.
- ROWE, G. T. C. H. CLIFFORD & K. L. SMITZ 1977. Nutrient regeneration in sediments of Cap. Blanc, Spanish Sahara. *Deep Sea Res.*, 24: 47-63.
- SELLIER DE CIVRIEUX, J. M. 1977. Foraminíferos indicadores de comunidades bentónicas recientes en Venezuela. Parte II. Ecología y distribución de los foraminíferos más frecuentes de la Plataforma Continental en el Parque Nacional Mochima. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 16 (1 & 2): 3-62.
- SELLIER DE CIVRIEUX, J. M. & BONILLA R. 1971. La influencia de los parámetros físico-químicos del fondo en las facies de foraminíferos bentónicos. *Ibid.* 10 (2): 15-34.
- STEVENSON, A. J. & C. N. CHENG. 1972. Organic geochemistry of the Argentine Basin Sediments: Carbon-nitrogen relationship and quaternary correlation *Geochim. Cosmochim. Acta* 36: 653-671.
- TOTH, D. J. & A. LERMAN. 1977. Organic matter reactivity and sedimentation rates in the ocean. *An. J. Sci.* 277: 465-485.
- TSUCHIWA, M. & Y. KURIARA 1960. Effect of the feeding behaviour of macrobenthos on changes in environmental conditions of intertidal flats. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 44: 85-94.
- VAN ANDEL, T., J. & H. POSTMA. 1954. Recent sediments of the Gulf of Paria. Reports of the Orinoco Shelf Expedition, Vol. I. *Noord Hollandesche Uitgevers. Mij.* 20 (5): pp. 245.

(Manuscrito recibido el 8 de abril de 1985).