

An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betin	17	15-26	Santa Marta Colombia, 1987	Santa Marta Colombia, 1987
---------------------------------------	----	-------	-------------------------------	-------------------------------

## CARACTERISTICAS HIDROQUIMICAS Y COMPOSICION QUIMICA DE LOS SEDIMENTOS DE LA BAHIA DE NENGUANGE, CARIBE COLOMBIANO

Gustavo Ramírez T.

### RESUMEN

Se analizaron las condiciones físico-químicas del agua superficial y algunos componentes químicos de los sedimentos en la Bahía de Nenguange, durante 1982-1983. La variación estacional de los parámetros hidroquímicos en tres zonas de la bahía permite definir dos periodos en el ciclo anual. En la época seca (diciembre a abril) se presentan las temperaturas más bajas ( $< 25^{\circ}\text{C}$ ) y las mayores salinidades ( $> 37.3^{\circ}/\text{oo}$ ), indicativas de un proceso de surgencia costera. En la época lluviosa (mayo a noviembre) se registran condiciones diferentes de temperatura ( $> 29^{\circ}\text{C}$ ) y salinidad ( $< 35^{\circ}/\text{oo}$ ), como consecuencia del arribo de agua dulce continental; este último fenómeno parece tener igual o mayor importancia que la surgencia para el aporte de nutrientes inorgánicos a la bahía. La laguna costera situada en el costado oriental es inestable y presenta amplios rangos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto. Finalmente, se analizó la distribución del material orgánico en los sedimentos del sector suroriental de la Bahía.

### ABSTRACT

Hydrochemical characteristics of the surface water and several chemical compounds of the sediment in Nenguange Bay were analyzed in 1982-1983. Seasonal variation of the hydrochemical parameters in three zones of the bay leads to consider two periods in the annual cycle. In the dry season (December to April) temperatures are lower ( $< 25^{\circ}\text{C}$ ) and salinities are higher ( $> 37.3^{\circ}/\text{oo}$ ), which suggests a coastal upwelling phenomenon. During the rainy season, (May to November) the data show different conditions of temperature ( $> 29^{\circ}\text{C}$ ) and salinity ( $< 35^{\circ}/\text{oo}$ ), as a reflection of the arrival of continental freshwater; such process seems to make an equal or higher contribution than the upwelling to the inorganic nutrients of the bay. The coastal lagoon in the southeast side is unstable and shows a wide range of temperature, salinity and dissolved oxygen. Finally, the distribution of organic materials in the sediments from southeast zone of the bay is analyzed.

## INTRODUCCION

En el litoral Caribe colombiano el Parque Nacional Tayrona presenta el mayor complejo de bahías costeras y constituye una zona de particular importancia bioecológica, todavía poco alterada por actividades humanas. La Bahía de Nenguange es la más extensa de estas ensenadas y ha sido objeto de variados estudios; se mencionan, entre otros, los de Bula (1977) relacionando algas bénticas con la surgencia costera, productividad primaria fitoplanctónica (Caycedo, 1977), observaciones de la ictiofauna (Acero, 1980), distribución de la vegetación marina (Márquez y Gillot, 1983) y el estudio de las comunidades de moluscos (Díaz, 1985).

En este trabajo se describen las condiciones físico-químicas del agua superficial y algunas características químicas de los sedimentos de la Bahía de Nenguange, correspondientes al período comprendido entre febrero de 1982 y mayo de 1983, como contribución al conocimiento de las características hidrológicas de la región.

## AREA DE ESTUDIO

La Bahía de Nenguange está ubicada al noreste de la ciudad de Santa Marta y presenta una conformación abierta, donde alternan litorales rocosos con playas arenosas; en el costado este de la bahía se localizan un pequeño manglar (*Rhizophora mangle*), una pradera de *Thalassia testudinum*, formaciones coralinas con predominio de *Acropora* y *Millepora* y un sistema lagunar costero sin comunicación directa con el mar. Los suministros de agua dulce se originan en las descargas estacionales de un riachuelo en el extremo sureste de la bahía, la caída de aguas lluvias y el arribo de aguas provenientes del Río Magdalena al disminuir la intensidad de los vientos alisios del noreste (Bula, 1977).

Las condiciones ambientales responden en líneas generales al patrón climático descrito para la región de Santa Marta (Salzwedel y Müller, 1983; HIMAT, 1984), el cual indica temperaturas ambientales promedio superiores a 27°C y dos estaciones definidas: un período lluvioso de mayo a noviembre, en el cual se intercala un breve tiempo de sequía en julio ("veranillo de San Juan") y un período seco de diciembre a abril durante el cual se presenta la mayor intensidad de los vientos alisios.

## MATERIAL Y METODOS

La determinación de los parámetros hidroquímicos se realizó entre febrero de 1982 y mayo de 1983 con una frecuencia quincenal en las horas de la mañana. Se recolectó agua superficial de un metro de profundidad en cuatro zonas de la Bahía de Nenguange (Fig. 1): aguas abiertas (est. 1 a 4), sector del manglar (est. 5), arrecife coralino (est. 6) y laguna costera (est. 7). Las muestras de aguas se tomaron con una botella Ruttner, se filtraron en papel Whatman GF/C para eliminar el material en suspensión y se analizaron según la metodología siguiente: temperatura "in situ" con termómetro de mercurio, salinidad en conductímetro WTW-LF 91 calibrado con agua de mar normal, oxígeno disuelto según Winkler y nitrógeno inorgánico ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ) de acuerdo con Strickland y Parsons (1972).

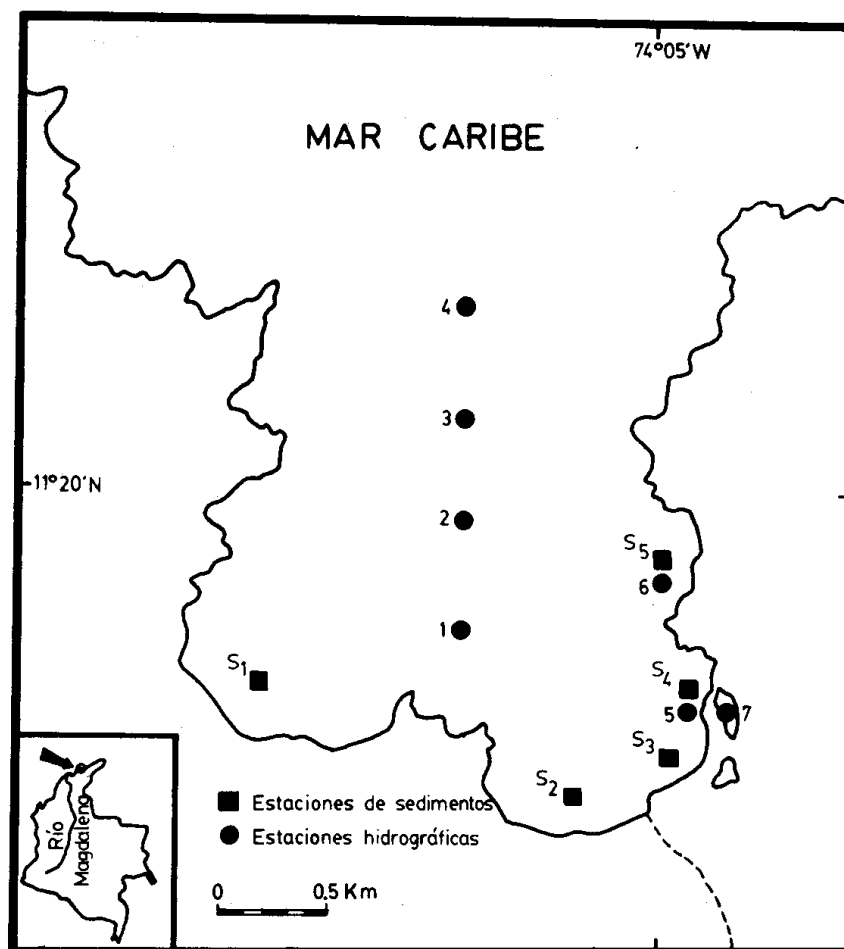


Figura 1. Mapa de la Bahía de Nenguange indicando la ubicación de los sitios de muestreo.

Los sedimentos se recolectaron en agosto de 1983 mediante muestreo de la capa superficial a 5 m de profundidad, empleando una draga Van Veen de 0.05 m<sup>2</sup> de cobertura. La muestra de sedimento se secó a 60°C en estufa Memmert y se tamizó en malla de 0.5 mm para separar conchas, restos de coral y material vegetal. El análisis químico se realizó por duplicado según los métodos siguientes: carbonatos con HCl, materia orgánica total por calcinación a 550°C en una mufla Heraeus, carbono orgánico mediante oxidación con ácido sulfocrómico y fotometría a 440 nm (Strickland y Parsons, 1972), fósforo orgánico según Aspila *et al.* (1976), nitrógeno orgánico por semimicro kjeldahl y carbohidratos con antrona y fotometría a 620 nm.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

**Características Hidroquímicas:** Las condiciones hidroquímicas de las aguas abiertas de la Bahía de Nenguange se obtuvieron promediando entre sí los resultados correspondientes a las estaciones 1, 2, 3 y 4. Las figuras 2 a 5 muestran la variación estacional de los parámetros físico-químicos en aguas abiertas (est. 1-4), sector del manglar (est. 5) y sector del arrecife coralino (est. 6). Los valores extremos y el promedio para el ciclo anual (feb. 1982 - feb. 1983) se registran en la tabla 1.

**Temperatura.** La variación estacional de la temperatura superficial de la Bahía de Nenguange (Fig. 2) oscila similarmente en los sectores es-

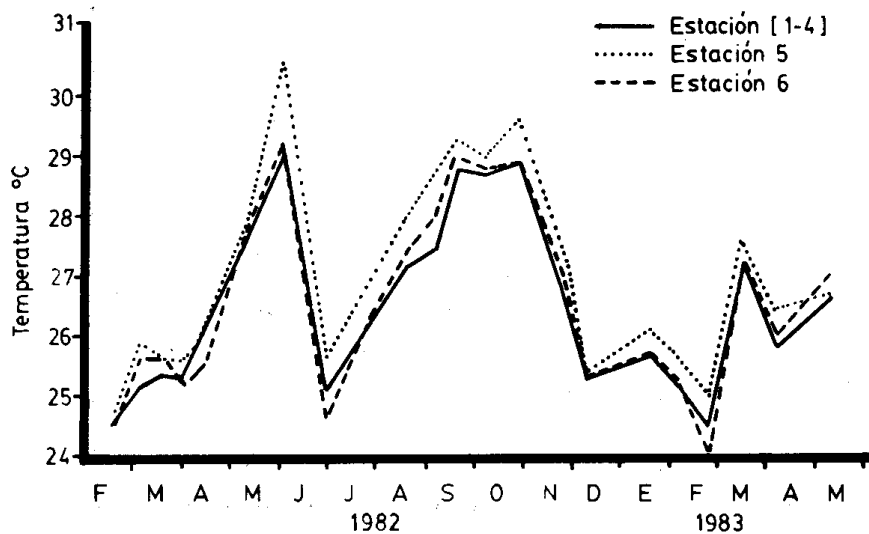


Figura 2. Variación estacional de la temperatura superficial en la Bahía de Nenguange (febrero 1982 - mayo 1983).

tudiados, presentando las mayores fluctuaciones el sector del manglar de acuerdo con los coeficientes de variación hallados (Tabla 1). Se aprecian dos comportamientos diferentes: máximas temperaturas en mayo-junio y en octubre, coincidentes con los máximos de pluviosidad registrados en la región de Santa Marta (HIMAT, 1984), así como mínimas temperaturas en febrero y en julio, simultáneamente con períodos de sequía. Las mayores temperaturas del agua se registraron generalmente en el sector del manglar. Las características estacionales de la temperatura se encontraron similares a las registradas en la Bahía de Santa Marta (Wedler, 1975; Ramírez, 1983), evidenciándose un comportamiento típico para la región.

**Salinidad:** La figura 3 indica que la salinidad varía dentro de rangos similares en los sectores estudiados, presentando las menores fluctuaciones entre los parámetros analizados.

Las salinidades mayores ( $> 36.5\text{‰}$ ) se registran entre diciembre y abril y en julio-agosto, mientras que valores mínimos se presentan en junio y en octubre. Las curvas de variación de la temperatura y la salinidad (Fig. 2 y 3) indican que estos parámetros están correlacionados negativamente ( $r = -0.75$ ), lo que podría indicar que los aumentos de salinidad se deberían principalmente a la surgencia de aguas subsuperficiales, siendo el régimen de vientos el regulador de este proceso costero.

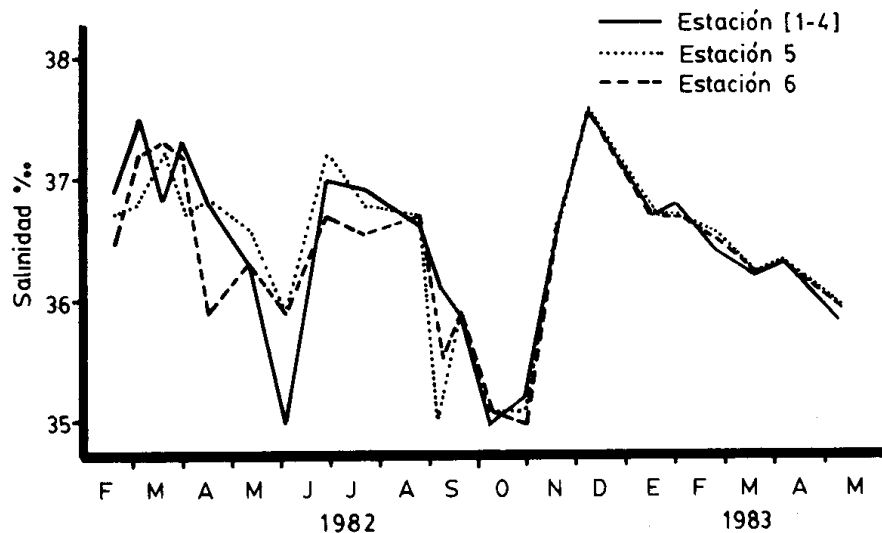


Figura 3. Variación estacional de la salinidad en la Bahía de Nenguange (febrero 1982 - mayo 1983).

**Oxígeno Disuelto.** El oxígeno superficial varía de manera irregular (Fig. 4). Las mayores concentraciones y mayor rango de fluctuación ocurren en el sector del manglar (est. 5), donde se registran saturaciones mayores a 150% (febrero-abril 1982). Los niveles de oxígeno en aguas abiertas y sobre el arrecife coralino se mantienen dentro de un rango estrecho (4.1-4.7 ml/L) y muestran variaciones similares durante el ciclo anual.

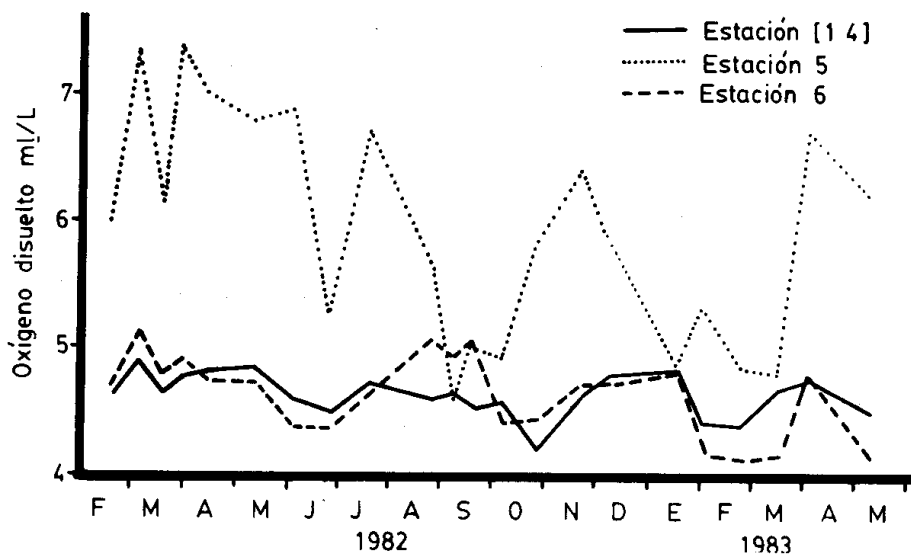


Figura 4. Variación estacional del oxígeno disuelto superficial en la Bahía de Nenguange (febrero 1982 - mayo 1983).

**Nitrógeno Inorgánico.** La distribución estacional del nitrógeno inorgánico total, medido en términos de la suma de nitritos y nitratos, muestra fluctuaciones significativas (Fig. 5). Se presentan máximos

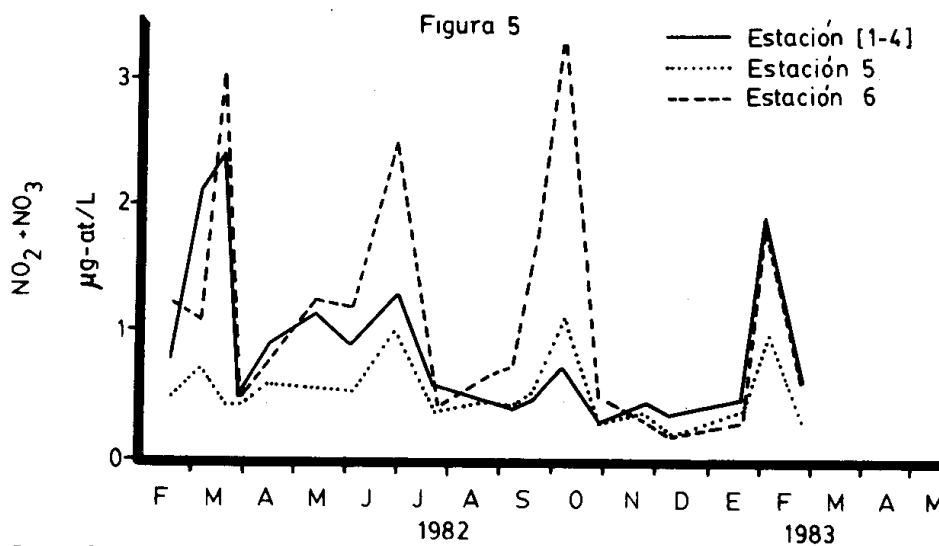


Figura 5. Variación estacional del nitrógeno inorgánico ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ) superficial en la Bahía de Nenguange (febrero 1982 - mayo 1983).

valores en febrero-marzo y en septiembre-octubre, épocas cuando se alcanzan concentraciones mayores a 2.0 ug-at ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ )/L; por su parte los menores valores ( $< 1$  ug-at/L) se presentan en las restantes épocas del año. En febrero-marzo los máximos de nitrógeno inorgánico se presentan asociados a bajas temperaturas y altas salinidades, lo que indicaría el afloramiento de aguas de fondo, mientras que en septiembre-octubre el máximo se presenta conjuntamente con alta temperatura y baja salinidad, lo que podría indicar el arribo de aguas cálidas provenientes del Río Magdalena y la Ciénaga Grande, como fue evidenciado previamente en otros estudios (Bula, 1977; Caycedo, 1977) y se explicaría también con la información sobre las descargas máximas del citado río (Kaufmann y Hevert, 1973). Los niveles de nitrógeno inorgánico presentan las mayores variaciones entre los parámetros estudiados, registrándose las mayores concentraciones sobre el arrecife coralino (est. 6), valores intermedios en aguas abiertas de la bahía (est. 1 a 4) y valores menores en el manglar (est. 5), como se ilustra en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones físico-químicas de la Bahía de Nenguanje

	Bahía (est. 1-4)				Manglar (est. 5)				P. Muerto (est. 6)			
	Temp. °C	Sal. ‰	OD ml/L	N	Temp. °C	Sal. ‰	OD ml/L	N	Temp. °C	Sal. ‰	OD ml/L	N
Máx.	29.0	37.6	4.90	2.44	30.6	37.6	7.36	1.23	29.0	37.6	5.13	3.31
Mín.	24.5	35.5	4.22	0.29	24.5	35.1	4.61	0.18	24.1	35.0	4.10	0.18
Prom.	26.5	36.5	4.62	0.91	27.0	36.4	5.94	0.53	26.4	36.5	4.66	1.16
C.V.	5.9	2.1	3.8	70.2	6.6	2.0	15.1	50.1	6.3	2.0	6.6	79.2

(OD = Oxígeno Disuelto), (N =  $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ), (CV = Coef. de Variación).

*Variación de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la laguna costera.*

La figura 6 muestra la variación de la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto en la laguna adyacente al manglar de la Bahía de Nenguanje (est. 7).

Esta laguna costera es altamente inestable y depende casi exclusivamente de la oferta climática; durante el período de lluvias (octubre) alcanzó niveles de agua cercanos a 30 cm y a partir de diciembre, al irrumpir el período seco e incrementarse la intensidad de los vientos, comenzó un proceso de secamiento de la laguna en la dirección sur-norte, creándose condiciones hipersalinas; esta situación se prolonga hasta mayo, cuando las primeras lluvias del año suministran

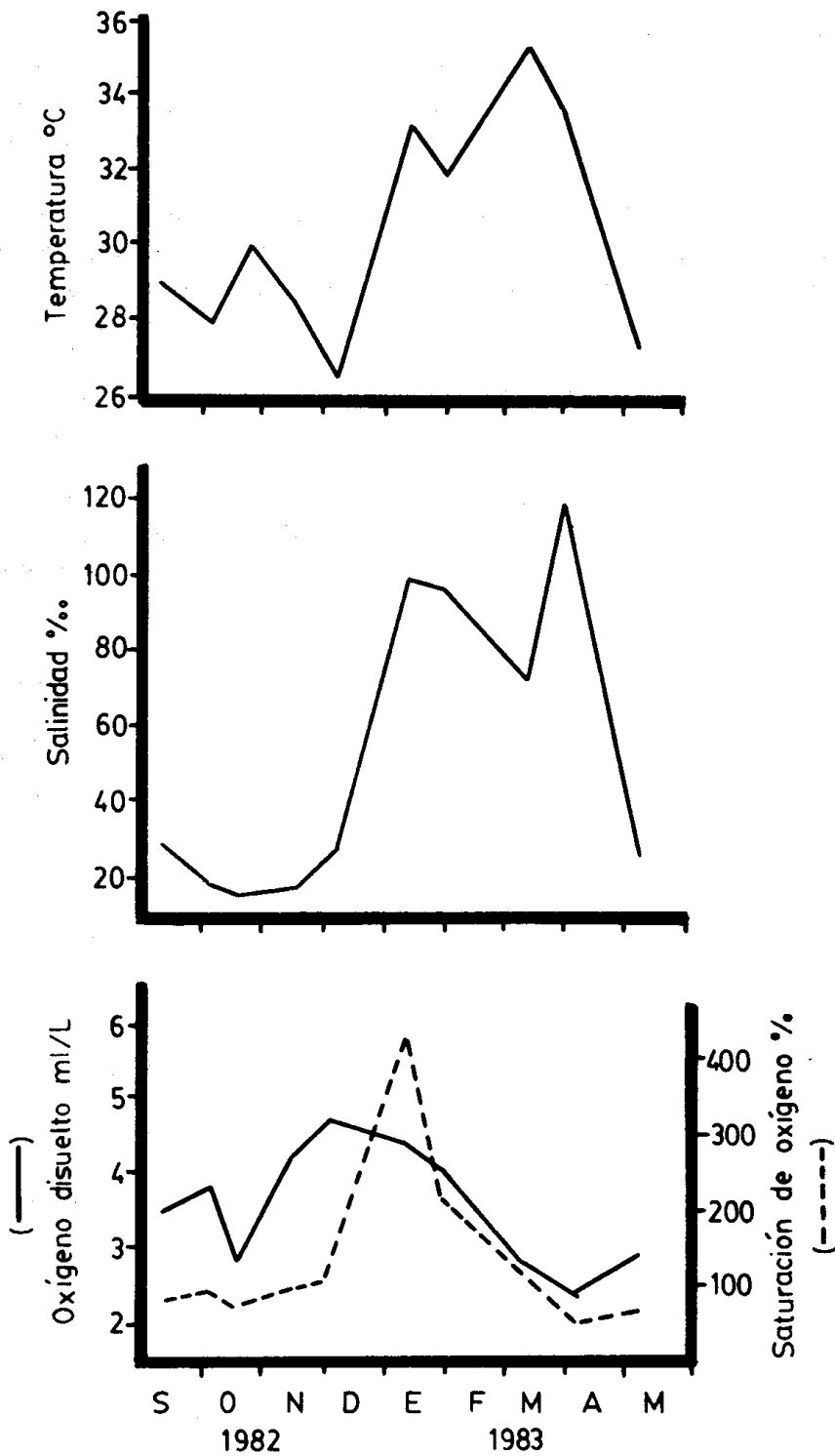


Figura 6. Variación de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la laguna costera (est. 7) de la Bahía de Nenguange (septiembre 1982 - mayo 1983).



nuevamente agua al sistema. Los parámetros observados varían dentro de rangos más amplios a los registrados en la bahía. Los mayores valores de temperatura y salinidad se presentan entre diciembre y abril y el oxígeno disuelto oscila dentro un gran rango de saturación (50-430%) en relación inversa a las condiciones termohalinas.

*Características químicas de los sedimentos.*

La figura 7 presenta la distribución de los componentes químicos de los sedimentos pertenecientes a 5 zonas de la Bahía de Nenguange (estaciones S<sub>1</sub> a S<sub>5</sub>).

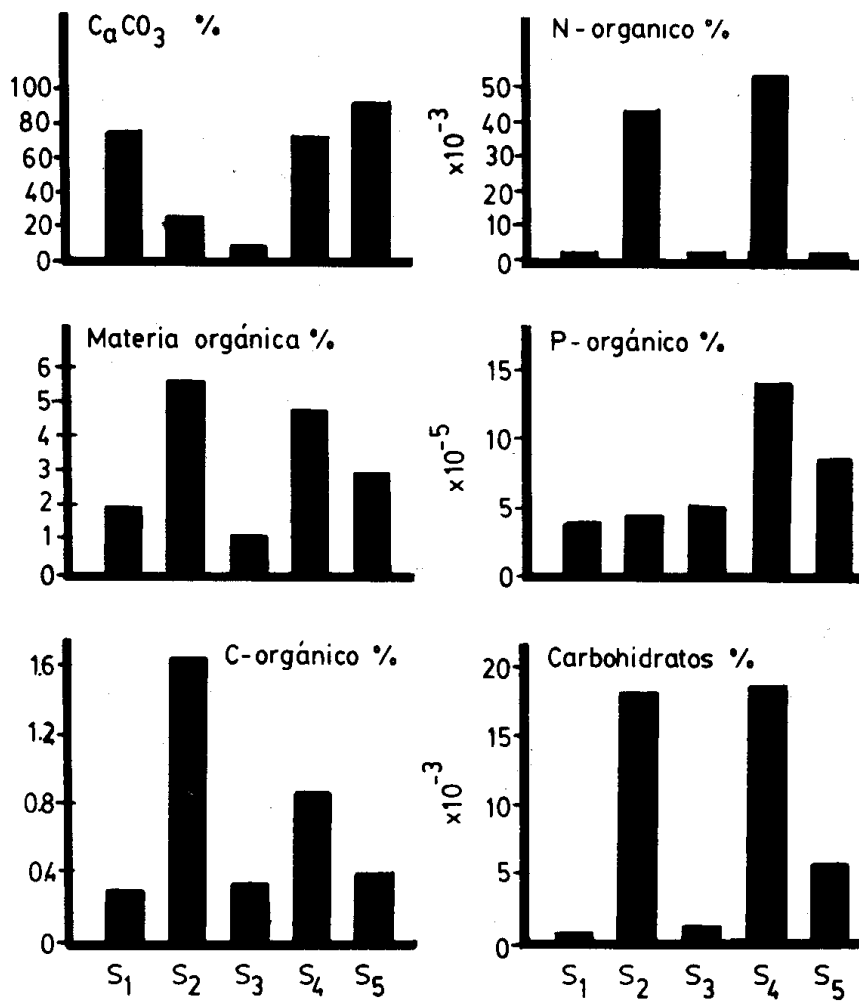


Figura 7. Distribución de componentes químicos en los sedimentos superficiales de la Bahía de Nenguange (agosto 1983).

**Carbonatos.** Se registran los mayores contenidos de carbonato (como CaCO<sub>3</sub>) en S<sub>1</sub> (Playa Brava), S<sub>4</sub> (manglar) y S<sub>5</sub> (arrecife coralino),

mientras que los más bajos corresponden a S<sub>2</sub> (Playa Oriental) y S<sub>3</sub> (Playa de Pescadores); esta distribución se podría explicar considerando la predominancia de sedimentos de tipo calcáreo o limo-arcilloso, determinados por granulometría previamente (Díaz, 1985).

*Materia Orgánica.* Se encontraron los mayores niveles en S<sub>2</sub> y en S<sub>4</sub>; en el primer caso debido posiblemente a la mayor afluencia de material orgánico terrestre por la descarga del riachuelo y en este último aportada quizá mayormente por el sistema de manglar y la pradera de *T. testudinum*. Valores menores de materia orgánica se registraron en S<sub>1</sub> y S<sub>3</sub>.

*Carbón y Nitrógeno orgánicos.* El C y N orgánicos parecen variar en proporción directa ( $r = 0.8$ ), presentándose los mayores niveles en S<sub>2</sub> y S<sub>4</sub>. La relación C/N presenta valores inferiores a 40 en S<sub>2</sub> y S<sub>4</sub> y superiores a 170 en S<sub>1</sub> - S<sub>3</sub> - S<sub>5</sub>, lo cual sería indicativo de mayor consumo de N orgánico en estos tres últimos sectores.

*Fósforo Orgánico y Carbohidratos.* Los mayores contenidos de P orgánico se presentaron en S<sub>5</sub> y S<sub>6</sub>, sin una relación directa aparente con el C orgánico. Por su parte, los carbohidratos muestran alta correlación positiva con el C orgánico ( $r = 0.85$ ) y con el N orgánico ( $r = 0.80$ ).

#### CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones físico-químicas observadas en las aguas superficiales de la Bahía de Nenguange se pueden identificar tres zonas con características particulares: las aguas abiertas de la bahía, incluyendo el sector arrecifal coralino, con relativa homogeneidad en los factores hidrológicos; el sector del sistema manglar-pradera de *T. testudinum*, que presenta las mayores variaciones en los parámetros físico-químicos y un sistema lagunar costero con alta inestabilidad y sin influencia aparente de las aguas de la bahía.

Durante el período de sequía, época de notable intensidad de los vientos alisios del noreste, ocurren descensos de la temperatura, conjuntamente con aumentos de la salinidad y del nitrógeno inorgánico, evidenciándose una surgencia de aguas subsuperficiales. En septiembre-octubre, períodos de carácter lluvioso y de baja intensidad de los vientos, se presentan también aumentos en el N-inorgánico, asociados a altas temperaturas y bajas salinidades, lo que indicaría el

arribo de aguas continentales del suroeste provenientes del Río Magdalena. El aporte de nutrientes inorgánicos a las aguas de la bahía mediante este último proceso parece ser de igual o mayor importancia que el debido a la surgencia y concuerda con los niveles de productividad primaria encontrados en los mismos períodos del año en el Caribe sur (Curl, 1960) y en la propia Bahía de Nenguange (Caycedo, 1977).

La composición química de los sedimentos de la bahía parece variar de acuerdo a las influencias locales de cada zona, presentándose la mayor acumulación de material orgánico en cercanías del afluente terrestre y en el sector del manglar.

Finalmente, la laguna costera se caracteriza por su notable estacionalidad, condiciones hipersalinas y, en general, una amplia fluctuación de sus condiciones hidrológicas.

#### AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su reconocimiento a COLCIENCIAS por el apoyo financiero (Proyecto 30003-1-80), así como al personal técnico del INVEMAR que colaboró en la realización de este trabajo.

- Acero, A. 1980. Observaciones ecológicas de la ictiofauna de una pradera de *Thalassia* en la Bahía de Nenguange (Parque Nacional Tayrona, Colombia). Bol. Inst. Oceanogr. Sao Paulo, 29 (2): 5-9.
- Aspila, K., H. Agemian y A. Chau. 1976. A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments. Analyst, 101: 187-197.
- Bula, G. 1977. Algas marinas bénticas indicadoras de un área afectada por aguas de surgencia frente a la costa Caribe de Colombia. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín, 9: 45-71.
- Caycedo, I.E. 1977. Productividad primaria y fitoplancton en la Bahía de Nenguange (Parque Nacional Tayrona), Mar Caribe, Colombia. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín, 9: 17-44.
- Curl, H. 1960. Primary production measurements in the north coastal waters of South America. Deep-Sea Res., 7: 183-189.
- Díaz, J.M. 1985. Mollusken und ihre Geme inschaften in der Bahía de Nenguange (Karibik, Kolumbien). Disertación doctoral. Univ. Giessen (RFA). 305 p.
- HIMAT. 1984. Calendario meteorológico. Inst. Col. Hidrol. Meteorol. y Adecuación de Tierras, Sub-dirección de Hidrometeorología, Bogotá.
- Kaufmann, R. y F. Hevert. 1973. El régimen fluviométrico del Río Magdalena y su importancia para la Ciénaga Grande de Santa Marta. Mitt. Inst. Colombo Alemán Invest. Cient., 7: 121-137.

- Márquez, G. y G. Guillot. 1983. La vegetación marina del Parque Nacional Tayrona. II. Tipos de vegetación. An. Inst. Invest. Mar. Punta de Betín, 13: 17-51.
- Ramírez, G. 1983. Características físico-químicas de la Bahía de Santa Marta (Agosto 1980-Julio 1981). An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín, 13: 111-121.
- Salzwedel, H. y K. Müller. 1983. A summary of meteorological and hidrological data from the Bay of Santa Marta, Colombian Caribbean. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín, 13: 67-83.
- Strickland, D.H. y T.R. Parsons. 1972. Practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board of Canada, Ottawa. 310 p.
- Wedler, E. 1975. Ökologische Untersuchungen an Hydroiden des Felslitorals von Santa Marta (Kolumbien). Helgoländer wiss. Meeresunters, 27: 324-363.

Manuscrito aceptado para publicación en marzo 6 de 1987

Dirección del autor:  
INVEMAR  
Apartado 1016  
Santa Marta