

CARACTERIZACION ORGANICA DEL BIOSISTEMA LAGUNAR TACARIGUA-UNARE-PIRITU, VENEZUELA

JAIME BONILLA RUIZ & GILBERTO CEDEÑO

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

RESUMEN: Se conocen las características ambientales en el transcurso del tiempo en base a las condiciones termohalinas, altas temperaturas y variación halina, como eurihalina en la Laguna Tacarigua; hipersalinas en la Lagunas Píritu y hiposalinas en la Laguna Unare, las cuales son bioecosistemas de alta oxigenación. La materia orgánica nitrogenada en la masa de agua es elevada en la laguna Unare, de mayor influencia limnica, moderada en Laguna Píritu y baja en Laguna Tacarigua. Se determinan algunos aspectos geoquímicos de los sedimentos superficiales en 7 estaciones de la Laguna de Tacarigua y en 6 estaciones en las Lagunas de Unare y Píritu; en base al contenido y distribución de la materia orgánica (C-org; N-org; C/N; materia org. total, fósforo total, N/P y carbohidratos) y de parámetros reductores (consumo de oxígeno y azufre). En general, los sedimentos son arcillas-limosas (Tacarigua); limo-arcillas-arena-cuarzosa (Unare) y arcillas-limosas-arena fina (Píritu). Se encontró mayor contenido orgánico en la Laguna Tacarigua, valores moderados y comparables en Unare y Píritu. La razón C/N es alta en Laguna Tacarigua (26,5) indica que prevalece más el proceso de descomposición con mayor aporte orgánico de influencia terrígena. En Unare y Píritu la razón C/N son comparables (11,6 y 13,5), determinan que existe en estos biotopos una tendencia al equilibrio en el proceso de deposición del material fresco y la descomposición orgánica. El contenido de fósforo total es bajo y altas las razones N/P en las tres lagunas; señalando el elevado valor del N-org. una rápida degradación; y la poca capacidad de retención del fósforo por los sedimentos. Los carbohidratos totales son altos en laguna Píritu y bajos en laguna Tacarigua. En general, los parámetros reductores de estos biotopos determinan que son sedimentos con una gran capacidad reductora, con alta incidencia en la parte oeste de laguna Píritu. Los sedimentos de estas lagunas presentan una permeabilidad algo similar con un contenido hídrico medio entre 48,31 a 56,00%.

ABSTRACT: Environmental characteristics are known in the course of time on the basis of thermohaline conditions, high temperatures and haline variations such as eurihaline at Tacarigua lagoon, hypersaline at Píritu lagoon and hyposaline at Unare lagoon which are bioecosystems with high oxygenation: the nitrogenous organic matter in the water mass is very high at Unare, with elevated limnological influence, moderate influx at Píritu y low at Tacarigua lagoon. Some geochemical aspects of surface sediments were determined in seven stations at Tacarigua and six stations at Unare and Píritu, on the basis both of content and distribution of organic matter (C-org; N-org; C/N; org matter total; phosphorus total, N/P carbohydrates) and reducing parameters (sulphur and oxygen consumption). In general, the sediments are clayish muddy at Tacarigua, clay, quartziferous sand at Unare and clay muddy and fine sand at Píritu. Greater organic content was found at Tacarigua lagoon and moderate and comparable values at Unare and Píritu. C/N ratio is high at Tacarigua lagoon (26.5) this indicating prevalency of the decomposition process with greater organic contribution of terrigenous influence. At Unare and Píritu lagoons C/N ratios are comparable (11.6 y 13.5) indicating that in these biotopes there is a strong tendency towards equilibrium in the process of deposition of fresh matter and organic decomposition. Total phosphorous content is low, but the N/P ratios are high in all three lagoons indicating high values of organic nitrogen, quick degradation and little capacity for phosphorous retention by the sediments. Total carbohydrates are high in Unare lagoon, moderate in Píritu and low in Tacarigua lagoon. In general, the reducing parameters determine that these are sediments with great reducing capacity and high incidence in the western part of the Píritu lagoon. The sediments in these lagoons show a great permeability somewhat similar with a mid hydric content between 48.31 and 56.00%.

INTRODUCCION

El Biosistema lagunar Tacarigua-Unare-Píritu ha si-

do objeto de amplios estudios desde la década del año 60 por investigadores del Instituto Oceanográfico de Venezuela y de otras instituciones nacionales, abocadas al co-

nocimiento científico de los diferentes procesos biológicos, físico-químicos, geológicos y a la caracterización geoquímica que tienen lugar en las masas de agua, en la interfase agua-sedimento y en el sedimento del fondo por el efecto del aporte continental y oceánico (OKUDA *et al.* 1965 a, b y c, OKUDA 1968, OKUDA y BENITEZ 1985, GAMBOA *et al.* 1971; SPINELLO 1982, BONNIN 1983; HERNANDEZ 1983; LONGA y BONILLA 1987; GONZALEZ 1987).

Estos biocoecosistemas son de gran importancia socioeconómica y geomorfológica, por ser cuerpos de aguas de gran productividad biológica y orgánica, que tienen como consecuencia un incremento de la pesca, basada principalmente en Camurones (*Penaeus schmitti*), lebranche (*Mugil liza*), lisa (*M. curema*) y robalo (*Centropomus viridis* y *C. undecimalis*) etc.

Determinar comparativamente el contenido orgánico y su comportamiento en los sedimentos de estos biocoecosistemas lagunares podría ayudar al conocimiento del incremento de la fertilidad en estos biotopos, por la influencia del drenaje de los ríos con deposición del material orgánico e inorgánico y del aporte oceánico, atribuido al aumento de la productividad por la influencia de la sustracción costera típica de la región central-oriental, la cual podría incrementar la fertilidad de las aguas y sedimentos de estos sistemas lagunares por la mezcla de las masas de agua (laguna-oceano) mediante la pleamar y bajamar.

AREA DE ESTUDIO

El complejo lagunar "Tacarigua-Unare-Píritu", se encuentra ubicado en la costa Centro Oriental del país y pertenece a la cuenca sedimentaria Tuy-Cariaco.

a) LAGUNA DE TACARIGUA: Situada en la cuenca baja del Río Tuy y está conformada exteriormente por sedimentos aluviales y arenas marinas. Predominando inicialmente el sedimento limo-arcilla; arcilla-limo y separada la albufera del mar caribe por una barra arenosa que varía entre 300 y 100 mts. de ancho con longitud de 28 km en dirección sureste-noreste y anchura 5 km norte-sur, comunicada con el Mar Caribe a través de una boca en su parte occidental. La laguna tiene poca profundidad $\pm 1,3$ mts. Sin embargo, no admite variación hidrogequímica como la Laguna de Unare, ya que recibe aporte continental permanente a través de un canal que la comunica con el Río Guapo drenando dicha zona por el aporte continuo de sedimentos finos y que está recubierta interiormente por manglar dando la apariencia de islas (GAMBOA *et al.* 1971); OKUDA (1968) estimó el área cubierta por

las aguas de la laguna en 63 km² y un área total incluyendo los manglares de 78 km².

- b) LAGUNA DE UNARE: Está localizada en la costa del Edo. Anzoátegui, en la parte sur del Mar Caribe, separada de éste por una barrera arenosa que varía entre 200 y 600 mts. de ancho, formada principalmente por el material aportado por el Río Unare. Tiene una longitud este-oeste de 22 km y ancho máximo de 5,5 kms en dirección norte-sur. En sus fondos predominan los sedimentos arcillosos de 88 a 98% principalmente montmorillonita, caolita, clorita e illita, y las arenas finas gruesas de 2 a 12%, constituidos por minerales de cuarzo. Se considera como una laguna parcialmente cerrada siendo casi nulo el intercambio Mar Caribe-Laguna y altamente positivo el aporte Río Unare-Laguna, lo que determina la baja energía en su interior favoreciendo la acumulación de fango e incremento de material orgánico terrígeno en sus fondos por drenaje línico.
- c) LAGUNA DE PIRITU: Se cree que su origen es a causa del avance sedimentario por el transporte y acumulación de los sedimentos del Río Unare (BALDA, 1976) que dividió a una inmensa laguna en dos albuferas; Oriental (Píritu) y Occidental (Unare). Separada del Mar Caribe por una barrera arenosa, de 150-300 mts. de ancho. Debido a su geomorfología en la época de sequía se interrumpe el libre flujo de agua continental por la región nor-occidental siendo el único aporte de agua fresca el marino a través de su boca (± 200 metros de ancho) en el extremo oriental por efecto de las mareas. Determinándose durante la época de sequía a la escasa profundidad con intensa evaporación que incrementa la temperatura, y el contenido salino, desde la boca hacia el occidente. En invierno esta condición adversa se hace menos acentuada por el aporte restringido del agua continental a través del Caño Píritu en la parte nor-occidental, lo que determina que sigan prevaleciendo las características hipersalinas. Tiene la Laguna 16,5 km de longitud en la dirección E-W y anchura 5 km, con una área de 37 km². En sus fondos predominan los sedimentos finos, arcilla (76,5%); limo (18,42%) y la arenas 4,92% y su color varía de amarillo-marrón a gris-oscuro. En su sedimento arcilloso se detecta la presencia de Clorita, Geothita, Muscovita, Feldespato y Cuarzo, estos últimos aluminosilicatos de origen terrígeno (GONZALEZ, 1987).

MUESTREO Y METODOS

Se escogieron 7 estaciones en laguna Tacarigua y 6 estaciones en la laguna de Unare y Píritu (Fig. 1) para la re-

Caracterización del biosistema lagunar Tacarigua, Unare, Píritu, Venezuela.

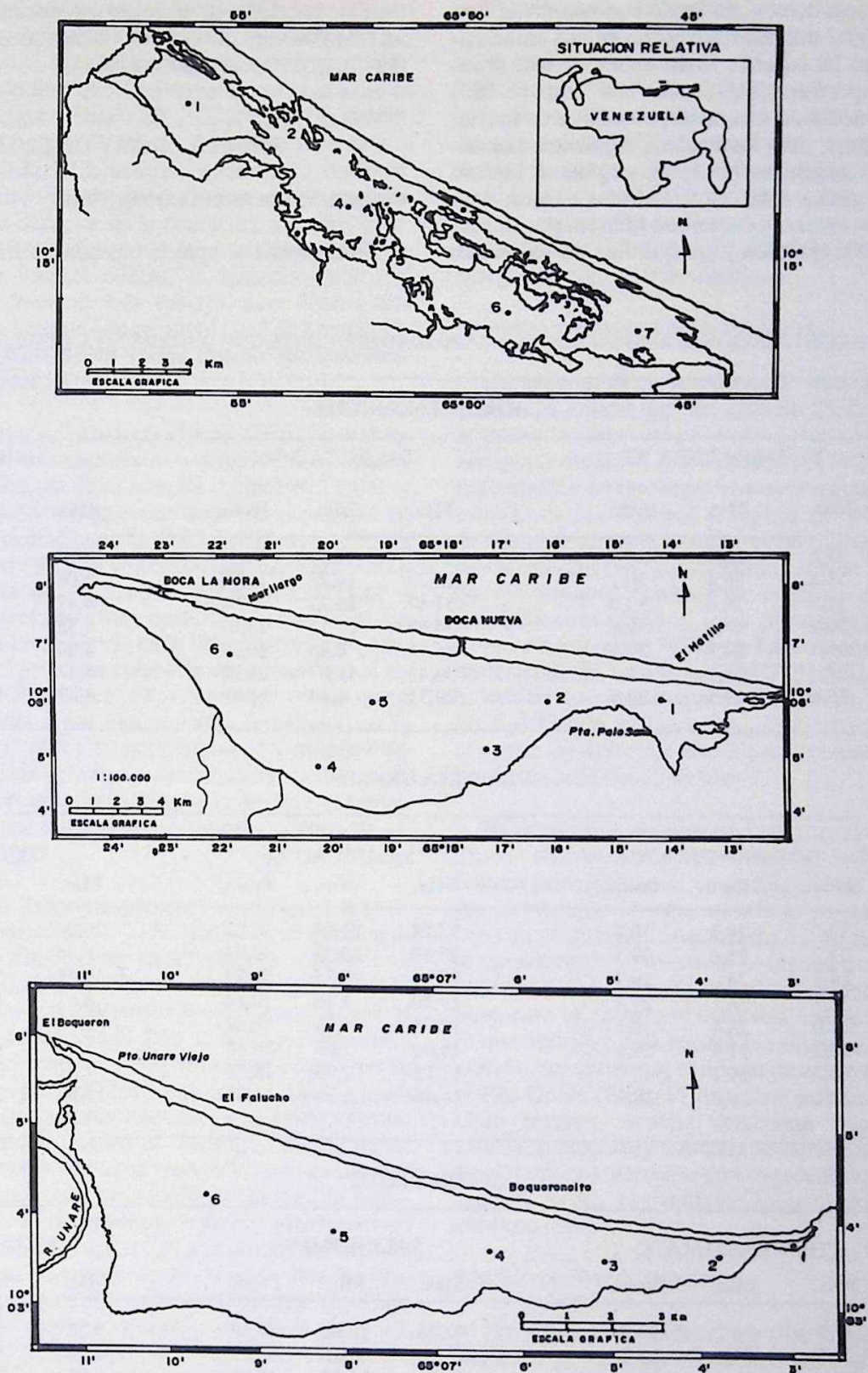


Fig. 1.- Mapas indicando las estaciones de muestreo.

colección de los sedimentos del fondo con una draga tipo Diez Laffont de 0,02 m² de área a bordo de una embarcación adecuada para las lagunas. El sedimento se secó al vacío y a baja temperatura (lío-filizador Uni-Trap 10-100) se homogenizó mediante trituración mecánica en mortero eléctrico (Fisher), para los análisis siguientes por triplicado, carbono orgánico, nitrógeno orgánico, fósforo total, materia orgánica total, carbohidratos totales, consumo de oxígeno, azufre, y contenido hídrico, por las técnicas clásicas de la química y geoquímica de sedimento

marino, reseñada en trabajos anteriores, OKUDA (1964); ARTEM'YEV *et al* (1971), GERCHAKOV & HATCHER (1972), BONILLA & OKUDA (1971).

RESULTADOS Y DISCUSION

CARACTERISTICAS HIDROGRAFICAS:

En la tabla 1 se aprecia una comparación de la caracte-

TABLA 1.- CARACTERIZACION TERMOMIALINA Y VARIABILIDAD DEL CONTENIDO DE OXIGENO A TRAVES DEL TIEMPO

LAGUNA TACARIGUA									
AÑOS	TEMPERATURA °C			SALINIDAD ‰			OXIGENO ml/l		
	Máx.	Min.	Prom.	Máx.	Min.	Prom.	Máx.	Min.	Prom.
1967	33,6	26,7	30,1	23,14	7,70	18,55	4,92	4,20	4,62
1968	33,8	26,4	30,1	25,23	14,72	19,06	5,06	3,93	4,48
1969	31,8	26,6	30,0	37,87	13,25	25,52	4,47	3,06	3,60
1980	30,2	28,5	29,6	34,65	16,17	24,62	4,38	3,58	3,62
1981	30,1	27,8	29,4	26,16	8,65	19,27	4,90	2,63	3,60
1982	29,5	26,3	28,3	36,43	11,07	29,30	4,37	1,19	3,53
1983	30,6	29,5	29,8	29,31	6,42	22,49	6,47	0,90	4,39

LAGUNA UNARE									
AÑOS	TEMPERATURA °C			SALINIDAD ‰			OXIGENO ml/l		
	Máx.	Min.	Prom.	Máx.	Min.	Prom.	Máx.	Min.	Prom.
1962	37,0	26,7	30,8	92,28	21,09	36,28	14,04	1,76	5,36
1963	32,7	25,0	29,5	85,19	20,23	42,53	6,44	1,48	3,79
1964	34,5	24,0	29,3	95,05	29,35	59,73	10,58	5,41	6,14
1981	32,8	26,1	29,8	19,30	4,26	10,84	8,67	4,15	5,98
1982	31,0	28,4	30,1	14,76	1,28	10,59	5,62	3,12	4,74
1983	30,2	27,9	29,6	18,01	1,05	14,16	5,96	4,74	5,06
1984	31,2	30,1	30,9	17,18	12,06	15,76	7,97	5,58	6,30
1986	32,0	26,0	28,9	14,44	3,34	11,08	12,26	2,44	5,08

LAGUNA PIRITU									
AÑOS	TEMPERATURA °C			SALINIDAD ‰			OXIGENO ml/l		
	Máx.	Min.	Prom.	Máx.	Min.	Prom.	Máx.	Min.	Prom.
1982	31,3	26,7	28,8	49,06	29,06	36,69	6,55	1,97	4,22
1983	28,3	26,8	27,7	67,45	37,15	45,71	4,02	3,01	3,51
1986	32,1	30,4	31,3	58,26	36,35	44,12	5,51	3,61	4,23
1987	30,8	25,0	28,6	65,75	36,64	45,64	6,06	3,33	4,01

rización termohalina y variabilidad del contenido del oxígeno a través del tiempo en las tres albuferas. En general la temperatura se presenta diferente en los tres ecosistemas, apreciándose que las temperaturas más altas se obtuvieron en Laguna Unare (24,0-37,0°C) y ligeramente inferiores en Laguna Tacarigua (26,4-33,6°C) y en Laguna Píritu (25,0-32,1°C), aunque su promedio son comparables en los tres ecosistemas. El mayor calentamiento en las lagunas depende de la época del año (lluvia-sequía-transición), afectados por la poca profundidad, la intensidad de los vientos alisios, la radiación solar y el aporte de guas límnicas más cálidas, esto último está más reflejado en Laguna Unare. En el caso de Laguna Píritu, se evidencia un mayor aporte marino que continental, con aguas menos cálidas.

En general, en estas albuferas el parámetro que más incidencia tiene en las condiciones hidrográficas es la salinidad apreciándose en ellas grandes variaciones a través del tiempo y siendo la Laguna de Unare la que señala las más drásticas fluctuaciones la cual cambió su condición de hipersalinidad (20,23 a 95,05‰) que fue característica en la década del año 60 a hiposalinidad (1,05 - 19,30‰) desde el año 1970, cuando se cerraron las bocas de Mora y Nueva ubicada en la flecha arenosa las cuales constituían el principal aporte de agua marina y al represamiento del Río Unare. Es interesante señalar que a partir del año 1984 al presente se viene apreciando un ligero incremento en el contenido salino del bioecosistema lagunar, quizás debido a una mayor filtración constante de agua marina a través de la barra arenosa y el aporte de la misma por el Río Unare durante la época de sequía.

La Laguna de Tacarigua presenta condiciones normales de albufera salina (6,42-37,87‰) al igual que Laguna Píritu, esta última con características hipersalinas (29,06-67,45‰), debido a la escasa penetración de agua continental a causa del desnivel geomorfológico por el taponamiento y relleno en el área de drenaje continental (Fig. 1) y el flujo continuo de agua marina a través de su boca (Este), poca profundidad y alta evaporación y escasa precipitación pluviométrica (OKUDA *et al* 1985; GONZALEZ, 1987); no así la Laguna de Tacarigua la cual recibe un aporte permanente de agua marina y continental (Río Guapo), además de configuración internamente de sublagunas bordeadas de manglares la favorece para mantener su condición ambiental típica con alta productividad biológica y orgánica. El contenido de oxígeno disuelto (Tabla 1) en las lagunas es alto a través del tiempo (L. Tacarigua (0,90, 6,47 ml/l); L. Unare (1,48-14,94 ml/l) y L. Píritu (197-6,55 ml/l), determinando que existe alta oxigenación y elevada productividad biológica. Los valores promedio de oxígeno de la laguna de Tacarigua (3,53-

4,62 ml/l) son comparables a los de Laguna de Píritu (3,51-4,23 ml/l); pero inferiores a Laguna Unare (3,79-6,30 ml/l) donde a partir del año 84 se incrementan las concentraciones hasta llegar a valores de sobre saturación de oxígeno algo parecido a como se presentaba en la década del año 60, sin los efectos catastróficos de mortandad de peces y desequilibrio ecológico, esto está indicando que existe en la actualidad un marcado deterioro de las condiciones ambientales, lo que puede redundar en la formación del inicio de condiciones de eutroficación con graves afectos bioecológicos.

MATERIA ORGANICA NITROGENADA:

En general, el contenido de la materia orgánica nitrogenada en los cuerpos de agua de las Lagunas. (Tabla 2) se presentan muy irregular. Se aprecia que la fracción de nitrógeno orgánico dominante es el NOP, principalmente se obtiene en las áreas de mayor influencia de las escorrentías de los ríos por el aporte del material suspendido, en el cual predominaba el NOP, según lo reportado por Neybech (1982), para la mayoría de los ríos del mundo. No obstante, el nitrógeno orgánico en estos ecosistemas lagunares según el valor promedio presenta un ligero incremento en el NOD en Tacarigua y Unare (1982) y marcadamente en Píritu (1982/83) y Unare (1983) esto es debido quizás a mayor influencia de la escorrentía de los ríos Guapo y Unare (Fig. 1) a estos ecosistemas con el aporte de desechos domésticos e industriales y agrícolas de las áreas circunvecinas.

Es interesante resaltar un incremento de la materia orgánica nitrogenada (NOP-NOD y NOT) a través del tiempo principalmente en la Laguna de Unare y Tacarigua donde se evidencia un influjo de elementos biogénicos con el drenaje constante de los Ríos Unare y Guapo respectivamente. No así en la laguna de Píritu, donde el relleno sedimentario de la región occidental impide prácticamente la escorrentía del Río Unare hacia la laguna, lo que hace que esta laguna sea (hipersalina) típicamente marina, sin embargo, el aporte de nitrógeno orgánico por el Río Unare (Caño Píritu) tiene influencia en el ecosistema lagunar, similar fenómeno reportó GONZALEZ (1987), siendo muy marcada la influencia en la época de lluvias, en comparación con sequía decreciendo el contenido de N-org. el occidente hacia el oriente, comunicación con el mar.

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

En general, el contenido y distribución de la materia orgánica en los sedimentos superficiales de las áreas costeras está afectada por diversos agentes ambientales de naturaleza biótica y abiótica que altera su composición.

Las características químicas de los sedimentos en el complejo Lagunar Tacarigua-Unare-Píritu se muestran en la tabla 3. Señalando marcada discrepancia en el contenido orgánico, con valores muy elevados de C-org. -(1,95-13,02%) en Laguna Tacarigua, siendo bajos y muy semejantes en Lagunas de Unare (0,864-4,02%) y Píritu (0,651-4,02%), similar comportamiento presentan el N-org; razón C/N, y diferente el fósforo total y carbohidratos. No obstante el N-org. en los tres ecosistemas Lagunares señalan un fenómeno biogeoquímico parecido de acuerdo a su valor promedio (tabla 3) con un ligero incre-

mento en la Laguna de Tacarigua. Esto demuestra que en estas lagunas se deposita una mayor cantidad de materia orgánica fresca en comparación con las lagunas de Unare y Píritu; trayendo como consecuencia que en los sedimentos de Laguna Tacarigua se realiza una intensa actividad microbiológica en el proceso de mineralización de la materia orgánica; siendo el N-org. más aprovechado por los organismos y por otra parte, éste se libera hacia la masa de agua. STEVENSON y TILO, (1970) aducen que los sedimentos ricos en N-org. tienen bajo contenido de carbonatos y que el exceso de iones Ca^{++} y Mg^{++} pueden preser-

TABLA 2.- COMPARACION DEL CONTENIDO DE LA MATERIA ORGANICA NITROGENADA EN EL AGUA DE LAS ALBUFERAS.

LAGUNA TACARIGUA						
	1982			1983		
	NOP	NOD	NOT	NOP	NOD	NOT
Máx.	128,26	62,32	190,58	118,06	44,26	162,32
Min.	8,16	17,41	25,57	11,20	25,90	37,10
Prom.	44,76	44,62	89,38	53,70	42,27	95,07

LAGUNA UNARE						
	1982			1983		
	NOP	NOD	NOT	NOP	NOD	NOT
Máx.	95,38	31,01	126,39	91,97	120,93	212,90
Min.	15,84	20,62	36,46	38,17	38,73	76,90
Prom.	41,82	51,01	92,83	54,62	101,08	155,70

LAGUNA PIRITU						
	1982			1983		
	NOP	NOD	NOT	NOP	NOD	NOT
Máx.	91,81	37,46	129,27	56,71	16,56	73,27
Min.	5,66	6,37	12,03	0,87	12,83	13,70
Prom.	13,87	37,47	51,34	11,49	21,74	33,23

NOP = nitrógeno orgánico particulado.

NOD = nitrógeno orgánico disuelto.

NOT = nitrógeno orgánico total.

var mejor los constituyentes nitrogenados a través de la formación de sales insolubles y complejas quelatantes. En los ecosistemas lagunares en estudio se puede considerar alto el contenido de Ca^{++} y Mg^{++} por su formación estructural prevaleciendo de minerales de tipo arcilloso (LONGA y BONILLA, 1987; GONZALEZ, 1987) básicamente montmorillonita, Caolita, Illita y Clorita. En estos sedimentos la clorita puede ser un derivado de la montmorillonita por la agregación de una capa de Mg, Al (OH) entre cada estructura de montmorillonita siempre en presencia de agua de mar rica en iones magnesio (MASON y MOORE, 1982). Por otra parte, es posible la precipitación química de sales de magnesio y calcio al producirse elevada evaporación de la masa de agua, como es el caso del bioecosistema lagunar Tacarigua-Unare-Píritu. Esto parece concordante con el alto contenido orgánico existente en Laguna Tacarigua, pero no con la concentración de N-org. en las tres Lagunas señalando que predomina más el proceso bioquímico de descomposición biológica y transformación físico-química de la materia orgánica a pesar del más bajo contenido orgánico y alta evaporación prevaleciente en Lagunas Unare y Píritu. MAITA *et al* (1982), aducen que los cambios en el contenido de C-org y N-org. son controlados por una combinación de la elevada productividad planctónica, ratas de deposición y variación en el aporte de materia orgánica terrestre, que son características de las albuferas en estudio.

El elevado contenido de C y N-org y bajo valor de fósforo total de Laguna Tacarigua, en El Placer (Est. 4); Laguna Grande (Est. 6) y el Cazote (Est. 7), quizás es debi-

do a que son áreas sin o con limitada influencias límnicas y marinas, directa, (Fig. 1), sino que están protegidas por manglares lo que favorece la sedimentación y acumulación orgánica. En las mismas áreas GAMBOA *et al* (1971) reportó un fenómeno similar en la masa de agua con incremento de nitrógeno orgánico e inorgánico.

La razón C/N señala marcada variación en los biotopos lagunares, siendo más elevada en Laguna Tacarigua (20,4-34,2), que en Unare (5,8-17,7) y Píritu (9,6-17,0). Esto está demostrando que la razón C/N depende más de la naturaleza, cantidad y calidad de la materia orgánica y raramente del tipo y textura del sedimento. Los elevados rangos de la razón C/N son indicativos de que el mayor porcentaje de materia orgánica es de origen terrígeno principalmente en el sedimento de laguna Tacarigua, en cambio en Laguna Unare y Píritu tiene un mayor aporte orgánico de origen marino con una apreciable cantidad de materia orgánica terrígena.

Según POCKLINGTON y LEONARD (1979), los altos índices de la relación C/N están limitadas a lagunas, bahías, fiords donde es abundante y muy significativa la contribución de la materia orgánica de origen vegetal terrestre.

Por otra parte, la concentración de N-org. de estos bioecosistemas que se refleja en el elevado valor de la razón C/N es indicativo de la existencia de procesos biogeoquímicos en áreas altamente oxigenados ya que esto permite la acelerada descomposición orgánica con mayor libera-

TABLA 3.- COMPOSICION QUIMICA DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL BIOSISTEMA LAGUNAR TACARIGUA - UNARE PIRITU.

	L A G U N A S								
	TACARIGUA			UNARE			PIRITU		
	Máx.	Min.	Prom.	Máx.	Min.	Prom.	Máx.	Min.	Prom.
C-Orgánico %	13,02	2,55	6,70	4,02	0,864	2,59	4,02	0,651	2,64
N-Orgánico %	0,638	0,057	0,282	0,310	0,148	0,215	0,295	0,068	0,196
C/N	34,2	20,4	26,5	17,7	5,8	11,6	17,0	9,6	13,5
Fósforo total %	0,087	0,017	0,056	0,082	0,053	0,071	0,204	0,022	0,079
N/P	8,99	0,95	5,28	4,58	1,80	3,26	9,77	0,45	4,02
Materia org. total %	17,73	2,01	7,42	13,67	5,08	8,81	14,12	2,11	6,94
Carboh. totales mg/g	8,07	0,87	3,78	9,05	3,59	6,32	8,89	2,71	5,99
Carboh./C-org.	1,33	0,17	0,56	4,16	1,71	2,44	4,16	1,87	2,27
Carboh/N-org.	40,96	3,60	13,40	35,99	22,93	29,40	49,78	23,39	30,56
Consumo Oxígeno P.Pm.	805,3	131,6	366,5	525,5	157,6	375,2	699,5	113,8	340,8
Azufre ‰	6,40	0,337	2,27	5,81	1,48	3,30	18,21	0,376	4,77
H ₂ O %	74,56	30,19	50,50	68,38	27,06	56,00	64,40	22,63	48,31

ción de N-org. La baja razón C/N puede indicar por una parte, que su origen es característico de muestras con un bajo contenido orgánico, se puede explicar sobre la base de la gran cantidad de nitrógeno fijado como amonio, debido al aprovechamiento y a la degradación orgánica a expensas de la actividad biológica por la acción de los microorganismos. Según BROWN *et al* (1972) y NIESSENBAUM *et al* (1972), la actividad microbiológica altera los procesos diagenéticos de los compuestos de nitrógeno orgánico, cambiando la composición de los aminoácidos en el sedimento, siendo relativamente más rápida la descomposición de los aminoácidos ácidos que la de los básicos con cierto incremento de este último.

Las Figs. 2-A y B señalan una alta correlación del C-org. con el N-org. en los sedimentos de laguna de Tacarigua ($r = 0,99$); Unare ($r = 0,74$) y Píritu ($r = 0,91$); igualmente con la razón C/N, excepto en laguna Píritu ($r = 0,45$) que su comportamiento es independiente.

En general, el contenido de fósforo total es bajo en los tres ecosistemas lagunares (Tabla 3), siendo irregular y comparable localmente entre las lagunas Tacarigua (0,017-0,087%); Unare (0,053-0,084) con valores más uniformes y Píritu (0,022-0,204%) de acuerdo al valor promedio es ligeramente superior en Píritu (0,079%) y más bajo en Tacarigua (0,056%). En la Fig. 3-A se señala

una buena correlación del carbón orgánico con el fósforo total en los sedimentos de la laguna Unare ($r = 0,780$); cierta tendencia a la misma en Píritu ($r = -0,45$) e independientemente en Tacarigua ($r = -0,24$). La razón N/P señala en las tres lagunas valores más divergentes que el fósforo total (Tabla 3), con variaciones locales en cada albufera. Altas razones N/P en Tacarigua (0,95-8,99) excepto en la Est. 2 (área de la Boca, Fig. 1), donde se obtuvo bajo valor de N-org. (0,083%); moderadas en Píritu (0,45-9,77) no así en la Est. 3 que señala el menor valor de fósforo total (0,022%) y alto contenido N-org. (0,215%) y bajas y más uniformes razones N/P en Unare (1,80-4,58). El bajo valor de fósforo total en los sedimentos de los biocoecosistemas lagunares está demostrando la poca capacidad que tienen estos sedimentos para retener fósforo en condiciones naturales. Otra causa posible es que bajo el control de ciertos mecanismos en los procesos de difusión, desorción, reacciones químicas y efectos biológicos, el fósforo total es liberado desde la zona de bioturbación del sedimento hacia la columna de agua, donde el contenido de fósforo es alto, (OKUDA, 1968; OKUDA y BENITEZ, 1985; GONZALEZ, 1987 y LONGA & BONILLA, 1987) también, el bajo contenido de fósforo se puede atribuir a que mucho del P₂₀₅ es asociado con óxidos de metales. El incremento de fósforo localmente en las albuferas tiene lugar mediante la biodescomposición orgánica y regeneración bajo condiciones

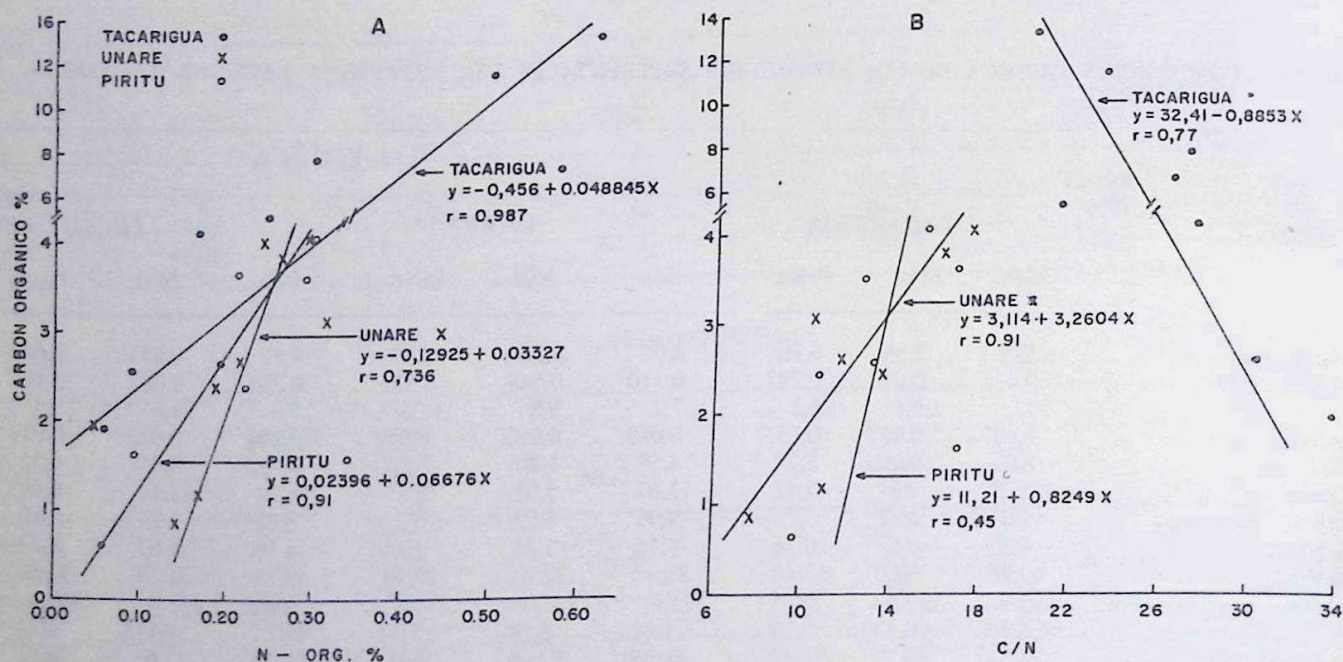


Fig. 2.- Correlación del carbón-orgánico nitrógeno-orgánico y la razón C/N.

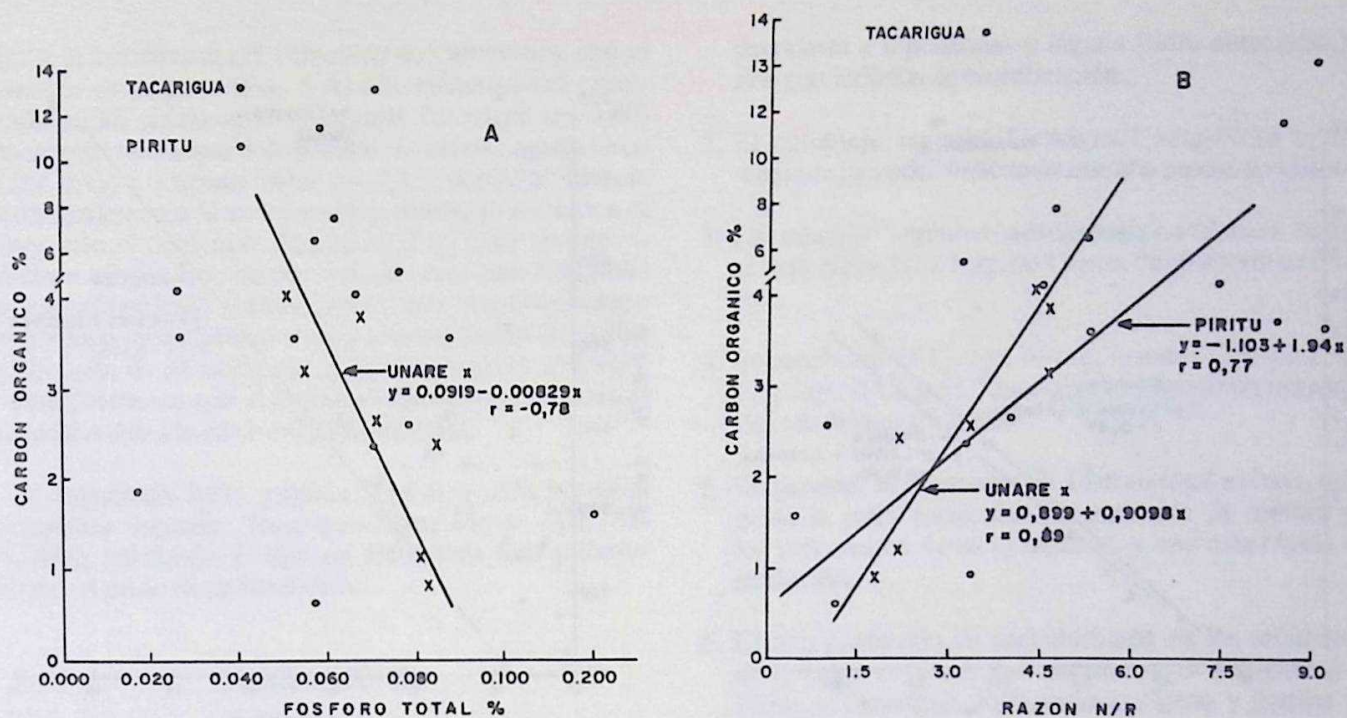


Fig. 3.- Correlación del carbón-orgánico con el fósforo total y razón N/P.

anaeróbicas. Los valores más uniformes de fósforo total, en Laguna Unare, se debe a que es un ecosistema hiposalino cuya condición es mantenida por la influencia constante del Río Unare con el aporte de fósforo por este río al ecosistema. La alta razón N/P en los sedimentos lagunares está evidenciando un gran aporte de materia orgánica con el elevado contenido de N-org. en ellas, con una más rápida descomposición del fósforo por la influencia biológica. Esto está evidenciado en la Fig. 3-B, donde se aprecia una buena correlación del carbón orgánico con la razón N/P en los sedimentos de la laguna Unare ($r = 0,89$); Píritu ($r = 0,77$); no así en la Laguna Tacarigua ($r = 0,12$).

El contenido de materia orgánica total, es muy irregular en estos ambientes lagunares y localmente en cada una presenta amplias fluctuaciones, no obstante el valor promedio (tabla 3) es comparable entre sí, siendo ligeramente superior a la Laguna Unare (8,81%) la cual recibe mayor aporte orgánico de origen terrígeno y bajo contenido en la Laguna Píritu (6,91%). Existe en la laguna de Tacarigua una buena correlación entre C-org. y la materia orgánica total ($n = 0,98$), no así en las Lagunas Unare ($r = 0,66$) y Píritu ($r = 0,56$) donde se aprecian una tendencia a la misma y confirmándose en Laguna Unare el mayor aporte de materia orgánica de origen terrígeno.

Los carbohidratos totales y las razones carbón/C-org.

y Carbón/N-org. (Tabla 3), muestran en los ecosistemas lagunares diferencias marcadas entre las albuferas, con amplias variaciones locales. Estos carbohidratos totales fluctúan entre 0,87 - 0,8, 0,7 mg/g en laguna Tacarigua; 3,59-9,05 mg/g en L. Unare y 2,71-8,89 mg/g en Laguna Píritu, con un mayor valor promedio en L. Unare (6,32 mg/g) al igual que la materia orgánica total y la baja concentración de carbohidratos totales en laguna Tacarigua, con un fenómeno contrario al comportamiento del N-org. En esta laguna se aprecian bajas razones carboh/C-org. y carboh/N-org. lo cual indica que existe un alto contenido de materia orgánica nitrogenada y carbonada, no así en las lagunas de Unare y Píritu (Tabla 3) donde las razones son altas, señalando las influencias marcadas del aporte orgánico terrígeno por el río Unare y de factores bióticos "in situ", con una floreciente población de flora y fauna. Los carbohidratos totales en los sedimentos superficiales de estos biotopos lagunares son superiores a los reportados para el Golfo de Paria (0,32-2,79 mg/g) pero inferiores a los valores de 0,40-31,20 mg/g obtenidos en el Golfo de Cariaco (BONILLA y LIN, 1979). Por otra parte, DEGEN & MOPPER (1975) y ARTEM'YEV (1960 y 1970), aducen que el contenido y distribución de los carbohidratos en los sedimentos, en parte es el reflejo del contenido de la materia orgánica de origen biótico (autóctono o alóctono) terrígeno con un contenido de glucosa de 70% y marino entre 15 a 25% de glucosa. Así,

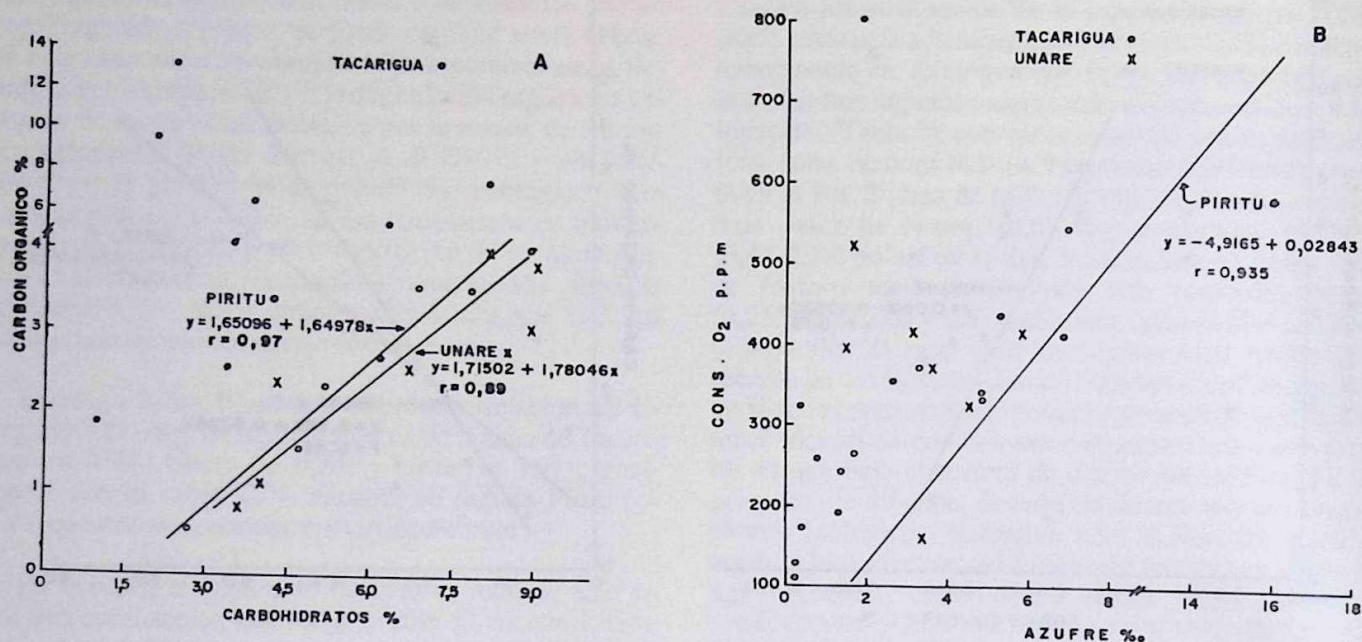


Fig. 4.- Correlación del carbón-orgánico con carbohidratos y del consumo de oxígeno con azufre.

generalmente sedimentos con alta concentración de glucosa y bajo de ribosa revela que el material es terrígeno, fenómeno contrario se obtiene en el planctón marino. Similar característica se reportó para el Golfo de Cariaco donde existe alto contenido de carbohidratos, con una rica y floreciente población planctónica cuya mayor influencia de aporte orgánico es marino (BONILLA & LIN, 1979; BONILLA, 1982). Se encontró una alta correlación de los carbohidratos totales con el C-org. (Fig. 4-A) en los sedimentos de las Lagunas de Tacarigua ($r=0,65$); Unare ($r=0,89$) y Píritu ($r=0,79$) señalando, que los carbohidratos lagunares son estables y de mayor influencia terrígena (Unare). Estas correlaciones son similares a las obtenidas en los sedimentos de los Golfos de Paria ($r=0,71$) y Cariaco ($r=0,90$).

Las condiciones reductoras de los sedimentos superficiales del complejo lagunar Tacarigua-Unare-Píritu se representan por el consumo de oxígeno y el azufre. Los parámetros reductores (tabla 3) al igual que el contenido orgánico son irregulares y señalan marcadas variaciones locales, así el consumo de oxígeno fluctúa entre 131,6-805,3 p.p.m. en Laguna Tacarigua; 157,6-525,5 p.p.m. en Laguna Unare y 113,8-699,5 p.p.m. en Laguna Píritu, guardando estrecha relación con el contenido orgánico (C y N-org. fósforo total y materia orgánica total) sin embargo, el valor promedio es muy similar y

comparable a las tres lagunas (340,8-375,2 p.p.m.).

El contenido de azufre es más divergente en el sistema lagunar Tacarigua (0,34-6,40‰); Unare (1,48-5,81‰); Píritu (0,38-18,21‰) que el consumo de oxígeno y la materia orgánica, señalando el grado y condiciones reductoras prevalecientes en cada ambiente sedimentario lagunar. A pesar de presentar los sedimentos de las lagunas características geomorfológicas, comparables por estar constituido por la fracción predominante de tipo arcilla-limosa, el contenido orgánico es bajo en las lagunas de Unare y Píritu, siendo estos los ecosistemas con el mayor índice de degradación orgánica, cuyos sedimentos son altamente reductores, (Tabla 3), como lo confirma la elevada concentración de azufre de la Est. 5 en el oeste de la Laguna de Píritu en un sedimento arcillo-limoso-negro de penetrante olor nauseabundo, indicando el indicio del grado de deterioro en que se encuentran estas lagunas, el cual está reflejado en la correlación consumo de oxígeno-azufre (Fig. 4-B), apreciándose alta relación en Píritu ($r=0,94$) con un comportamiento dependiente, no así en Tacarigua ($r=0,34$) y Unare ($r=0,28$) que no se encontró ningún tipo de correlación, con un comportamiento independiente, posiblemente donde es más lento ese proceso.

Con la finalidad de conocer el grado de degradación or-

gánica se correlaciona el contenido de carbon-org. con el consumo de oxígeno (Fig. 5-A) obteniéndose alta correlación en los sedimentos de Laguna Tacarigua ($r = 0,80$) con un procedimiento dependiente, no así en Laguna Unare ($r = 0,43$) y Laguna Píritu ($r = 0,46$) donde se aprecia cierta tendencia a la correlación también, se relaciona el C-org. con el contenido de azufre, (Fig. 5-B) no encontrándose ningún tipo de correlación; esto está indicando un comportamiento independiente, con una distribución del carbono inhomogéneamente y una oxidación del sulfuro diferente de un ambiente lagunar sedimentario a otro, lo cual determina que el carbono orgánico no controla el grado de reducción en estos bioecosistemas.

El contenido hídrico (tabla 3) es muy parecido en el ecosistema lagunar Tacarigua-Unare-Píritu (22, 63-74,56%), señalando el tipo de sedimento fino prevaliente y el grado de permeabilidad.

CONCLUSIONES

1. La caracterización termohalina con el transcurso de los años se presenta divergente en el complejo Lagunar Tacarigua-Unare-Píritu, siendo la condición halina en los tres ecosistemas diferentes, laguna Tacarigua netamente marino, laguna Unare de condiciones hi-

persalinas a hiposalinas y laguna Píritu netamente marina con indicios de eutroficación.

2. El complejo lagunar Tacarigua-Unare-Píritu es altamente oxigenado, indicando una alta productividad.
3. La materia orgánica nitrogenada en la masa de agua es más elevada en Laguna Unare, cuyo aporte es límnico.
4. El contenido de C-org., N-org, razones C/N y N/P son mayores en Laguna Tacarigua, indicando un mayor influjo de origen terrígeno.
5. En general, el contenido de fósforo total es bajo, reflejando la poca capacidad de retención de fósforo por los sedimentos de estas lagunas, y una más rápida degradación.
6. El alto contenido de carbohidratos en los sedimentos de la Laguna Unare indican un mayor terrígeno y en Píritu y Tacarigua, influencia terrígena y marina (fitoplanctón).
7. Los sedimentos del complejo Lagunar Tacarigua-Unare-Píritu, son altamente reductores, con un índice de mayor degradación en Laguna de Píritu.

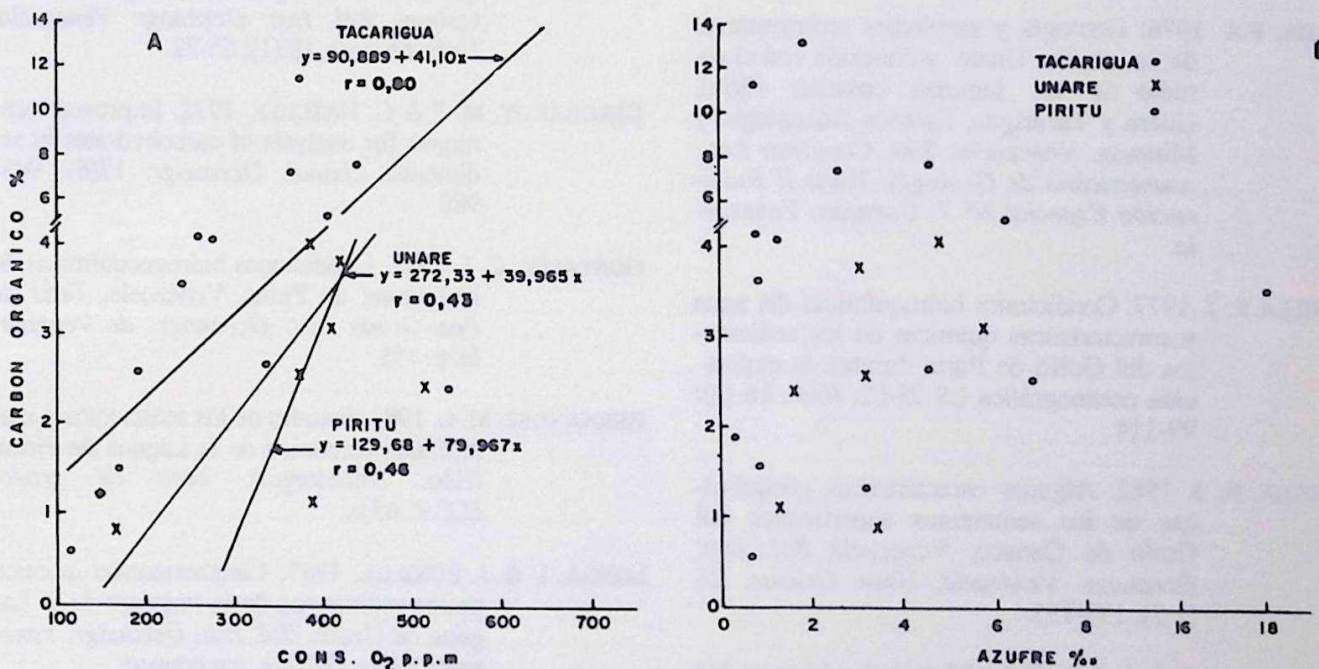


Fig. 5.- Correlación del carbón orgánico con el consumo de oxígeno y azufre.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros agradecimientos al personal del Dpto. de Oceanografía, del Instituto Oceanográfico de Venezuela, en especial a la SRA. LOURDES DE PEREZ, por el trabajo analítico, al Dr. WILLIAM SENIOR, por la lectura del manuscrito, al Prof. JULIO CESAR SALAZAR por su valiosa colaboración en el tratamiento estadístico, al Prof. ANILIO ABADIA por su colaboración en el abstract, al señor JESUS HERNANDEZ (dibujante) y a la SRA. LOURDES DE RIVERO (mecanógrafa) y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de esta investigación.

REFERENCIAS

- ARTEM'YEV, V. 1969. Carbohydrates in bottom sediments of the Kuril kamachatka trench. *Oceanology*. 9 (2): 203-207.
- ARTENYEV, V. YE. 1970. Carbohydrates in the bottom sediments of Central Pacific. *Ibid.*, 10 (4): 508-513.
- L. N. KRAYNSHKIN & YE. A. ROMANKIRCH. 1971. Determination of total amount of carbohydrates in ocean sediments. *Oceanology* 11 (6): 934-936.
- BALDA, F.A. 1976. Geología y ambientes sedimentarios de la región Unare y conexión con el estudio de las lagunas costeras Píritu, Unare y Tacarigua, Estados Anzoátegui y Miranda, Venezuela. 2do. Congreso Latinoamericano de Geología. Tomo II Publicación Especial N° 7. Caracas. Venezuela.
- BONILLA R. J. 1977. Condiciones hidroquímicas del agua y características químicas de los sedimentos del Golfo de Paria durante la expedición oceanográfica LS 73-02. *Ibid.*, 16 (2): 99-114.
- BONILLA, R. J. 1982. Algunas características geoquímicas de los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*. 21 (1-2): 133-155.
- BONILLA R. J. & A. L. LIN. 1979. Materia orgánica en los sedimentos de los Golfos de Paria y Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*. 18 (1 & 2): 37-52.
- BONILLA, R. J. & T. OKUDA. 1971. Condiciones hidroquímicas del agua y características químicas de los sedimentos de la Laguna de Las Marites (Margarita) Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Universidad de Oriente. 10: 81-91.
- BONNIN, M. 1983. Estudio de la productividad primaria de la laguna de Unare (Edo. Anzoátegui). Tesis de grado U.C.V. 85 p.
- BROWN, F. S., M. J. BACDECKER, A. NISSENBAUM & I. R. KAPLAN. 1972. Early diagenesis in a reducing fjord. Saanich Inlet. British, Columbia III, changes in organic constituents of sediments. *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 36 1185-1203.
- DEGENS, E. T. & K. MOPPER. 1975. Factors controlling the distribution and early diagenesis of organic material in marine sediments. In *Chemical Oceanography*. J. R. Riley and R. Chester (eds). Academic Press. N. Y. Vo. 3. Chapter 31: 61-113.
- GAMBOA, B., A. GARCIA, J. BENITEZ & OKUDA. 1971. Estudio de las condiciones hidrográficas y químicas en el agua de la Laguna de Tacarigua. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*. 10 (1): 55-72.
- GERCHAKOY, M. P & G. HATCHER. 1972. Improved techniques for analysis of carbohydrates in sediments. *Limnol. Oceanogr.* 17(6): 943-989.
- GONZALEZ, C. J. 1987. Condiciones hidrogeoquímicas de la Laguna de Píritu, Venezuela. Tesis de Post-Grado Inst. Oceanogr. de Venezuela. p. 151.
- HERNANDEZ, M. L. 1983. Estudio de los sedimentos y macrofauna bentónica de la Laguna de Píritu. (Edo. Anzoátegui). Tesis de grado, U.C.V. 65 p.
- LONGA, I. & J. BONILLA. 1987. Caracterización química de los sedimentos de la interfase de la Laguna de Unare. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*. (en prensa).
- MAITA, Y., S. MONTANI & J. ISHII. 1982. Early diagenesis

- of aminoacids in Okhotsh sea sediments. *Deep Sea Res.* 29 (4A): 485-498.
- MASSON, B. & C. MOORE. 1982. *Principles of Geochemistry*. John Wiley & Sons N. Y. (Cap. 6). 344 p.
- NEYBECK, M. 1982. Carbon, nitrogen and phosphorus transport by world rivers. *Amer. J. Sci.* 282: 401-450.
- NISSENBAUM, A., M. J. BAEDECKER & I. R. KAPLAN, 1972. Organic geochemistry of Dead Sea sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 36: 709-723.
- OKUDA, T. 1964. Some problems for the determination of organic carbon in marine sediments. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente.* 3 (1-2): 106-117.
- OKUDA, T. 1968. Estudio comparativo de las condiciones hidrográficas de las lagunas de Unare y Tacarigua. *Laguna* (17-18): 15-24.
- OKUDA, T. & J. BENITEZ. 1985. Evaluación comparativa de las condiciones hidrográficas en el sistema lagunar Tacarigua-Unare-Píritu. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 24: 199-211.
- OKUDA, T. & BENITEZ. 1965c. Variación estacional de los elementos nutritivos en el agua de la Laguna y Río Unare. *Ibid.*, 4 (1): 123-135.
- OKUDA, T., J. GOMEZ, J. BENITEZ & A. GARCIA. 1965a. Condiciones hidrográficas de la Laguna y Río Unare. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente.* 4(1): 60-107.
- OKUDA, T. J. BENITEZ & J. GOMEZ 1965 b. Características químicas de los sedimentos de la Laguna y Río Unare. *Ibid.*, 4 (1): 108-122.
- SPINIELLO, P. 1982. Composición, variaciones especiales y análisis de sucesión del fitoplanctón de la Laguna de Unare (Edo. Anzoátegui) *Tesis de grado U.C.V.* 45 p.
- STEVENSON, F. J. & S. N. TILO 1970. Nitrogenous constituents of deep sea sediments. *Proc. Thrid. Int. Meeting Org. Geochem. London. England:* 227-253.