

## Nitrógeno, fósforo y cociente C/N en los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, Sucre, Venezuela

María Valentina Fuentes Hernández

Departamento de Bioanálisis, Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. Fax 093 317801; mfuentes@ci.udo.edu.ve

Recibido 29-VI-2000. Corregido 3-VII-2000. Aceptado 6-VIII-2000.

**Abstract:** The basal behaviour and relationship with organic carbon ( $C_{org}$ ) content and prevailing granulometric fractions, of organic nitrogen ( $N_{org}$ ), total phosphorus (P-total) and C/N ratio in surface sediments of Chacopata lagoon, Sucre State, Venezuela, were studied. Concentrations and spatial gradients were determined in sixteen stations following a common method for marine sediments.  $N_{org}$  concentrations varied between 0.102 and 0.510% ( $\bar{x}$  = 0.237%), total phosphorus between 0.012 and 0.094% ( $\bar{x}$  = 0.058%) and C/N ratio between 9.27 and 44.47 ( $\bar{x}$  = 20.53). The higher contents of  $N_{org}$  and total phosphorus are from sections with an abundance of mangroves, marine phanerogams, macroalgae, benthonic biomass and migratory birds shelters. The C/N ratio shows the typical values for carbonated sediments, indicating that the nitrogenous compounds are rapidly degraded and the organic matter presents itself as humic substances. This parameter was moderately associated with silt and clay, and showed antagonism with sand, whereas  $N_{org}$  and phosphorus showed no correlation with them. The organic contribution is purely autochthonous: no anthropogenous contributions were found.

**Key words:** Geochemistry, lagoon, sediments, autochthonous organic contribution, production, degradation, Venezuela.

La topografía de las lagunas costeras favorece la acumulación de materia orgánica, haciendo posible su sedimentación por las condiciones de calma. Esta materia orgánica proviene de organismos fotosintéticos marinos y terrestres y es transportada hacia ellas por ríos, escorrentías y vientos. En algunos casos, los desechos urbanos e industriales provocan incrementos, que a veces llevan a su contaminación y eutrofización (Romankevich 1984).

En los sedimentos finos se conserva 80% de la materia orgánica. Es la energía

disponible para diversos procesos biogeoquímicos y una fuente potencial de nutrientes, de los cuales el 94% proceden de la vegetación halófila del ecosistema terrestre circundante de las lagunas (Arena 1979). Una prueba de ello es la distribución de lípidos de alto peso molecular de plantas vasculares en sedimentos superficiales (Hedges 1992).

La producción, aporte y descomposición de la materia orgánica en el agua y en el sedimento determinan y controlan, en gran medida, la composición química de la columna de agua, la distribución de la fauna y de la flora

y las características geoquímicas del fondo. Estos procesos de circulación metabólica regulan la fertilidad orgánica del área y se asocian con la alta productividad biológica de las lagunas, por ser esenciales para la micro y macrovegetación, las cuales constituyen la base de las cadenas tróficas (De la Lanza y Cáceres, 1994), convirtiendo a las lagunas costeras en zonas de interés socioeconómico y científico. Por tal motivo, el estudio geoquímico del carbono, nitrógeno, fósforo, cociente C/N tienen gran relevancia.

En la región nororiental de Venezuela se han realizado muchas investigaciones referentes a características geoquímicas y sedimentarias de las lagunas costeras (Zarzosa 1974; Salazar *et al.* 1986, Longa y Bonilla 1987, Bonilla y Cedeño 1989; Bonilla y González 1992, Salazar 1995). Sin embargo, sobre la laguna de Chacopata, Estado Sucre, Venezuela, solo aspectos biológicos, ecológicos y algunos parámetros hidrográficos han sido estudiados (Liñero 1994). Investigaciones recientes revelan la presencia de abundante carbono orgánico en sus sedimentos areno limosos y limoarenosos, que proviene principalmente de flora auctótona y se acumula en zonas poco dinámicas (Fuentes *et al.* 1997). Estos sedimentos superficiales presentan un alto contenido de carbonato de calcio (aragonito y calcita) y altos consumo de oxígeno y demanda química de oxígeno para verificar los procesos bióticos y abióticos (Fuentes *et al.* 1997, Fuentes 1999).

El estudio del nitrógeno, el fósforo y el cociente C/N es útil para comparar la productividad y descomposición de la materia orgánica y determinar las fuentes de nutrientes, su comportamiento y las relaciones entre ellos. El conocimiento de las condiciones actuales del ecosistema permitiría controlar de manera racional la intervención antrópica, si en el futuro se desarrolla socioeconómicamente la zona.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La laguna de Chacopata está localizada en

la costa nororiental de Venezuela, entre 10° 39' 00" y 10° 41' 00" N. y 63° 47' 30" y 63° 49' 50" W. (Fig.1). Este cuerpo de agua es semejante a un rectángulo, con una longitud máxima de 4 km en dirección NE-SO y anchura máxima de 2 km. Tiene comunicación con el mar Caribe, a través de un canal de 20 a 40 m de anchura, situado al oeste de la laguna, con una profundidad de aproximadamente 3 m. En la parte central, presenta un estrechamiento de 500 m de anchura, cuya forma en el sur se debe al aporte sedimentario continental, arrastrado por escorrentías esporádicas y fuertes.

Densos manglares bordean la costa norte y occidental, mientras que en la oriental y sur son dispersos y poco desarrollados; igualmente, se aprecian praderas de *Thalassia* al norte, nororiente y centro, así como abundantes macroalgas, sobre todo al oriente. Además, la infauna es prolífica, constituida predominantemente por poliquetos y el bivalvo *Gemma gemma*. En el oriente y suroriente se refugia fauna silvestre: flamencos, fragatas y aves limícolas.

Una amplia zona de la laguna presenta sedimentos arenolimosos; sin embargo, en el norte y suroccidente son limoarenosos, los cuales retienen considerable carbono orgánico, proveniente de los manglares, fanerógamas marinas y macroalgas. Los sedimentos son muy heterogéneos, debido a su procedencia: continentales arrastrados por vientos y escorrentías, y biogénicos auctótonos: carbonato de calcio de esqueletos planctónicos y restos calcáreos de organismos bentónicos.

El muestreo de los sedimentos superficiales se realizó durante el mes de noviembre de 1996, en 16 estaciones (Ests.), una en el área marina de la boca, 12 en el cuerpo de agua de la laguna y tres en tierra firme. Los sedimentos de la parte interna se recolectaron con una draga Dietz Laffont de 0.02 m<sup>2</sup> de área y los del exterior, con una espátula plástica y adecuadamente preservados. Las muestras fueron liofilizadas y pulverizadas. La determinación del nitrógeno orgánico se realizó mediante el método semimicro Kjeldahl

(Bonilla y González 1992); el cociente C/N, estimando el cociente entre el carbono orgánico y nitrógeno orgánico (Fuentes *et al.* 1997) y el fósforo total por Hansen y Robinson (1953) y Murphy y Riley (1962). Se obtuvo la matriz de correlación de Pearson (Systat 6.0;  $p < 0.05$ ), usando las concentraciones de los parámetros investigados en el presente trabajo,  $C_{org}$  (Fuentes *et al.*, 1997) y texturas sedimentarias (Fuentes 1999).

## RESULTADOS

**Nitrógeno orgánico ( $N_{org}$ ):** La distribución espacial del  $N_{org}$  (Fig. 2a) muestra un incremento en las concentraciones de aproxi-

madamente 0.05% desde la Est. 2, donde se ubica el valor mínimo (0.102%) y la fuerte corriente arrastra y lava los sedimentos, hasta el suroriente (Est. 13), zona menos dinámica, donde se presentó el valor máximo de 0.510%. En ambas estaciones la textura de los sedimentos es arenosa. La isolínea de 0.20% separa el ecosistema en tres áreas: la que se desplaza desde la boca al suroeste y centro, mostrando las concentraciones más bajas (0.102 – 0.161%) y que son similares a las encontradas en la Est. 1 (0.120%) y en el exterior de la laguna (0.127 – 0.177%), donde los sedimentos son arenosos y arenolimosos; la del noroeste, de concentración relativamente alta (Est. 5, 0.318%) y la oriental. Esta

### CUADRO 1

*Nitrógeno orgánico, cociente C/N y fósforo total en los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata.*

TABLE 1

*Organic nitrogen, C/N ratio and total phosphorus in superficial sediments of laguna de Chacopata.*

Est.	$N_{org}$ %	C/N	P-total %
1	0.120	19.08	0.044
2	0.102	14.90	0.061
3	0.160	24.75	0.081
4	0.133	44.66	0.066
5	0.318	17.39	0.052
6	0.160	33.31	0.059
7	0.161	31.80	0.056
8	0.273	14.32	0.094
9	0.494	12.83	0.057
10	0.298	23.56	0.030
11	0.253	29.18	0.056
12	0.359	15.07	0.076
13	0.510	9.27	0.046
14	0.177	10.85	0.062
15	0.145	11.24	0.012
16	0.127	16.22	0.074
	0.237	20.53	0.058
S	0.130	9.90	0.019

$N_{org}$ : nitrógeno orgánico; C/N: cociente C/N; P-total: fósforo total

CUADRO 2

*Matriz de correlación de Pearson*

TABLE 2

*Pearson correlation matrix*

	C <sub>org</sub>	N <sub>org</sub>	C/N	P-total	Arena	Limo	Arcilla
C <sub>org</sub>	1.000						
N <sub>org</sub>	0.440	1.000					
C/N	0.342	-0.609	1.000				
P-total	-0.252	-0.170	0.007	1.000			
Arena	-0.792	-0.103	-0.055	0.153	1.000		
Limo	0.779	0.058	0.555	-0.278	-0.967	1.000	
Arcilla	0.555	0.158	0.418	0.257	-0.682	0.518	1.000

N<sub>org</sub>: nitrógeno orgánico; C/N: cociente C/N; P-total: fósforo total(\*) Los datos de C<sub>org</sub> y Textura se tomaron de Fuentes *et al.* (1997) y Fuentes (1999), respectivamente.

última mostró isolíneas que se incrementaron armónicamente desde el centro hacia el extremo suroriental y valores que fluctuaron entre 0.270 y 0.510%. El promedio general del N<sub>org</sub> en la laguna fue de 0.237% y la desviación estándar de 0.130% (Cuadro 1).

**Cociente C/N:** La distribución espacial de el cociente C/N en los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata se muestra en la Fig. 2b, observándose un comportamiento bastante irregular y diferente al del N<sub>org</sub>, indicando un amplio intervalo de variabilidad de la materia orgánica carbonada y nitrogenada. La isolínea de 15, en el noroccidente, centro y oriente, divide al ecosistema en dos zonas: la occidental, con isolíneas que se incrementan cada 5 en dirección sur (15 - 44) y que muestra el valor máximo de 44.66 (Est. 4); y la oriental, que presentó un comportamiento descendente, a medida que se desplazan del noreste (isolínea de 25) hacia el sureste (isolínea de 10). En esta última zona, se encontró el valor mínimo (Est. 13; 9.27), indicando una menor degradación, tendiendo al equilibrio, mientras que en la zona anteriormente dicha la situación no es la misma, señalando que se favorece la degradación. La media de este cociente es de 20.53 y la

desviación estándar de 9.90 (Cuadro 1).

**Fósforo total (P-total):** La distribución espacial del fósforo (Fig. 2c) se presenta muy diferente a las de los parámetros antes citados. La concentración del P-total aumentó levemente desde la boca hacia el centro y occidente (0.05 - 0.09 %) y disminuyó desde el centro hacia el oriente, norte y sur (0.09 - 0.04 %), cuyo valor más bajo es comparable al de la zona marina (Est. 1; 0.05%). Un ligero incremento se produce en la región oriental (0.06 - 0.07 %). La concentración del P-total (Cuadro 1) varió entre 0.030 % en la Est. 10 y 0.094% en la Est. 8, promedio de 0.058% y desviación estándar de 0.019%. En la parte externa de la laguna se registraron las concentraciones siguientes: Est. 14 (0.062%), similar a la de la Est. 12 (0.071%), ambas aledañas; Est. 15 (0.012%) y Est. 16 (0.074 %).

## DISCUSIÓN

El valor promedio de N<sub>org</sub> es parecido al de 0.231% reportado por Salazar *et al.* (1986) en los sedimentos de la laguna de Las Marites, también al valor de 0.21% obtenido por Bonilla y González (1992) en la laguna de

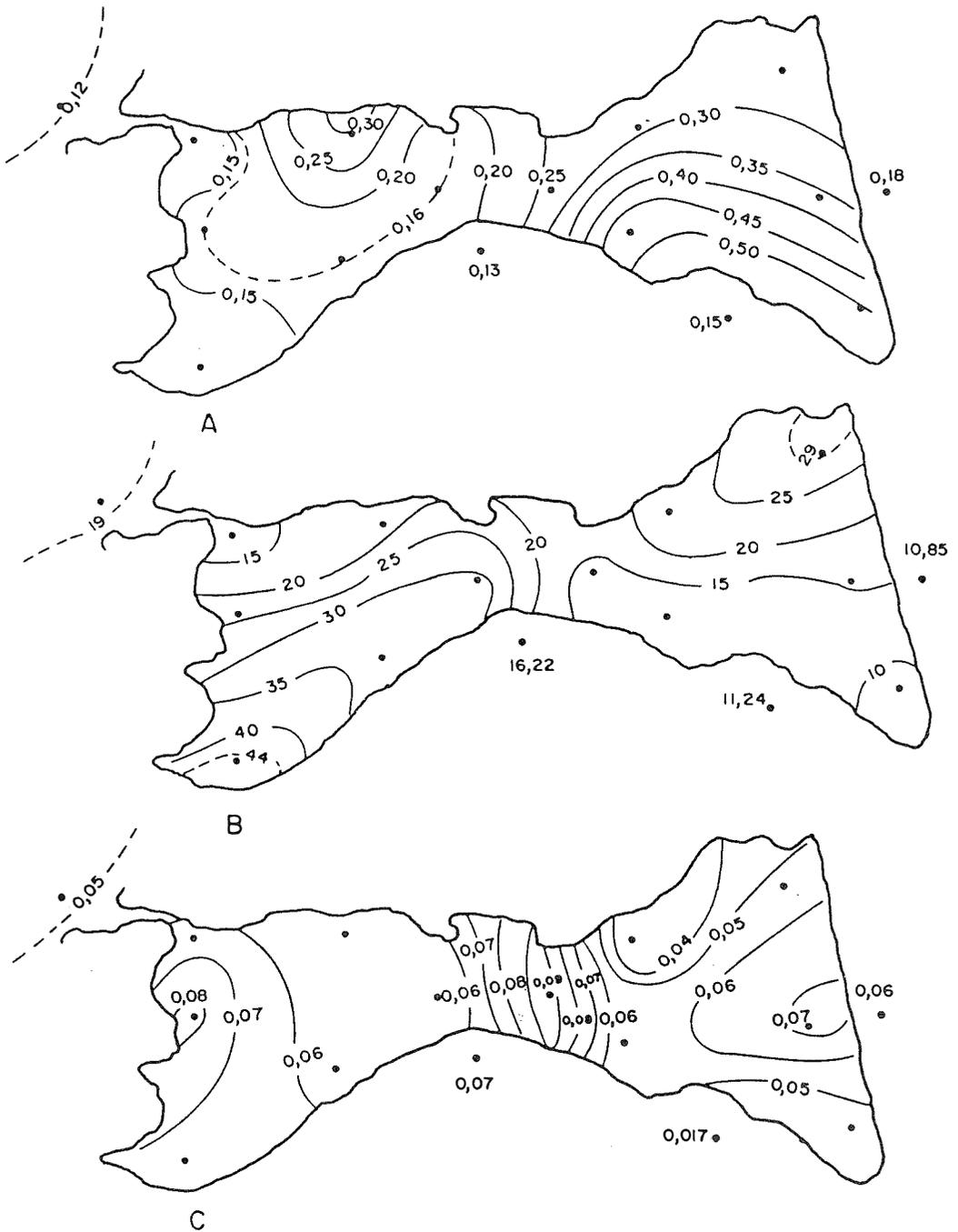


Fig. 1. Distribución espacial del nitrógeno orgánico (a) en porcentajes (%), cociente C/N (b), fósforo total (c) en porcentaje (%) en los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata.

Fig. 1. Spatial distribution of organic nitrogen (a) as percentage (%), C/N ratio (b), total phosphorus (c) as percentage (%) in superficial sediments of laguna de Chacopata.

Píritu, pero inferior al encontrado por Bonilla y García (1975) para la laguna de Campoma (0.84%). El contenido de  $N_{org}$  en estos ecosistemas evidencia su formación natural *in situ* y los efectos exógeno y bioquímico, principalmente por acción bacteriana, favorecidos por las temperaturas elevadas de estos cuerpos someros; ello indica una actividad abiótica favorable para la degradación del  $N_{org}$ . Todo parece indicar que los manglares son la fuente primordial de  $N_{org}$  para el ecosistema, aunados a los aportes de las fanerógamas marinas (*Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*, entre otras) y de las macroalgas. Cabe señalar que en el centro existe la pradera más extensa de *Thalassia*, cuyas hojas y raíces, en descomposición, proporcionan  $N_{org}$  al sedimento. Los poliquetos, al movilizar los sedimentos, incrementan aún más las concentraciones. De la Lanza y Cáceres (1994) sostienen que la vegetación halófila de algunas lagunas costeras representa el 94% de las entradas de nitrógeno, el resto lo aportan los ambientes marino y fluvial, la desecación, resquebrajamiento y difusión del sedimento, la lluvia y la fijación molecular, en este orden de importancia. En el suroriente de la laguna de Chacopata, aportes significativos se deben a las excretas de flamencos y aves limícolas. Probablemente, el contenido de  $N_{org}$  encontrado en el exterior tiene la misma procedencia.

De la Lanza y Arenas (1986) resaltaron que era difícil y poco seguro comparar diferentes puntos de muestreo en un mismo sistema lagunar, porque los organismos fijadores, en agua y sedimento, se distribuyen en parches y heterogéneamente, como consecuencia de la presencia de materia orgánica como sustrato energético. Raine y Patching (1980) y Bonilla *et al.* (1995) sostienen que una combinación de varios factores es responsable de las diferencias de la distribución del  $N_{org}$ : composición granulométrica, tipo de grano predominante, actividad de los organismos, biomasa bentónica y condiciones geoambientales, dependiendo de la actividad

biogeoquímica de los sedimentos. Sin embargo, este parámetro, en la laguna en estudio, no covarió significativamente con ninguna de las texturas sedimentarias, reportadas por Fuentes (1999) para las mismas estaciones (Cuadro 2).

El valor promedio de el cociente C/N es aproximadamente el doble de 10, valor estipulado para alcanzar el equilibrio geoquímico entre la sedimentación y la descomposición de la materia orgánica en sedimentos marinos (Bonilla *et al.* 1995). La materia orgánica carbonada acumulada es abundante y el nitrógeno es degradado más fácil y rápidamente que el carbono, reflejando una intensa actividad biológica, con predominio de la descomposición orgánica y mayor liberación de nitrógeno. Los valores de el cociente están correlacionados medianamente con la textura del sedimento, la correlación es mayor en limo y arcilla, pero antagonica con la arena (Cuadro 2), y guardan relación con la producción de organismos *in situ* y la influencia de la materia orgánica autóctona. Al incrementarse la actividad biológica y la temperatura, aumenta el metabolismo del nitrógeno orgánico, el  $NH_4^+$  se difunde en el agua y el oxígeno disuelto incrementa su penetración al sedimento, siendo esta liberación superior a la requerida por el fitoplancton. Este consumo de oxígeno puede llevar a sobreestimar el agotamiento del carbono orgánico y proveer indicios de reducción (Raine y Patching 1980).

Al ser el cociente C/N mayor de 10, podría interpretarse que el plancton altamente degradado permanece en los sedimentos marinos, pero podría también ser el resultado de la mezcla de plancton fresco y restos de plantas vasculares (Hedges 1992). Este autor propuso que un cociente C/N entre 15 y 85 indica materia orgánica vegetal transportada desde el continente, que se presenta como sustancias húmicas altamente oxidadas y pobres en nitrógeno, además señala que, cuando existe materia orgánica rica en nitrógeno asociada a sedimentos de grano fino, el cociente C/N debe estar entre 10 y 13.

Valiela *et al.* (1984) establecen que la materia orgánica vegetal experimenta una rápida lixiviación, seguida de un ataque microbiano y una tercera fase lenta, en la que se forman compuestos refractarios con cocientes altos de C/N y C/P. Según Romankevich (1984), valores elevados de el cociente C/N (11.8 – 33.3) son característicos de sedimentos carbonatados, en los cuales los compuestos nitrogenados no son preservados como materia particulada, lo que implica que la degradación de estos compuestos es acelerada. Evidentemente, una mezcla de estos planteamientos es la situación presentada en los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, ya que estos poseen un importante contenido de aragonito y calcita, abundante cantidad de detritos procedente de manglares, macroalgas y fanerógamas, y gran productividad planctónica. Aunado a esto, la textura de los sedimentos explica el cociente C/N encontrada.

El contenido de P-total encontrado en la laguna de Chacopata es producto de los mismos factores que controlan al  $N_{org}$ . Arenas y De la Lanza (1983) determinaron que el mayor aporte de fósforo en los sedimentos de la laguna de Huitzache y Caimanero (42 %) lo produce la vegetación halófila que crece cuando la laguna se encuentra en periodo seco y se descompone durante la máxima inundación. El valor de fósforo total encontrado en la Est. 14 se debe a que en esa zona se congregan aves limícolas (Liñero 1994), cuyas excretas son abundantes en fósforo. Razón similar explica el valor de la Est. 16.

El valor promedio de fósforo total (0.058%) encontrado en los sedimentos de la laguna de Chacopata es similar al de 0.05% señalado por Romankevich (1984) para sedimentos calcáreos, con predominancia de la fracción de  $PO_4^{3-}$  sobre el  $P_{org}$ , más bajo que el 0.17% reportado por Bonilla y González (1992) en los sedimentos de la laguna de Píritu y que el 0.123 % registrado por Salazar *et al.* (1986) en los sedimentos de la laguna de Las Marites; lagunas que reciben la descarga de desechos antropogénicos, junto con el

guano de aves que permanecen en ellas. Páez-Osuna *et al.* (1992), al cuantificar la contaminación de la laguna de la Ensenada de Pabellón determinaron el contenido de fósforo de los sedimentos y encontraron 0.111% en sedimentos contaminados y 0.051% en áreas sin influencia antrópica, por lo tanto, si comparamos con los de la laguna de Chacopata, sus sedimentos no están impactados.

Se concluye que, los aportes de  $N_{org}$  y P-total provienen de la descomposición de hojas de mangle, fanerógamas marinas, macroalgas, heces de la fauna silvestre y organismos vivos, detritos en diversos estados de descomposición y actividad microbentónica. La acumulación es favorecida por la geomorfología de la laguna y condiciones dinámicas del ecosistema. El cociente C/N encontrada indica que el proceso predominante es la remineralización del nitrógeno y que abunda materia orgánica carbonada sedimentada. En estos sedimentos carbonatados, la preservación del nitrógeno no se favorece. La macrovegetación (*Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*, entre otras) regula la disponibilidad del fósforo del sedimento. El estudio determinó que el ecosistema tiene una alta productividad fotosintética y que no está impactado, aspectos relevantes que servirán de base para su manejo y conservación.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Jaime Bonilla R. las facilidades prestadas.

## RESUMEN

Se estudiaron el comportamiento basal del nitrógeno orgánico ( $N_{org}$ ), del fósforo total (P-total) y de el cociente C/N, en los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, Estado Sucre, Venezuela y sus relaciones con el  $C_{org}$  y con las fracciones granulométricas predominantes. El muestreo de los sedimentos se realizó en dieciséis estaciones. Las concentraciones y distribución espacial de los parámetros en cuestión se determinaron según la metodología clásica para sedimentos marinos. Se encontró que las concentraciones del  $N_{org}$  variaron entre 0.102 y 0.510% ( $\bar{x} = 0.237\%$ ), fósforo total entre

0.012 y 0.094% ( $\bar{x}$  = 0.058%) y el cociente C/N entre 9.27 y 44.46 ( $\bar{x}$  = 20.53). Los contenidos más elevados de  $N_{org}$  y fósforo total coinciden con zonas de abundantes manglares, fanerógamas marinas, macroalgas, biomasa bentónica y refugios de aves migratorias. El cociente C/N adoptó valores típicos de sedimentos carbonatados, indicando que los compuestos nitrogenados son rápidamente degradados y la materia orgánica se presenta como sustancias húmicas. Este parámetro se asoció medianamente con limo y arcilla y, mostró antagonismo con arena, mientras que el  $N_{org}$  y el fósforo no mostraron correlación con los mismos. Este comportamiento revela la condición natural de los sedimentos, ya que el aporte orgánico es netamente autóctono y no hay evidencia de contribuciones antropogénicas.

### REFERENCIAS

- Arena, F.V. 1979. Balance anual del carbono orgánico, nitrógeno y fósforo en el sistema lagunar Huitzache y Caimanero, Sinaloa, México, Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 100 p.
- Arena, F.V. & E.G. De la Lanza. 1983. Annual phosphorus budget of a coastal lagoon in the north west of Mexico. *Ecol. Bol.* 35: 431 – 440
- Bonilla, J. & A. García. 1975. Estudio de algunos parámetros en los sedimentos de la laguna de Campoma. *Laguna* 35 & 36: 55-60.
- Bonilla, J. & G. Cedeño. 1989. Características orgánicas del bioecosistema lagunar Tacarigua–Unare–Piritu, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 28: 225-237.
- Bonilla, J. & C. González. 1992. Algunos aspectos geoquímicos de la laguna de Piritu, Estado Anzoátegui. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 31: 27-44.
- Bonilla, J., J.S. Fermín, M. Cabrera & B. Gamboa. 1995. Aspectos geoquímicos de los sedimentos superficiales del ecosistema marino costero de Jose, Estado Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 34: 5-23.
- De la Lanza, G. & V. Arenas. 1986. Disponibilidad de nutrientes a partir de materia orgánica en un sistema lagunar. *Ciencia* 37: 247-254.
- De la Lanza, G. & C. Cáceres. 1994. Lagunas costeras y el litoral mexicano. Universidad Autónoma de Baja California, México. 497 p.
- Fuentes, M.V., J. Bonilla & J. Fermín. 1997. Algunas características químicas de los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 36: 69-79.
- Fuentes, M.V. 1999. Estudio sedimentológico de la laguna de Chacopata, Estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 38 (en prensa).
- Hansen, A.L. & R.J. Robinson. 1953. The determination of organic phosphorus in sea water with perchloric acid oxidation. *J. Mar. Res.* 12: 31-42.
- Hedges, J. 1992. Global biogeochemical cycles progress and problems. *Mar. Chem.* 39: 67-93.
- Liñero, I. 1994. Variations spatio-temporelles de la structure des pleulements benthiques dans une lagune cotière tropicale. Tesis de Doctorado, Universidad de Quebec, Quebec, Canadá. 150 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* 26: 70-78.
- Murphy, J. & J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Ann. Chem. Acta* 27: 31-36.
- Páez-Osuna, F., H. Borjoquez-Leyva, G. Izaguirre-Fierro, J.I. Ozuna López & F. González-Farías. 1992. Carbono y fósforo en los sedimentos de un sistema lagunar asociado a una cuenca de drenaje agrícola. *Ann. Inst. Cienc. Mar y Limnol, Univ. Nac. México* 19: 76-86.
- Raine, R.C. & J.W. Patching. 1980. Aspects of carbon and nitrogen cycling in a shallow marine environments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 47: 129-139.
- Romankevich, E.A. 1984. *Geochemistry of organic matter in the ocean*. Springer. Berlín, Alemania. 329 p.
- Salazar, J.C., J. Bonilla & B. Gamboa. 1986. Metales pesados y materia orgánica en los sedimentos superficiales de la laguna de Las Marites. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 25: 137-154.
- Salazar, J.C. 1995. Condiciones hidroquímicas y algunos aspectos sedimentológicos de laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. Trabajo de Ascenso, Universidad de Oriente, Guatamare, Venezuela. 82 p.
- Valiela I., J. Wilson, R. Buchsbaun, C. Réetsma, D. Bryant, K. Forema & J. Teal. 1984. Importance of chemical composition of salt marsh litter on decay rates and feeding by detritivores. *Bull. Mar. Sci.* 35: 261-269.
- Zarzosa, J.D. 1974. Características sedimentológicas y geomorfológicas de la laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. Cuadernos Azules. III Conf. ONU. Derechos del Mar. Caracas, Venezuela. 57 p.