

PRODUCCION PRIMARIA DEL FITOPLANCTON Y CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LAS AGUAS DEL CAYO DOS MOSQUISES, LOS ROQUES, VENEZUELA *

ERNESTO J. GONZALEZ

Fundación Científica Los Roques, Apartado 1139, Carmelitas 1010-A, Caracas, Venezuela.

RESUMEN: En vista de la poca información existente acerca de la calidad de las aguas del Parque Nacional Archipiélago de Los Roques, se planteó el objetivo de caracterización fisicoquímicamente, así como también estimar la producción primaria del fitoplancton. El estudio se inició en el extremo Sur-Occidental del Archipiélago, en el área del Cayo Dos Mosquises. Se realizaron muestreos mensuales durante un año (Julio de 1988-Junio de 1989). Los valores promedio de los principales factores físico-químicos estudiados fueron: Nitrato $2,03 \mu\text{g.L}^{-1}$; nitrito $1,16 \mu\text{g.L}^{-1}$; amonio $3,25 \mu\text{g.L}^{-1}$. La concentración de clorofila "a" varió entre $0,36$ y $1,73 \text{ mg.m}^{-3}$. (promedio de $0,64 \text{ mg.m}^{-3}$), mientras que la producción primaria del fitoplancton varió entre $3,56$ y $43,90 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{día}^{-1}$ (promedio de $16,98 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{día}^{-1}$). Se encontró una correlación positiva significativa entre la producción primaria y la concentración de clorofila "a" ($r=0,567$; $p<0,05$). La relación Carbono (C) inorgánico: Nitrógeno (N) total: Fósforo (P) total fue de $106:12,88:0,05$, lo cual parece indicar que el fósforo es el principal factor limitante de la producción fitoplanctónica. Las bajas concentraciones de nutrientes y de pigmentos fotosintetizadores, así como también los bajos valores de producción primaria, permiten afirmar que las aguas del Cayo Dos Mosquises son de carácter altamente oligotrófico, lo cual es propio de los sistemas de arrecifes coralinos.

ABSTRACT: Due to the poor knowledge of the water quality of the Archipiélago de Los Roques National Park, a study was conducted to determine its chemical and physical characteristics, and primary production of the phytoplankton. The study was initiated in the south western area of the Archipelago, at Cayo Dos Mosquises. Monthly samples were taken from July 1988 to June 1989. The mean values of the physical and chemical parameters were: Nitrate $2,03 \mu\text{g.L}^{-1}$; nitrite $1,16 \mu\text{g.L}^{-1}$; ammonia $3,25 \mu\text{g.L}^{-1}$. Chlorophyll a varied between $0,36$ and $1,73 \text{ mg.m}^{-3}$. (mean value $0,64 \text{ mg.m}^{-3}$), whereas primary production varied between $3,56$ and $43 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{día}^{-1}$ (mean value $16,98 \text{ mgC.m}^{-2}.\text{día}^{-1}$). Primary production showed a significant positive correlation with the concentration of chlorophyll a ($r=0,567$; $p<0,05$). The inorganic Carbon (C): total Nitrogen (N): total Phosphorus (P) ratio was $106:12,88:0,05$, which seems to indicate that phosphorus is the most limiting factor of the phytoplanktonic production. The low concentration of nutrients and photosynthetic pigments, and the low values of primary production indicate that the waters surrounding the Cayo Dos Mosquises are highly oligotrophic, a feature common to coral reef systems.

INTRODUCCION

En los sistemas acuáticos, la base de toda cadena trófica la constituyen los organismos capaces de captar la energía solar, para transformarla, por medio de la fotosíntesis, en materia orgánica disponible para el resto de los organismos de las comunidades. Este proceso se conoce como producción primaria (WESTLAKE, 1963), el cual es imprescindible para el mantenimiento del flujo ener-

gético en los sistemas biológicos (MARGALEF, 1974).

En los sistemas marinos, los principales productores primarios se encuentran representados en el fitoplancton, el cual se desarrolla en grandes proporciones en condiciones favorables de luz, temperatura y nutrientes. De lo anterior, se puede afirmar que la producción primaria depende de las características fisicoquímicas del medio, ya que los cambios en estos factores afectan a los compo-

* Contribución científica Nº 36 de la Fundación Científica Los Roques.

nentes bióticos de la comunidad (FINDENEGG, 1965); DUGDALE & GOERING, 1967).

En el Parque Nacional Archipiélago de Los Roques existe poca información sobre los parámetros físico-químicos del agua y de la producción de los componentes autótrofos que forman parte del sistema. Es por ello que se planteó el objetivo de caracterizar físico-químicamente sus aguas, así como también estimar la producción primaria del fitoplancton, iniciando la primera fase del estudio en el extremo Sur-Occidental del Archipiélago en la plataforma marina del Cayo Dos Mosquises, sede de la Estación de Ciencias Marinas de la Fundación Científica Los Roques. La información obtenida servirá para elaborar una base de datos, necesaria para interpretar otros estudios en esta área de la alta producción pesquera.

DESCRIPCION DEL AREA ESTUDIADA

El Parque Nacional Archipiélago de Los Roques es un complejo arrecifal ubicado a 155 km (84 millas náuticas) al Norte franco de la costa central de Venezuela, entre los $11^{\circ}44'45''$ y $11^{\circ}58'36''$ de Lat. N° y los $66^{\circ}32'42''$ y $66^{\circ}57'27''$ de Long. W. El Archipiélago está formado por 42 islotes y 200 bancos de arena, dispuestos en forma de óvalo irregular (36 km de Este a Oeste y 26,6 km de Norte a Sur), alrededor de una laguna de profundidad media de 5 m. El Archipiélago tiene un área aproximada de 800 km².

El muestreo se realizó alrededor del Cayo Dos Mosquises, al Sur-Oeste del Archipiélago de Los Roques ($11^{\circ}48'$ de Lat. N. y $66^{\circ}53'$ de Long. W. (Fig. 1). Se establecieron cinco estaciones de muestreo, según los siguientes criterios:

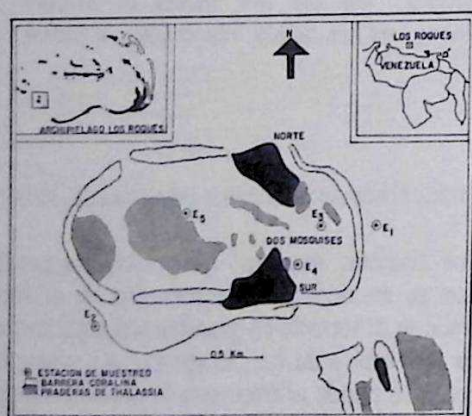


Fig. 1.- Ubicación de las estaciones de muestreo en el Cayo Dos Mosquises, Archipiélago de Los Roques, Venezuela.

- Patrón de corriente (predominantemente de Este a Oeste).
- Tipo de ambiente marino (praderas de fanerógamas marinas, arrecifes coralinos, fondo arenoso).
- Accesibilidad.

Las estaciones seleccionadas fueron:

Estación 1 (E1): Ubicada antes de la rompiente de la barrera de coral situada al Este del Cayo Dos Mosquises. Su profundidad máxima es de 15 m.

Estación 2 (E2): Al Oeste del Cayo Dos Mosquises Sur, al borde del talud arrecifal. Profundidad máxima de 11 m.

Estación 3 (E3): En la zona del arrecife detrás de la barrera de coral, al Este del Cayo Dos Mosquises. 3,5 m de profundidad.

Estación 4 (E4): Ubicada sobre una pradera somera de fanerógamas marinas (*Thalassia testudinum*), sobre la costa Este del Cayo Dos Mosquises Sur. Profundidad máxima de 1,5 m.

Estación 5 (E5): Ubicada sobre una pradera de fanerógamas marinas (*Thalassia testudinum*) a 2,5 m de profundidad. Esta estación se consideró como representativa del área de Dos Mosquises, por estar en la laguna interior y entre los Cayos Dos Mosquises Norte y Dos Mosquises Sur.

METODOS Y TECNICAS

Las muestras de agua se recolectaron cada 5 m de profundidad, a partir de la superficie del agua, con la ayuda de una botella de captación (Van Dorn; 2,5 l), para realizar los análisis químicos. Se midieron los siguientes parámetros: Temperaturas del aire y del agua (teletermómetro YSI Yellow Springs Instrument, modelo 46 TUC), oxígeno disuelto (oxigenómetro YSI, modelo 57), conductividad y salinidad (conductivímetro-salinómetro YSI, modelo 33), velocidad del viento (anemómetro Koshin-Denki-Kogyo Co., LTD). Se estimó la transparencia del agua utilizando un Disco Secchi (30 cm de diámetro). El coeficiente de extinción de luz se calculó mediante la expresión $1,7/\text{Disco de Secchi}$, según CLARKE (1941). El pH se determinó con un pH metro Corning, modelo 145. También se estimaron el dióxido de carbono total (PARSONS *et al.*, 1984) nitrato y nitrito

(STRICKLAND & PARSONS, 1968), amonio (SOLORZANO, 1969), fosfato (MURPHY & RILEY, 1962), nitrógeno y fósforo totales (VALDERRAMA, 1981). Los pigmentos fotosintetizadores (clorofilas a, b y c y carotenoides) se determinaron luego de filtrar dos litros de agua a través de un filtro de fibra de vidrio Whatman GF/C y por extracción con acetona (STRICKLAND & PARSONS, 1968). La producción primaria se estimó *in situ* utilizando el método de C-14 (VOLLENWEIDER, 1974) y centelleo líquido en la Estación 5 a 0 y 2 m de profundidad. Las muestras se incubaron durante dos horas.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se resumen los parámetros físicos, químicos y biológicos estudiados en el período Julio 1988 - Junio 1989.

Características físicas:

La temperatura del aire se midió durante los muestreos, en horas matutinas. Los mayores valores de éste parámetro se registraron desde Julio hasta Octubre 1988, mientras que las menores se registraron a partir de Febrero 1989 (Fig. 2).

La velocidad del viento presentó un patrón inverso a la temperatura del aire (Fig. 2). Se encontró una correlación negativa significativa entre ambos factores climáticos ($r = -0,724$; $p < 0,05$).

La temperatura del agua y el oxígeno disuelto presentaron pequeñas fluctuaciones durante el período de estudio (Fig. 2). Al igual que la temperatura del aire, la temperatura del agua fue mayor desde Julio hasta Octubre 1988, disminuyendo progresivamente hasta Marzo 1989; a partir de este mes comenzó a elevarse nuevamente. Se encontró una correlación positiva significativa entre las temperaturas del aire y del agua ($r = 0,807$; $p < 0,05$) y una correlación negativa significativa entre la temperatura del agua y la velocidad del viento ($r = -0,566$; $p < 0,05$). El oxígeno disuelto presentó un comportamiento inverso a la temperatura del agua ($r = -0,774$; $p < 0,05$).

Una característica importante encontrada fue la homogeneidad de la temperatura del agua y del oxígeno disuelto en la columna de agua en las estaciones de muestreo, siendo la diferencia promedio entre 0 y 10 m de $0,2^\circ\text{C}$ y $0,3\text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente. La alta velocidad del viento (promedio de $7,92\text{ m.seg}^{-1}$) y la corriente marina, aunado a la poca profundidad de las estaciones muestreadas, permiten la mezcla de la columna de agua, trayendo

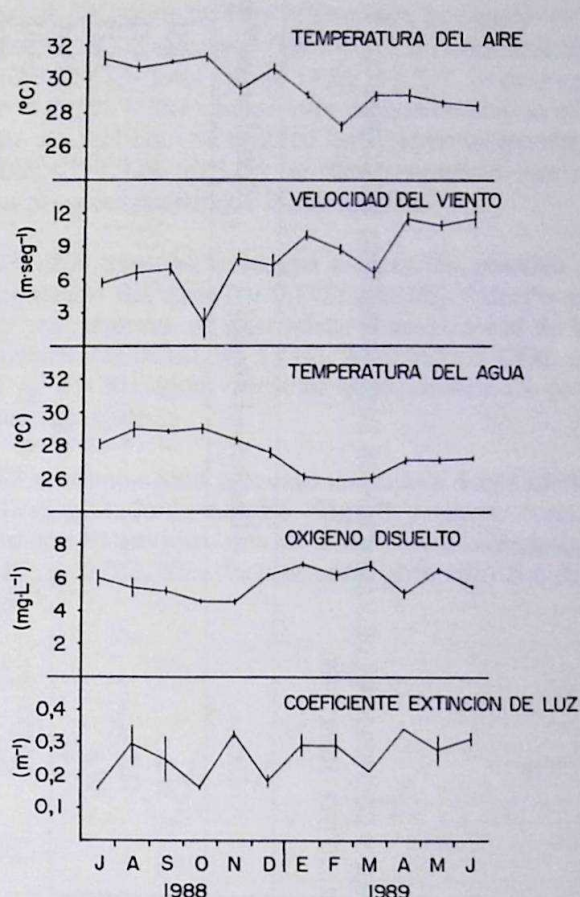


Fig. 2.- Promedios mensuales de los parámetros físicos: temperaturas del aire, velocidad de viento, temperatura del agua, oxígeno disuelto y coeficiente de extinción de luz en el Cayo Dos Mosquises (Julio 1988-Junio 1989).

como consecuencia esta homogeneidad.

La transparencia del agua varió entre 5,0 y 10,5 m (promedio de $7,25\text{ m} \pm 2,00$). En base a la transparencia del agua, estimada con el Disco de Secchi, se calculó el coeficiente de extinción de luz (Fig. 2). Este coeficiente estuvo correlacionado positivamente con la velocidad del viento ($r = 0,767$; $p < 0,05$). Al aumentar la velocidad del viento, aumenta la resuspensión del material del fondo, disminuyendo la penetración de luz en la columna de agua.

Características químicas:

En el Cayo de Dos Mosquises, la salinidad no varió du-

TABLA 1.- VALORES PROMEDIOS, MÍNIMOS, MÁXIMOS, DESVIACIONES ESTÁNDAR Y COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DETERMINADOS EN LA PLATAFORMA DEL CAYO DOS MOSQUISSES SUR (JULIO 1988 - JUNIO 1989).

Parámetro	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)
Temperatura aire (°C)	29,6	27,1	31,3	1,33	4,51
Velocidad viento (m.seg ⁻¹)	7,92	2,0	11,4	2,72	34,41
Temperatura agua (°C)	27,5	25,9	29,0	1,14	4,15
Oxígeno disuelto (mg.L ⁻¹)	5,70	4,50	6,75	0,80	14,08
Coefficiente extinción (mL ⁻¹)	0,2582	0,1623	0,3400	0,0633	24,51
pH	8,10	8,00	8,16	0,05	0,56
Dióxido carbono total (mg.L ⁻¹)	18,02	14,97	20,81	1,65	9,15
Nitrato (µg.L ⁻¹)	2,03	0,79	4,60	1,09	53,66
Nitrito (µg.L ⁻¹)	1,16	0,00	3,62	0,95	82,30
Amonio (µg.L ⁻¹)	3,25	0,47	8,98	2,76	84,90
N total (mg.L ⁻¹)	2,19	0,73	5,54	1,48	67,63
P total (µg.L ⁻¹)	8,47	4,70	12,49	2,65	31,29
Clorofila <i>a</i> (mg.m ⁻³)	0,64	0,36	1,73	0,38	59,24
Clorofila <i>b</i> (mg.m ⁻³)	0,06	0,02	0,13	0,03	56,17
Clorifila <i>c</i> (mg.m ⁻³)	0,39	0,08	0,85	0,24	60,84
Caretonoides (mg.m ⁻³)	0,32	0,14	0,49	0,12	38,23
Producción primaria (mgC.m ⁻² .día ⁻¹)	16,98	03,56	43,90	14,07	82,88

rante el período de estudio (36‰), mientras que la conductividad fue siempre superior a los 50.000 μmhos .

El pH del agua varió poco durante el período Julio 1988 - Junio 1989 (Fig. 3), siendo su promedio $8,10 \pm 0,05$.

Los nutrientes inorgánicos nitrato, nitrito y amonio no presentaron un patrón definido en sus variaciones a lo largo del período de estudio (Fig. 3).

El fósforo inorgánico (fosfato) no pudo ser detectado debido a sus extremadamente bajas concentraciones.

El dióxido de carbono total (carbono inorgánico en todas sus formas) presentó pequeñas variaciones durante los meses de muestreo (Fig. 4). El dióxido de carbono total en todas sus formas es la sumatoria del dióxido de carbono, los bicarbonatos y los carbonatos en el medio marino (WETZEL, 1981). A pH mayor de 8,0 como en el

caso de las aguas de Dos Mosquises, la especie predominante es el bicarbonato (HCO_3^-). La concentración promedio de CO_2 total fue de $18,02 \text{ mg.L}^{-1}$, lo cual coincide con WETZEL (1981), quien expresa que en el mar, el contenido de carbono inorgánico es aproximadamente de 2 mmoles.L^{-1} (24 mg.L^{-1}), lo cual representa una reserva unas 50 veces mayor que la atmosférica.

El CO_2 total presentó una correlación positiva con la temperatura del agua ($r = 0,672$; $p < 0,05$). Cuando aumenta la temperatura, se intensifica la respiración de los organismos (MARGALEF, 1974), liberándose CO_2 al medio. El pH del agua, mientras tanto, permanece prácticamente constante.

El nitrógeno total presentó una curva descendente durante el período de estudio (Fig. 4) y estuvo correlacionado con el amonio, una de sus formas inorgánicas ($r = 0,719$; $p < 0,05$). Su concentración promedio fue de $2,19 \text{ mg.L}^{-1}$.

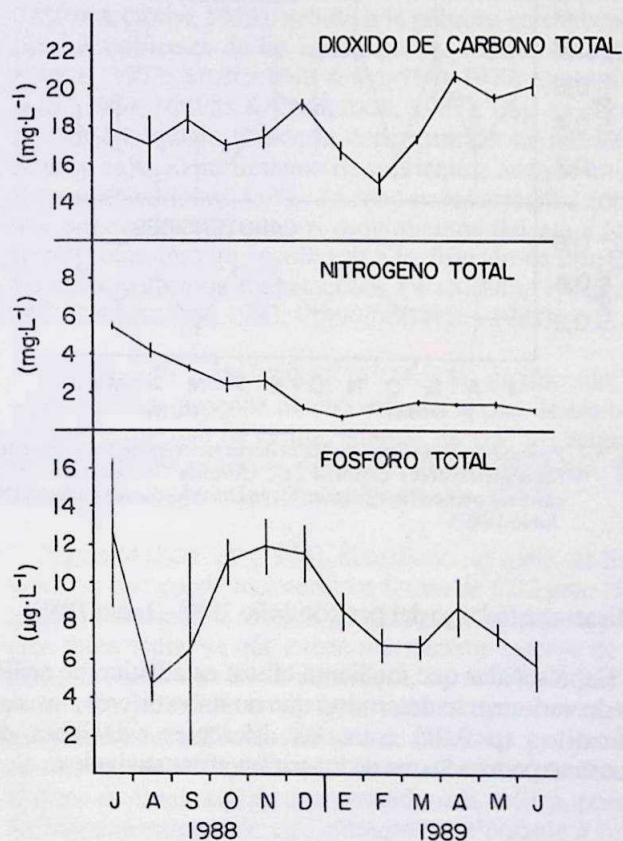


Fig. 3.- Promedios mensuales de los parámetros químicos pH y concentración de los nutrientes inorgánicos nitrato, nitrito y amonio en las aguas del Cayo Dos Mosquises (Julio 1988 - Junio 1989).

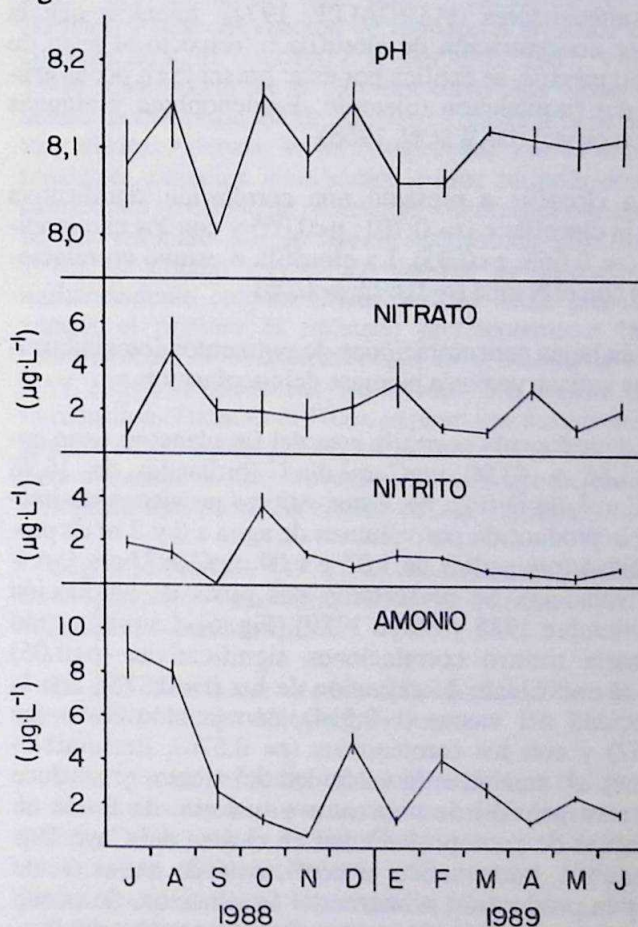


Fig. 4.- Promedios mensuales de las concentraciones de dióxido de carbono total, nitrógeno total y fósforo total en las aguas del Cayo Dos Mosquises (Julio 1988 - Junio 1989).

El fósforo, en las aguas estudiadas, se encontró en bajas concentraciones (Fig. 4), siendo su promedio de $8.47 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Se calculó la proporción Carbono inorgánico: Nitrógeno total: Fósforo total (C: N: P), siendo ésta en promedio 106: 12,88: 0,05 (equivalentemente, 2127,50: 258,56: 1).

Características biológicas:

A excepción de un pico máximo de las concentraciones de clorofila a y c y carotenoides en Noviembre 1988, las concentraciones de los pigmentos fotosintetizadores fueron más o menos constantes a lo largo del período de estudio (Fig. 5). Estos pigmentos se encontraron en bajas concentraciones, siendo su orden jerárquico clorofila a > clorofila c > carotenoides > clorofila b. La relativa mayor concentración de clorofila "a" se debe a que la misma está presente en todos los organismos planctónicos fotosintetizadores (MARGALEF, 1974), mientras que la menor concentración de clorofila b, respecto al resto de los pigmentos, se explica por estar presente en pocos grupos del fitoplancton (ejemplo: Euglenophyta y algunas Chlorophyta) (DAWSON, 1966).

La clorofila a presentó una correlación significativa con la clorofila c ($r = 0,701$; $p < 0,05$) y con los carotenoides ($r = 0,663$; $p < 0,05$). La clorofila b estuvo correlacionada con el N total ($r = 0,673$; $p < 0,05$).

Las bajas concentraciones de pigmentos fotosintetizadores indican una baja biomasa del fitoplancton.

La producción primaria neta del fitoplancton varió entre $3,56$ y $43,90 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ (promedio de $16,98 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) (Fig. 6). Estos valores provienen de integrar la producción por volumen de agua a 0 y 2 m de profundidad (promedios de $1,07$ y $1,09 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{hora}^{-1}$, respectivamente). Se presentaron dos picos de producción (Noviembre 1988 y Mayo 1989) (Fig. 6). La producción primaria mostró correlaciones significativas ($p < 0,05$) con el coeficiente de extinción de luz ($r = 0,575$), con la velocidad del viento ($r = 0,514$), con la clorofila a ($r = 0,567$) y con los carotenoides ($r = 0,570$). Presumiblemente, al aumentar la velocidad del viento, se produce una resuspensión de nutrientes y material de fondo en las aguas de poca profundidad en el área del Cayo Dos Mosquises, aumentando el coeficiente de extinción de luz y la producción primaria del fitoplancton. Se puede notar, además, que el pico máximo de producción fitoplanctónica ocurre durante uno de los picos de fósforo total (Noviembre 1988), aunque entre ambos parámetros no se encontró una correlación estadísticamente sig-

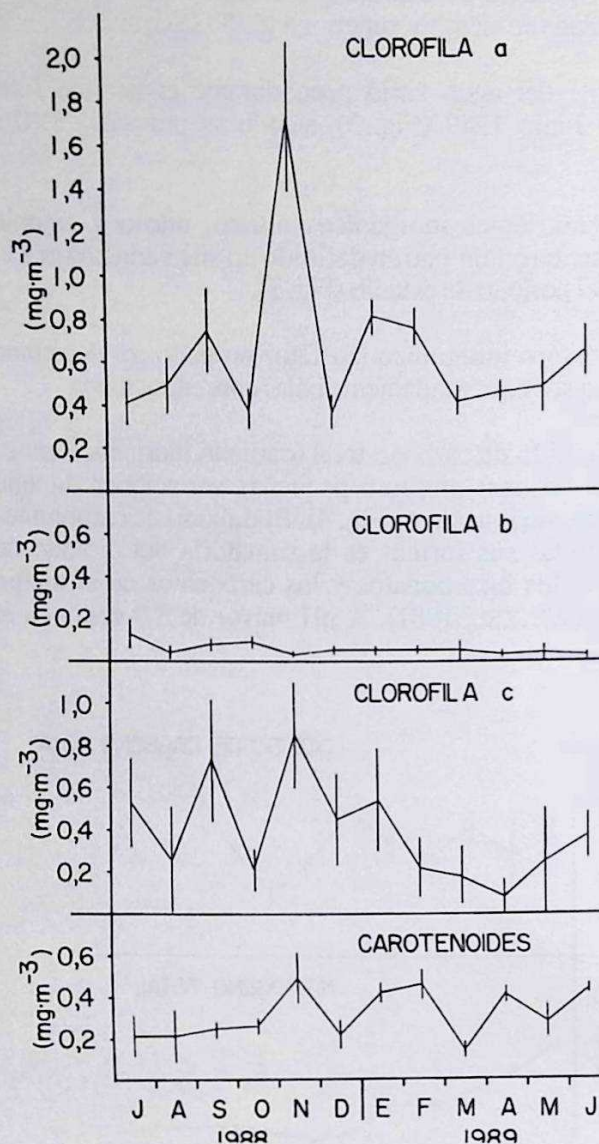


Fig. 5.- Promedios mensuales de las concentraciones de los pigmentos fotosintetizadores clorofila "a", clorofila "b", clorofila "c" y carotenoides en las aguas del Cayo Dos Mosquises (Julio 1988 - Junio 1989).

nificativa a lo largo del período Julio 1988 - Junio 1989.

Cabe señalar que mediante el test estadístico de análisis de varianza, se determinó que no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las diferentes estaciones de muestreo para cada uno de los parámetros estudiados.

DISCUSION

Las comunidades de arrecifes coralinos son asociaciones muy variadas de plantas y animales que crecen en

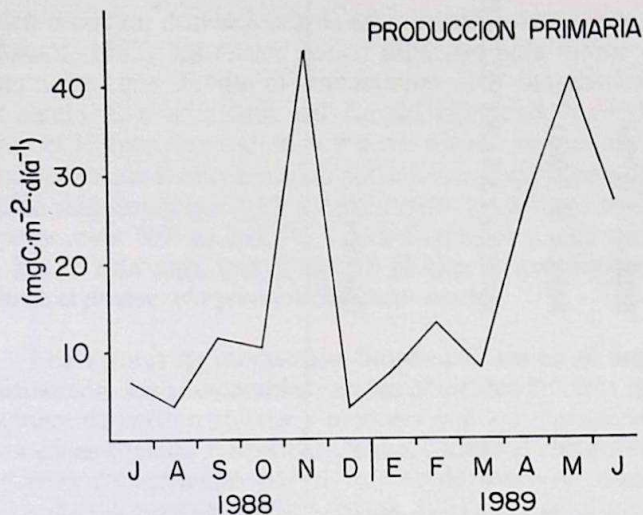


Fig. 6.- Variación estacional de la producción primaria del fitoplancton en las aguas del Cayo Dos Mosquises (Julio 1988 - Junio 1989).

abundancia en aguas pobres en contenido de plancton (ODUM & ODUM, 1955), debido a la pobreza en concentración de nutrientes de las aguas que las rodean (SMITH & MARSH, 1973; MUSCATINE & PORTER, 1977; CORREDOR *et al.*, 1984; NIEVES & CORREDOR, 1987). Este es el caso de Dos Mosquises, donde la concentración de nutrientes es muy baja. El surtimiento de nutrientes, aunque en bajas concentraciones, se lleva a cabo en los arrecifes coralinos principalmente por los movimientos del agua (corrientes, olas, etc) que conllevan a la difusión de éstos hacia los organismos fotosintéticos (WANDERS, 1976; ANDREWS & MULLER, 1983; CORREDOR *et al.*, 1984).

De acuerdo a MARGALEF (1974), la producción en aguas marinas depende mucho más del aporte de elementos nutritivos que de la luz, además de que los requerimientos de ésta última, por parte del fitoplancton, son satisfechos a bajas intensidades (PACKARD, 1973).

Según MARGALEF (1974), el carbono no suele ser limitante, ya que puede reponerse en forma de CO₂ procedente de la reserva atmosférica. El nitrógeno ocupa una posición intermedia, ya que existe una enorme reserva de nitrógeno molecular en la atmósfera, en forma de gas atmosférico y disuelto en el agua; pero esta reserva es sólo asequible a un reducido número de bacterias y algas verde-azules, las cuales son escasas en el medio marino. El fósforo es el que ocupa una posición más crítica, porque no hay una reserva de este elemento comparable a la atmósfera en los casos del C ó del N.

REDFIELD (1958), concluye que el P es el limitante de la producción orgánica neta en el mar. Esta aseveración

ha sido reemplazada por aquella expresada por RYTHER & DUNSTAN (1971), que es el N y no el P el limitante del crecimiento de las algas.

La limitación del N ha sido implicada como el agente causante de las bajas tasas de producción primaria en las aguas oceánicas tropicales (DUGDALE, 1967; THOMAS, 1970b) y en el Mar Caribe (CORREDOR, 1979).

El N se encuentra disponible para el fitoplancton en dos formas (DUGDALE & GOERING, 1967):

- a) Nuevamente incorporado (NO₃⁻-N o N₂).
- b) Regenerado (NH₄⁺-N o Nitrógeno orgánico disuelto).

En océanos pobres en nutrientes, la concentración de nitrógeno inorgánico es baja y se cree que el fitoplancton utiliza, principalmente, amonio regenerado (ZEHR *et al.*, 1989), proveniente del flujo béntico, excreción del zooplancton y descomposición de la materia orgánica en la columna de agua (DUGDALE & GOERING, 1967; VARGO, 1979). Este podría ser el caso del Cayo Dos Mosquises, donde la concentración de amonio es mayor a la de nitrato y nitrito. Además, se ha comprobado que el amonio puede ser tomado e incorporado en los aminoácidos sin cambios en su estado de oxidación, mientras el nitrato debe ser reducido por la acción enzimática (DUGDALE, 1976). El amonio y el nitrato pueden ser utilizados simultáneamente cuando ambas formas están presentes, aunque el primero es utilizado preferentemente (MAC CARTHY *et al.*, 1977; DORCHT *et al.*, 1979; DORCHT & CONWAY, 1984), ya que reduce la actividad de la enzima nitrato-reductasa. THOMAS (1970a), expresa que los niveles de amonio en las aguas pobres en nutrientes son suficientes para mantener el fitoplancton en buenas condiciones fisiológicas. Este podría ser el caso en Dos Mosquises.

Según MARGALEF (1974), la concentración de fosfato en el agua puede bajar hasta niveles no detectables, tal como ocurre en Dos Mosquises.

En este caso, la mayor parte del ciclo del fósforo se desarrolla en el cuerpo de los organismos.

Una rigurosa demostración de que el N es el limitante en ecosistemas marinos, no ha sido lograda aún (HECKY & KILHAM, 1988). Otros autores (DUGDALE, 1967; SMITH, 1984; LAPOINTE, 1987; HARRIS, 1988), expresan que es correcto decir que la producción primaria está limitada por la tasa de surtimiento de N y P.

REDFIELD (1958), expone que las relaciones atómicas en el plancton son 106C: 16N: 1P. Sin embargo, se pue-

TABLA 2.- VALORES DE PRODUCCION PRIMARIA DEL FITOPLANCTON EN ALGUNAS REGIONES DEL OCEANO ATLANTICO Y MAR CARIBE.

Localidad	Región	Producción Primaria (mgC.m ⁻² .día ⁻¹)	Fuente
Isla de Margarita (Venezuela)	Insular	500-1000	BALLESTER & MARGALEF (1965)
Océano Atlántico (7° 39'N - 42° 31'W)	Océano abierto	14	TEXEIRA & TUNDISI (1967)
Océano Atlántico (1° 47'N - 48° 56'W)	Costera	864	TEXEIRA & TUNDISI (1967)
Barbados	Insular	380	BEER <i>et. al.</i> (1968)
Jamaica	Insular	110	BEER <i>et. al.</i> (1968)
Robert Haven (Martinica)	Insular	3,65 *	MARTINET & SAINT FELIX (1982)
Cayo Dos Mosquises (Los Roques, Venezuela)	Océano abierto (arrecifes coralinos)	16,98	Este trabajo

* Producción primaria en mgCm⁻³.hora⁻¹.

den encontrar desviaciones de esta relación (ATKINSON & SMITH, 1983), las cuales suelen utilizarse para inferir el nutriente que limita el crecimiento del fitoplancton. Cuando el crecimiento del fitoplancton está limitado por el fósforo, la relación N:P suele ser mayor que 30:1, mientras que si está limitado por el nitrógeno, la proporción será menor que 10:1. En el caso de Dos Mosquises la proporción N:P es 258,56: 1, por lo que se puede concluir en este caso, que el fósforo es el principal limitante de la producción primaria del fitoplancton.

Los valores de producción fitoplanctónica en el área estudiada, son comparables con los obtenidos en otras regiones de océano abierto y menores que los registrados en zonas costeras e islas del Caribe, debido al enriquecimiento de nutrientes por el "efecto de masa de islas" (SANDER & STEVEN, 1973; SANDER, 1981), por la influencia de los ríos Sur-americanos (BEER *et al.*, 1968) o por fenómenos de afloramiento ("upwelling") (BALLESTER & MARGALEF, 1965). Algunos valores de producción primaria de diferentes áreas del Océano Atlántico y Mar Caribe, se presentan en la Tabla 2. Cabe señalar que a excepción de la región Nor-Oriental de Venezuela, los datos de producción primaria del fitoplancton en ecosistemas marinos venezolanos son escasos.

Se ha postulado que los ciclos de producción orgánica están ausentes en los océanos abiertos tropicales (BEER *et al.*, 1968) y pueden variar de manera azarosa (MARTINET & SAINT FELIX, 1982). Según PLATT *et al.*, (1989) y ZEHR *et al.*, (1989), la dinámica de la producción primaria en el océano pelágico es intermitente más que sostenida, y depende de episodios transitorios de surtimiento de nitrato. Las aguas del Cayo Dos Mosquises, pese a ser de características oceánicas no presentaron una variación azarosa de la producción primaria, debido, probablemente, al pequeño gradiente de profundidad del área estudiada, presentándose así un patrón estacional dependiente de la velocidad del viento.

TABLA 3. CLASIFICACION DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS DE ACUERDO A SU PRODUCCION (FUENTE: TUNDISI & TUNDISI, 1976).

Clasificación	Producción primaria (mgC ⁻³ .hora ⁻¹ .)
Altamente eutróficos	50 - 100
Eutróficos	10 - 50
Oligotróficos	4 - 10
Altamente oligotróficos	< 4

De acuerdo a la clasificación de los ecosistemas marinos respecto a su producción, según TUNDISI & TUNDISI (1976) (Tabla 3), se puede concluir que las aguas del Cayo Dos Mosquises son de carácter altamente oligotrófico.

AGRADECIMIENTOS

Al CONICIT, por el financiamiento de este proyecto; a la Organización de Estados Americanos, por el financiamiento de las ampollas de C-14; a la sección de Climatología del Observatorio Cajigal, por los registros diarios de radiación solar; a todo el personal de la Fundación Científica Los Roques, por su colaboración y compañerismo, especialmente a JOSE MARVAL, LUIS MARCANO, PABLO RODRIGUEZ y ALICIA OCHOA; a los Dres. JORGE PAOLINI, ROGER LAUGHLIN y AIDA DE INFANTE, por sus orientaciones en la realización de este trabajo; al Lic. NORBERTO REBOLLEDO, por su colaboración en los análisis estadísticos; al Lic. ERNESTO WEIL, por la revisión crítica de este trabajo.

REFERENCIAS

- ANDREWS, J. C. & H. MULLER. 1983. Space-time variability of nutrients in a lagoonal patch reef. *Limnol. & Oceanogr.*, 28(2): 215-227.
- ATKINSON, M. J. & S. V. SMITH. 1983. C: N: P: ratios of benthic marine plants. *Ibid.*, 28(3): 568-574.
- BALLESTER, A. & R. MARGALEF. 1965. Producción primaria. *Mem. Soc. Ciencias Nat. de La Salle*, 25 (70-71-72): 209-221.
- BEER, J. R.; D. M. STEVEN & J. B. LEWIS. 1968. Primary productivity in the Caribbean Sea off Jamaica and the tropical North Atlantic of Barbados. *Bull. Mar. Sci.*, 18(1): 86-104.
- CLARKE, G. L. 1941. Observations on transparency in the Southwestern section of the North Atlantic Ocean. *J. Mar. Res.*, 4(3): 221-230.
- CORREDOR, J. E. 1979. Phytoplankton response to low level nutrient enrichment through upwelling Colombian Caribbean Basin. *Deep Sea Res.*, 26(7A): 731-741.

- CORREDOR, J. E. J. MORELL & A. MENDEZ. 1984. Dissolved nitrogen, phytoplankton biomass and island mass effects in the Northwestern Caribbean Sea. *Car. J. Sci.*, 20 (3-4): 129-138.
- DAWSON, E. Y. 1966. *Marine Botany: An introduction*. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, xii + 377 p.
- DORCHT, Q. S. I. AHMED & T. T. PACKARD 1979. Nitrate reductase and glutamate dehydrogenase activities in *Skeletonema costatum* as measures of nitrogen assimilation rates. *J. Plankton Res.*, 1(2): 169-186.
- DORCHT, Q. & H. L. CONWAY. 1984. Interactions between nitrate and ammonium uptake. Variation with growth rate, nitrogen source and species. *Mar. Biol.*, 79(2): 151-164.
- DUGDALE, R. C. 1967. Nutrient limitation in the sea. Dynamics, identification and significance. *Limnol. & Oceanogr.*, 12(4):685-695.
- DUGDALE, R. C. 1976. Nutrient cycles. In: *The Ecology of the Seas* (Ed. D. H. Cushing y J. J. Walsh). Blackwell Scientific publications, Oxford, 7: 141-172.
- DUGDALE, R. C. & J. J. GOERING, 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnol. Oceanogr.*, 12(2): 196-206.
- FINDENEGG, I. 1965. Factors controlling primary productivity, specially with regard to water replenishment, stratification, and mixing. *Ist. Ital. Idrobiol.*, 18 (Suppl.): 105-119.
- HARRIS, G. P. 1988. *Phytoplankton Ecology: Structure, function and fluctuation*. Chapman and Hall Ltd., London, 384 p.
- HECKY, R. E. & P. KILHAM. 1988. Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments: A review of recent evidence on the effects of enrichment. *Limnol. & Oceanogr.*, 33 (4, parte 2): 796-822.
- LAPORTE, B. E. 1987. Phosphorus and nitrogen limited photosynthesis and growth of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyceae) in the Florida Keys: An experimental field study. *Mar. Biol.*, 93(4): 561-568.
- MARGALEF, R. 1974. *Ecología*. Ediciones Omega, Barcelona, 951 p.
- MARTINET, J. & C. SAINT FELIX. 1982. Primary production of Atlantic Coastal waters of Martinique. *Car. J. Sci.*, 18(1-4): 103-105.
- McCARTHY, J. J. W. R. TAYLOR & J. L. TAFT. 1977. Nitrogenous nutrition of the plankton in the Chesapeake Bay. 1.- Nutrient availability and phytoplankton preferences. *Limnol. & Oceanogr.*, 22(6): 996-1011.
- MURPHY, J. & J. P. RILEY. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Anal. Chem. Acta*, 27(1): 26-30.
- MUSCATINE, L. & J. W. PORTER, 1977. Reef corals: Mutualistic symbioses adapted to nutrient - poor environments. *Bioscience*, 7(7): 454-460.
- NIEVES, F. A. & J. E. CORREDOR. 1987. Gradientes de fijación de nitrógeno en los sedimentos marinos asociados a arrecifes coralinos en el Suroeste de Puerto Rico. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín*, 17: 27-37.
- ODUM, H. T. & E. P. ODUM. 1955. Trophic structure and productivity of a windward coral reef community on Eniwetok Atoll. *Ecol. Monogr.*, 25(3): 291-320.
- PACKARD, T. T. 1973. The light dependence of nitrate reductase in marine phytoplankton. *Limnol. & Oceanogr.*, 18(3): 466-469.
- PARSONS, T. R., Y. MAITA & C. M. LALLI. 1984. *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. Pergamon Press, Oxford, 173p.
- PLATT, T. W. G. HARRISON; M. R. LEWIS; W. L. W. LI; S. SATHYENDRANATH; R. E. SMITH & A. F. VEZINA. 1989. Biological production of the oceans: The case for a consensus. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 52(1): 77-88.

- REDFIELD, A. C. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. *Am. Sci.*, 46(3): 205-221.
- RYTHER, J. H. & W. M. DUNSTAN. 1971. Nitrogen, Phosphorus, and eutrophication in the coastal marine environment. *Science*, 171(3975): 1008-1013.
- SANDER, F. 1981. A preliminary assesment of the main causative mechanisms of the "Island Mass" effect of Barbados. *Mar. Biol.* 64(2): 199-205.
- SANDER, R. & D. N. STEVEN. 1973. Organic productivity of inshore and offshore waters of Barbados: A study of the island mass effect. *Bull. Mar. Sci.*, 23(4): 771-792.
- SMITH, S. V. 1984. Phosphorus versus nitrogen limitation in the marine environments. *Limnol. & Oceanogr.*, 29(6): 1149-1160.
- SMITH, S. V. & J. A. MARSH, Jr. 1973. Organic carbon production on the windward reef flat of Eniwetok Atoll. *Ibid.*, 18(6): 953-961.
- SOLORZANO, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypochlorite method. *Limnol. & Oceanogr.*, 14(5): 799-801.
- STRICKLAND, J. D. H. & T. R. PARSONS. 1968. *A practical handbook of sea water analysis*. Bull. Fish. Res. Bd. Can., 167, 331 p.
- TEXEIRA, C. & J. G. TUNDISI. 1967. Primary production and phytoplankton in Equatorial waters. *Bull. Mar. Sci.*, 17(4): 884-891.
- THOMAS, W. H. 1970a. On nitrogen deficiency in tropical Pacific oceanic phytoplankton: Photosynthetic parameters in poor and rich water. *Limnol. & Oceanogr.*, 15(3): 380-385.
- THOMAS, W. H. 1970b. Effect of ammonium and nitrate concentration on chlorophyll increases in natural tropical Pacific phytoplankton populations. *Ibid.*, 15(3): 386-394.
- TUNDISI, J. G. & TUNDISI. 1976. Produca organica en ecosistemas aquáticos. *Ciencia e Cultura*, 28(8): 864-867.
- VALDERRAMA, J. C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.*, 10(1): 109-122.
- VARGO, G. A. 1979. The contribution of ammonia excreted by zooplankton to phytoplankton production in Narragansett Bay. *J. Plankton Res.*, 1(1): 75-84.
- VOLLENWEIDER, R. A. 1974. *A manual of methods for measuring primary production in aquatic environments*. 2nda edition. (Ed. R. A. Vollenwider) I. B. P. Handbook N° 12. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 225 p.
- WANDERS, J. B. W. 1976. The role of benthic algae in the shallow reef of Curacao (Netherlands Antilles). I: Primary productivity in the coral reef. *Aq. Bot.*, 2(3): 235-270.
- WESTLAKE, D. F. 1963. Comparisons of plant productivity. *Biol. Rev.*, 38(3): 385-425.
- WETZEL, R. 1981. *Limnología*. Ediciones Omega, Barcelona, xii + 679 p.
- ZEHR, J. P. D. G. CAPONE & P. G. FALKOWSKI. 1989. Rapid incorporation of ^{13}N by NH_4 - limited phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 51(3): 237-241.