

An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín	13	111-121	Santa Marta Colombia, 1983	ISSN 0120-3950
---------------------------------------	----	---------	-------------------------------	-------------------

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LA BAHIA DE SANTA MARTA (AGOSTO 1980 - JULIO 1981)

Gustavo Ramírez T.

RESUMEN

Se estudiaron las condiciones físico-químicas de la Bahía de Santa Marta, Litoral Caribe colombiano, desde agosto de 1980 hasta julio 1981. La similitud de los resultados obtenidos en nueve estaciones indican que las aguas superficiales son homogéneas y de características oceánicas. De diciembre a abril se registran las temperaturas más bajas ($< 25^{\circ}\text{C}$) asociadas a altas salinidades ($> 36^{\circ}/\text{oo}$) y subsaturaciones de oxígeno disuelto ($< 91\%$); estos factores, conjuntamente con observaciones de pH, alcalinidad y la variación de la estabilidad de la columna de agua evidencian procesos de surgencia en este período, permitiendo establecer un modelo aproximado para el ciclo anual de la bahía.

ABSTRACT

Physical-chemical conditions have been studied in the Bay of Santa Marta, Colombian Caribbean, from August 1980 to July 1981. The results obtained at nine stations indicate that the surface water is rather homogeneous and of mainly oceanic character. In the period from december to april water temperatures were lowest ($< 25^{\circ}\text{C}$), salinity highest ($> 36^{\circ}/\text{oo}$) and undersaturation with oxigen ocurred ($< 91\%$) these factors together with pH, alcalinity and the variation of water column stability are indicating an upwelling phenomenon in this period and allow the stablishment of an approximat-ed model for the annual cycle the bay.

INTRODUCCION

La bahía de Santa Marta se encuentra ubicada entre $11^{\circ} 13' 00''$ y $11^{\circ} 15' 30''$ N y $74^{\circ} 12' 30''$ y $74^{\circ} 14' 30''$ W, el área superficial es de 5

km² aproximadamente y sus profundidades promedio y máxima son de alrededor de 20 y 60 m, respectivamente. Su conformación es abierta y su línea costera está limitada al norte y al sur por formaciones rocosas y en su parte central predomina una playa arenosa. El régimen climático regional comprende una época lluviosa de junio a noviembre y otra de sequía de diciembre a mayo, durante la cual se presenta un viento alisio modificado de extraordinaria violencia que influye notoriamente sobre el clima e hidrología del área (Hermann, 1970). La única descarga directa continental es el Río Manzanares, con caudales máximo diario (7.2m³/s) en noviembre y mínimo diario (0.06 m³/s) en abril y una descarga total anual de 2.6 x 10³m³ (HIMAT, com. pers.) El estudio de las características físico-químicas de la Bahía de Santa Marta ha sido relativamente escaso y se registra a largo plazo sólo las observaciones obtenidas en INVEMAR (Müller, 1979) respecto a temperatura y salinidad. El objetivo fundamental del presente trabajo es conocer la variación anual de algunos factores físicos y químicos básicos en aguas superficiales de la bahía de Santa Marta.

MATERIALES Y METODOS

Se estudiaron nueve estaciones distribuidas en la bahía. Las estaciones 2 y 9 se localizan en aguas someras (2-5 m), las estaciones 1, 4, 5 y 8 en aguas semiprofundas (15-25 m) y la estación 3 está ubicada en inmediaciones de la desembocadura del Río Manzanares (Fig. 1).

La toma de las muestras de agua se hizo regularmente de las 9 a las 11 h con frecuencia en lo posible semanal, utilizando para el desplazamiento una lancha con motor fuera de borda y ubicando las estaciones en su orden de numeración con ayuda de compás giromagnético manual y puntos referentes en tierra. Se tomaron muestras de agua de la capa superficial comprendida entre 0.5 y 1 m por medio de una botella Ruttner de un litro de capacidad; en la estación 7 se tomaron muestras adicionales de 30 m de profundidad para el estudio de la estabilidad de la columna de agua.

Las observaciones realizadas en cada estación fueron relativas a temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, alcalinidad total, pH y complementariamente en la estación 7 se determinó la densidad del agua superficial y de 30 metros de profundidad. Las técnicas analíticas comprendieron: temperatura con termómetro de mercurio de precisión $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$; salinidad con refractómetro manual de precisión $\pm 0.1^{\circ}/\text{oo}$, oxígeno disuelto por el método Winkler (Grasshoff, 1976), pH con pH-metro de preci-

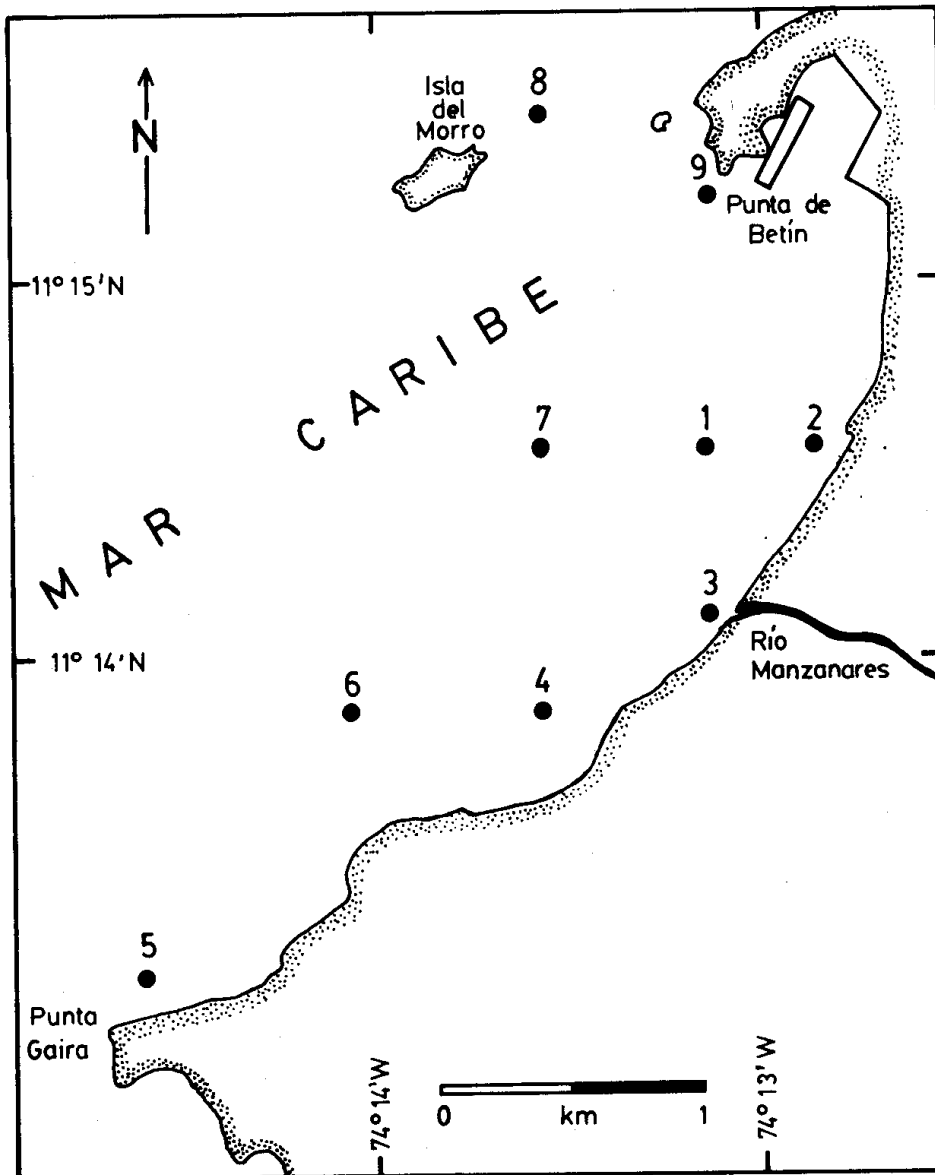


Figura 1. Bahía de Santa Marta y ubicación de las estaciones de muestreo.

sión ± 0.01 unidades, alcalinidad total según Strickland y Parsons (1972) y la densidad determinada gravimétricamente en picnómetro de vidrio utilizando balanza analítica de precisión 0.1 mg.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en cada una de las estaciones revelan valores muy similares y para los propósitos de este estudio es adecuado considerar el promedio de las observaciones correspondientes a las nueve estaciones de muestreo (Tabla 1); los datos particulares de cada estación están a disposición del interesado.

1. Temperatura y Salinidad.

Las temperaturas superficiales extremas de la bahía de Santa Marta durante el período de estudio son 24.1 y 29.5°C, registradas en diciembre y octubre respectivamente. Los valores medios mensuales oscilan entre 24.8°C (febrero) y 28.9°C (octubre) y la media anual es 27.2°C. De diciembre a abril las temperaturas superficiales se mantienen bajas e inferiores a la media anual; de mayo a noviembre se registran las más altas, por encima de la media anual (Fig. 2).

Con respecto a la salinidad se registran valores superficiales extremos entre 32.6 y 37.9‰, observados en noviembre y febrero respectivamente, indicando una variación anual de 5.3‰. Las medias mensuales fluctúan entre 33‰ para noviembre y 37.5‰ para febrero y la medida anual es 36‰. Las salinidades mayores, por encima de la media anual, se presentan de diciembre a marzo y las menores, inferiores a la media anual, se registran de mayo a noviembre (Fig. 2).

2. Oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto superficial en la bahía de Santa Marta presenta valores extremos de 4.21 ml/l y 5.02 ml/l en febrero y septiembre, respectivamente, correspondientes a una variación máxima anual de 0.81 ml/l. Las medias mensuales fluctúan de 4.37 ml/l para diciembre a 4.84 ml/l para septiembre y la media anual es 4.56 ml/l (Fig. 2). En términos de porcentaje de saturación, éste muestra un comportamiento similar al del oxígeno disuelto a lo largo del período de estudio, notándose cómo las subsaturaciones se presentan mayormente de diciembre a abril y las sobresaturaciones de mayo a noviembre, registrándose una media anual (100.5%) que evidencia aguas bien oxigenadas durante todo el año (Fig. 2).

Tabla 1. Condiciones oceanográficas de la Bahía de Santa Marta, desde agosto de 1980 a julio de 1981 (Promedio de todas las estaciones).

Fecha	T°C	S°/oo	O ₂ ml/L	%Sat. O ₂	pH	10 ⁸ E
VIII-13-80	28.2	35.9	4.60	102.9	8.20	1260
VIII-20	28.2	36.0	4.74	105.9	8.30	4333
VIII-22	28.6	36.1	4.87	109.8	8.33	3810
VIII-26	27.2	36.9	4.98	110.8	8.27	150
VIII-29	26.4	37.0	4.85	106.5	8.25	- 220
IX-03	26.2	37.4	4.88	106.9	8.25	2080
IX-10	28.4	36.9	4.99	110.8	8.40	4000
IX-19	29.1	36.9	5.02	116.0	8.39	8500
IX-26	28.8	34.1	4.48	100.6	8.28	13500
X-09	29.5	33.4	4.52	101.5	8.18	6250
X-17	29.2	35.4	4.64	105.1	8.18	4800
X-23	29.2	35.6	4.57	103.5	8.23	7280
X-30	27.6	36.4	4.53	101.6	8.28	6500
XI-06	29.0	32.6	4.46	99.5	8.16	9280
XI-13	29.0	33.6	4.55	102.0	8.15	4320
XI-21	27.8	32.8	4.45	98.0	8.23	5600
XII-04	25.0	37.7	4.38	94.1	8.15	-14530
XII-11	24.1	36.5	4.29	90.2	8.17	-13533
XII-19	26.5	36.8	4.43	97.1	8.20	- 125
XII-29	25.2	37.0	4.38	93.8	8.16	- 1200
I-10-81	26.3	36.8	4.72	102.6	8.19	333
I-22	26.4	36.7	4.71	103.1	8.10	2220
I-29	26.5	36.9	4.42	97.1	8.16	- 850
II-05	24.7	37.5	4.21	90.9	8.20	-13800
II-11	24.9	37.2	4.21	90.1	8.10	- 9620
II-19	24.3	37.4	4.38	92.4	8.16	80
II-24	25.5	37.9	4.67	100.7	8.18	16.80
III-05	25.6	36.8	4.55	98.2	8.25	4100
III-10	25.8	36.9	4.26	92.5	8.26	3890
III-18	25.9	37.7	4.66	101.9	8.29	4200
III-26	26.8	36.4	4.62	102.1	8.24	3000
IV-01	24.8	37.6	4.28	91.8	8.31	-11.200
IV-15	26.8	36.0	4.44	97.8	8.27	- 70
IV-29	27.3	34.4	4.53	98.8	8.17	12800
V-06	27.7	36.8	4.72	106.4	8.19	400
V-13	28.6	34.8	4.73	107.1	8.31	- 733
V-20	27.8	35.8	4.74	106.0	8.24	- 467
V-27	29.2	33.6	4.69	105.3	8.32	66
VI-05	29.1	35.4	4.42	100.4	8.23	7400
VI-11	28.7	34.5	4.54	102.4	8.22	8733
VI-17	27.4	37.0	4.61	102.1	8.17	42.00
VI-24	27.6	37.1	4.45	100.0	8.18	2533
VII-02	27.8	36.1	4.47	99.9	—	6333
VII-10	27.3	35.5	4.30	94.6	—	5200
VII-17	27.2	36.4	4.36	96.4	—	2400
VII-30	28.2	36.1	4.65	104.3	—	4667

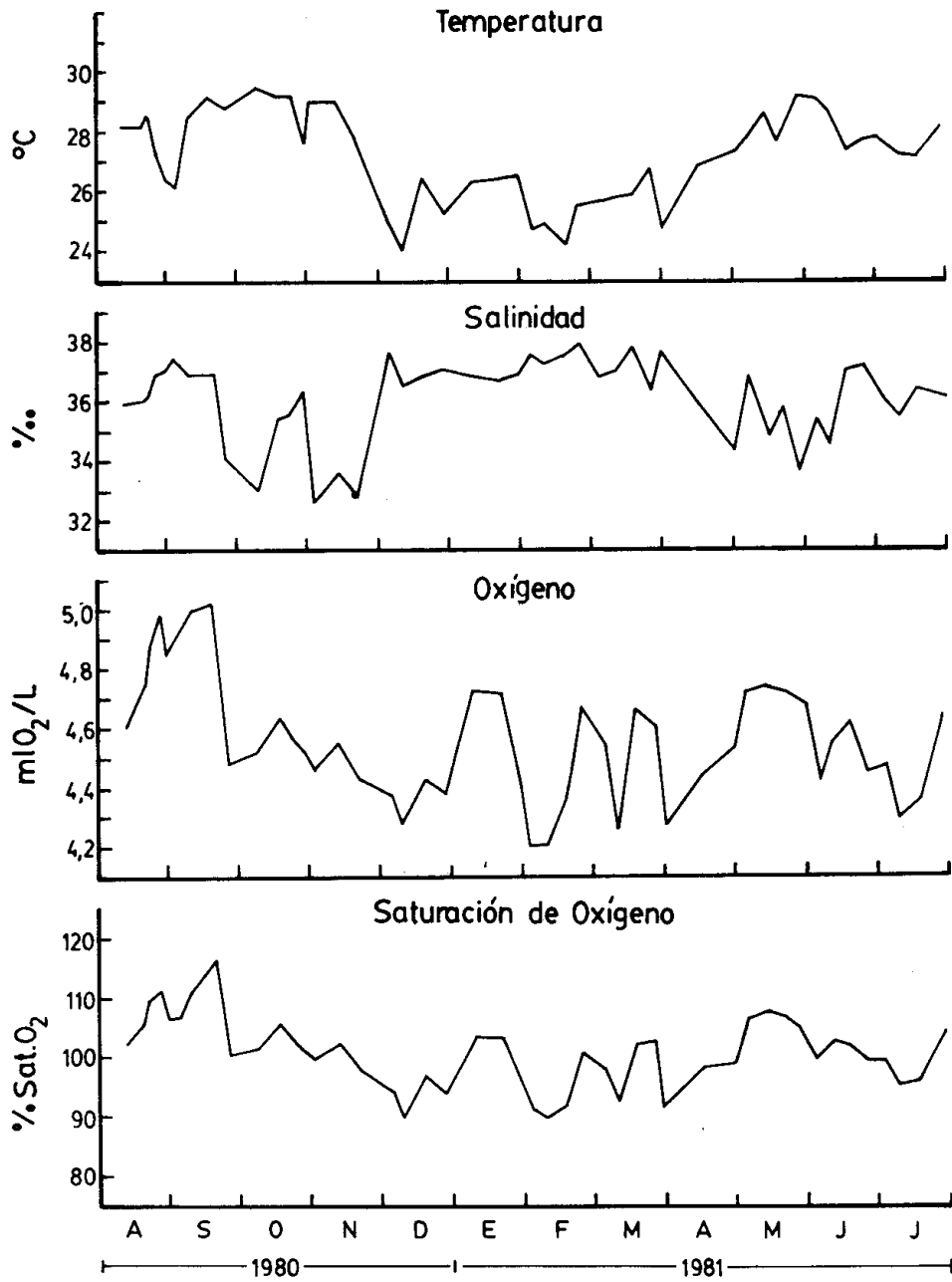


Figura 2. Variación de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y saturación de oxígeno en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano.

3. Alcalinidad y pH.

La alcalinidad, como medida directa de la concentración de carbonatos, bicarbonatos y boratos, principalmente, es el factor químico que regula el pH en el mar. Existe generalmente una relación lineal entre la alcalinidad y el contenido de sales en el agua oceánica y se ha definido con la expresión:

$$\text{Alcalinidad específica} = \frac{\text{Alcalinidad total}}{\text{Clorinidad}} \quad (1)$$

La alcalinidad específica en agua oceánica es de 0.123 aproximadamente (Fairbridge, 1966); en aguas costeras, debido al aporte de los ríos, puede variar y se utiliza como indicador preliminar de la influencia de descargas continentales sobre el ambiente marino. La alcalinidad específica en la bahía de Santa Marta (Fig. 3) presenta los valores más elevados de septiembre a noviembre (0.128-0.131), meses caracterizados por las mayores precipitaciones del año (Müller, 1981; Godoy *et. al.*, 1975) y en consecuencia el mayor aporte hídrico del Río Manzanares. A lo anterior se debe asumir la influencia del Río Magdalena, el más largo y caudaloso de Colombia, cuya desembocadura en el Mar Caribe se localiza al norte de Barranquilla (11°06' N - 74°51' W) y presenta los mayores niveles y crecidas de septiembre a noviembre influenciando las aguas costeras adyacentes (Kaufmann y Hevert, 1973).

La media anual de la alcalinidad específica en la bahía de Santa Marta es 0.122, similar al característico para agua de océano abierto (Fairbridge, 1966).

Con respecto al pH, la bahía revela aguas bien tamponadas y alcalinas durante todo el año, con medias mensuales que oscilan entre 8.15 (enero) y 8.33 (septiembre), correspondiendo una variación anual de solamente 0.18 unidades. Los mayores valores del pH (> 8.2) se observan de marzo a octubre y los menores (< 8.2) de noviembre a febrero; la media anual es 8.22, típica de agua marina (Fig. 3).

4. Estabilidad.

La estabilidad de una columna de agua se define como la resistencia presentada por la misma a procesos de mezcla; su magnitud depende de la distribución de la densidad del agua a lo largo de la columna. Expresando la densidad en términos de Sigma-t (σ_t) la estabilidad se calcula por medio de la ecuación:

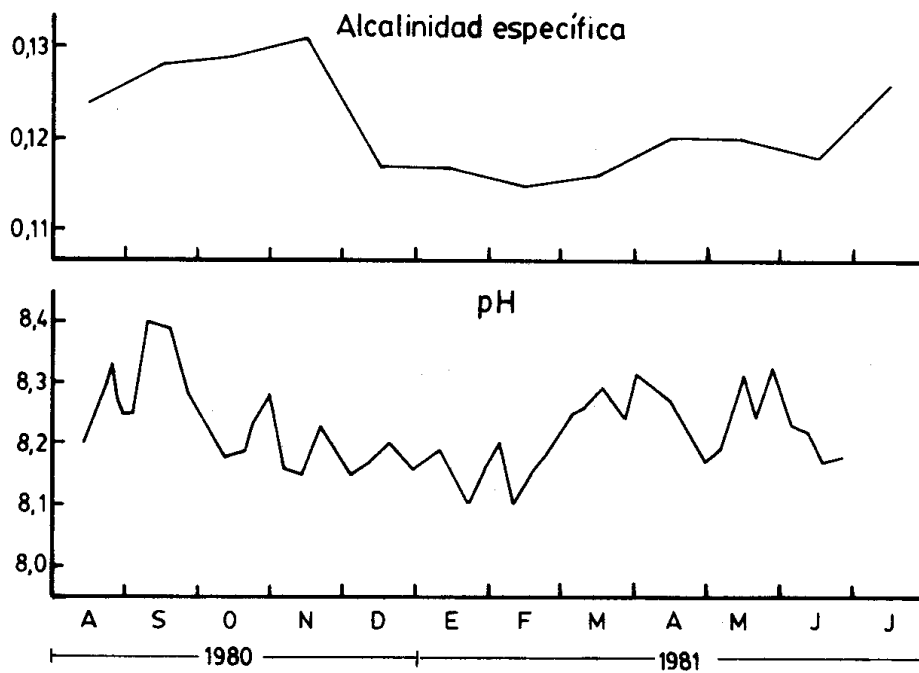


Figura 3. Variación de la alcalinidad específica (promedios mensuales) y del pH en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano.

$$E = \frac{\Delta \sigma_t}{\Delta Z} \times 10^{-3} \quad (2)$$

siendo E la estabilidad, $\Delta \sigma_t$ la diferencia de densidades en términos de σ_t y ΔZ la distancia entre dos puntos dados de la columna de agua.

La ecuación (2) es exacta para el cálculo de la estabilidad, habiéndose despreciado los gradientes verticales de temperatura y salinidad por ser constantes hasta una profundidad de 100 m (Defant, 1961).

En forma similar al tratamiento matemático utilizado por Gómez Gallego (1971) y por razones prácticas, si multiplicamos la ecuación (2) por 10^8 se tiene finalmente:

$$10^8 \cdot E = \frac{\Delta \sigma_t}{\Delta Z} \times 10^5 \quad (3)$$

Valores de E positivos indican estabilidad de la columna de agua, valores de E negativos corresponden a un equilibrio inestable ó estado anómalo y valores de E alrededor de cero implican una columna homogénea.

El comportamiento de la Estabilidad en la bahía de Santa Marta indica que en los períodos de agosto a noviembre de 1980 y de mediados de abril a julio de 1981 presenta valores positivos de relativa constancia; de diciembre 1980 a marzo 1981 predominan valores negativos dentro de grandes oscilaciones. A finales de agosto, en la transición de diciembre a enero y en mayo se presentan esporádicamente estabilidades alrededor de cero (Fig. 4).

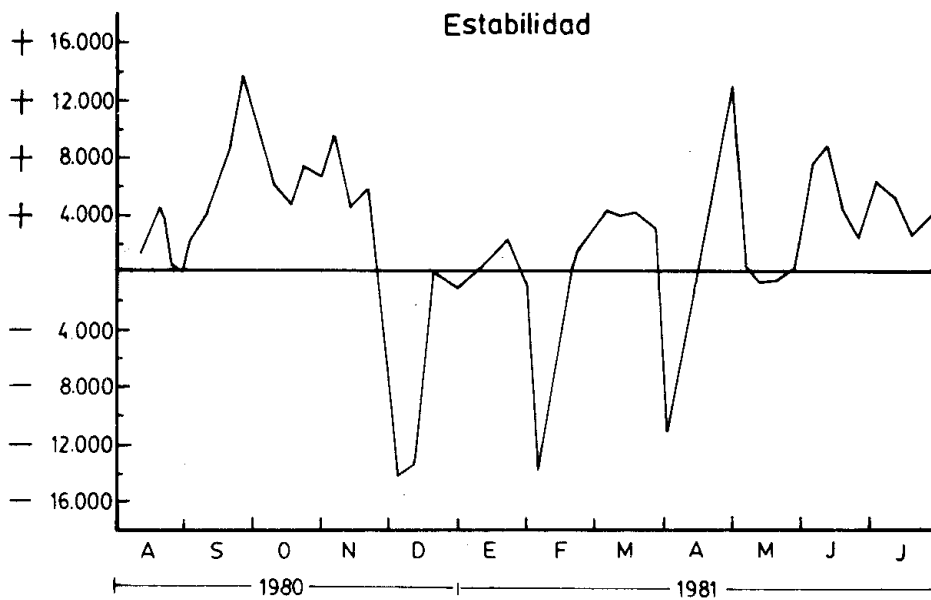


Figura 4. Variación de la estabilidad ($\times 10^6$) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano.

CONCLUSIONES

El estudio de la estabilidad en la bahía de Santa Marta permite indicar que de diciembre a abril, época de mayor intensidad de los vientos locales, se presentan fenómenos de surgencia de aguas profundas a la superficie. El núcleo de la surgencia se ha localizado en la península de la Guajira entre los 71 y 72°W (Fajardo, 1979) y extiende su influencia a lo largo de la costa Caribe colombiana, debido a la circulación de las aguas del Caribe sur, hasta los 74°W (Corredor, 1981). Por su parte Bula (1977), utilizando algas marinas indicadoras, establece que la surgencia se presenta principalmente entre diciembre y mayo y con menor grado entre junio y noviembre, tal como se ha observado a partir de la variación de la estabilidad. Las características de las aguas superficiales de la bahía de Santa Marta en la época de vientos son a su vez similares a las de la masa de agua subtropical intermedia, localizada en el Caribe entre los 100 y 175 m de profundidad, la cual según Atwood (1977) presenta temperatura baja (22-24°C), salinidad alta (36.80-37.02‰) y concentraciones bajas de oxígeno disuelto (4.2-4.5 ml/l).

La variación de la temperatura y salinidad en la bahía de Santa Marta durante el período de estudio es similar al comportamiento descrito para el lapso de abril 1971 a abril 1972 (Wedler, 1975).

Las observaciones a largo plazo realizadas entre noviembre 1974 y diciembre 1978 (Müller, 1981) permiten establecer que en líneas generales las características físico-químicas de la bahía de Santa Marta son reproducibles en el ciclo anual y están relacionadas con las épocas de lluvia y sequía (brisa). Se presentan así dos períodos en el año; uno desde mayo hasta noviembre caracterizado por alta estabilidad de las aguas y otro de diciembre a abril donde ocurren procesos importantes de surgencia coincidentes con la época de mayor intensidad de los vientos locales.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su reconocimiento a COLCIENCIAS e INVEMAR que hicieron posible la presente contribución a través del proyecto 30003-1-16-80, así mismo a los auxiliares que apoyaron el trabajo de campo y los colegas que aportaron sus ideas y comentarios.

BIBLIOGRAFIA

- Atwood, D. 1977. La oceanografía regional con respecto a los problemas actuales y futuros de la contaminación y de los recursos vivos. COI. Inf. reuniones de Trabajo No. 11, Unesco. pp. 77.
- 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 Betín, 9: 45-71.
- Corredor, J. E. 1981. Apuntes sobre la circulación costera en el Caribe noroccidental colombiano. Bol. Cient. CIOH-Cartagena, 3: 3-8.
- Defant, A. 1961. Physical oceanography. Pergamon. Press, Oxford, Vol. I, cap. 5: 185-198.
- Fairbridge, R. 1966. The encyclopedia of oceanography. Teinhold Publishing Co., New York, Vol. I:29.
- Fajardo, G. 1979. Surgencia costera en las proximidades de la península colombiana de la Guajira. Bol. Cient. CIOH-Cartagena, 2: 7-19.
- Godoy, G., J. Sánchez & E. Cabrera, 1975. Análisis de datos de precipitación. Estudios de precipitación media en el norte de Colombia y Cuenca del Alto Magdalena. Serv. Colomb. Meteorol. e Hidrol. SCMH. Bogotá D.E.
- Gómez-Gallego, J. 1981. Estudio de las condiciones oceanográficas en la Ría de Arosa, en verano. Bol. Inst. Esp. Ocean. 83: 1-39.
- Grasshof, K. 1976. Methods of seawater analysis. Verlag Chemie. Weinheim, 317 p.
- Hermann, R. 1970. Las causas de la sequía en la región costanera de Santa Marta, Colombia. Rev. Acad. Col. Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 3 (52): 479-489.
- Kaufmann, R & 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.
- Müller, K. 1979. Interrelaciones entre salinidad y temperatura en la bahía de Santa Marta. An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín. 11: 219-226.
- Strickland, D. H. & T. R. Parsons. 1972. Practical Handbook of Seawater Analysis. Fish. Res. Board of Canada. Ottawa. 310 p.
- Wedler, E. 1975. Ecological studies on hydroids of the rocky littoral of Santa Marta (Colombia). Helgoländer wiss. Meeresunters, 27: 324-363.

Dirección del autor:
INVEMAR
Apartado 1016
Santa Marta, Colombia

