

LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DEL FITOPLANCTON E HIDROGRAFIA DEL GOLFO DE PARIA, VENEZUELA, DURANTE LA ESTACION DE SEQUIA

A. G., MOIGIS y J. BONILLA R.

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

RESUMEN: En el presente trabajo se publican los resultados de mediciones de productividad primaria del fitopláncton hechas en relación con las condiciones hidrográficas según datos obtenidos en el Golfo de Paria durante la estación de sequía en el mes de mayo de 1985. Se obtuvo para esa época del año una productividad menor que para la estación de lluvias, con las mismas tendencia al incremento hacia la desembocadura de los tributarios fluviales. La producción primaria mostró valores entre 0,3 y 0,6 $gC.m^{-2}.d^{-1}$ y las concentraciones de clorofila, igualmente integradas hasta la profundidad de compensación oscilaron entre 7,5 y 10,0 $mgC.m^{-2}.d^{-1}$. Con dichos datos se calcularon tasas de crecimiento, la cual fluctuaban entre 0,5 y 0,8 d^{-1} . Se encontró una correlación muy significativa entre la relación N/P de los nutrientes y la salinidad. De acuerdo a los datos de temperatura y salinidad se identificaron la presencia de tres masas de agua, una superficial con influencia límnic, una intermedia y una profunda, ambas de origen marino. La masa de agua superficial se evidenció principalmente hacia los tributarios, con una salinidad más elevada que la registrada en la época de lluvias. Por medio de cálculos indirectos se demuestra que los aportes de nutrientes de origen marino eran las principales fuentes en la capa eufótica, indicando así la gran influencia marina existente sobre la productividad primaria de fitopláncton del Golfo de Paria para la época de sequía.

ABSTRACT: The presente work deals with the result of primary production measurements of the phytoplankton in the Gul of Paria in relation to hidrographic factors based on data obtained during the dry season in may 1985. The results showed low productivity in this season, with a tendency to increase towards river mouths. Primary production values ranged between 0.3 and 0.6 $gC.m^{-2}.d^{-1}$, and the corresponding integrated chlorophyll concentration values were between 7.5 and 10.0 $mg.m^{-2}$. From these data, growth rates of phytoplankton were calculated, which oscillated between 0.5 and 0.8 d^{-1} . A high significant correlation was observed between the N/P ratios of the dissolved nutrients and the salinity. The evaluation of the temperature-salinity data showed the evidence of 3 water masses in the area, a surface mass (with limnic influence), an intermediate and a deep water mass (both of marine origin). The surface water mass was evident in the areas of the river mouths. By indirect calculation it could be shown, that the major nutrient source to the euphotic layer in the Gulf of Paria was ocean contribution, indicating this on the marine influence of the phytoplankton productivity during the dry season.

INTRODUCCION

El Golfo de Paria, geomorfológicamente es una depresión de origen tectónico sedimentario de poca profundidad, localizado al noreste de la América del Sur. Sus fondos están cubiertos por sedimentos finos y arenosos en Boca de Dragón y Serpientes, y en el Delta formado por el drenaje continental. El Río Orinoco controla la sedimentación en el Golfo, directamente a través de los tributarios del Caño Manamo o de los sedimentos introdu-

cidos por Boca de Serpientes (VAN ANDEL & POSTMA, 1954).

De acuerdo a los valores reportados por BALLESTER & MARGALEF (1965) la producción primaria en el Golfo de Paria es baja. No obstante MOIGIS & BONILLA (1985) obtuvieron elevados valores de producción primaria durante la época de lluvias en 1984. Las características hidrográficas e hidroquímicas, flujo de nitrógeno orgánico e inorgánico y algunos aspectos físicos-químicos de los

sedimentos han sido descritos por: VAN ANDEL & POSTMA (1954); GADE (1961); OKUDA (1971-1974); BENTTEZ & OKUDA (1976); BONILLA (1977); BONILLA & LIN (1979) y BONILLA *et al* (1985).

En la presente investigación se trata de determinar y conocer la productividad primaria e hidrografía durante el crucero GII-8501, realizado a bordo del buque oceanográfico Güaiquerí II en el Golfo de Paria durante mayo 1985, correspondiente a la estación de sequía. Por otra parte, se compara los diferentes parámetros obtenidos durante el presente trabajo con los valores de la época lluviosa (MOIGIS & BONILLA, 1985).

MATERIALES Y METODOS

La fertilidad del Golfo de Paria durante la época de sequía se determinó en base a la producción primaria del fitopláncton, mediante el método de incorporación del radio carbono según STEEMANN-NIELSEN (1952), descrito para la estación lluviosa por MOIGIS & BONILLA, (1985). De igual manera estos autores aducen que mediante el método de "in situ" simulado, el tratamiento e incubación de las muestras de agua inoculada con 4μ Ci de bicarbonato marcado C^{14} , (Agenda Danesa), fueron expuestas a la luz natural durante 3,5 horas, con un sistema de flujo continuo de agua superficial para mantener la temperatura in-situ, fue realizado a bordo del buque oceanográfico Güaiquerí II del Instituto Oceanográfico de Venezuela. (Fig. 1). Se usaron mallas de definida transmisión de luz que envolvían las dos botellas claras, determinándose antes esta transmisión de luz en el laboratorio, de esta forma se simula las intensidades de luz natural de las profundidades originales de captación de las muestras de agua con botellas de Niskin. Las profundidades ópticas



Fig. 1.- Incubación con el método *in situ* simulado.

fueron obtenidas a partir de la visibilidad del disco de Secchi, cuyo procedimiento fue reportado por MOIGIS & BONILLA (1985). En estas mismas profundidades ópticas se determinó la concentración de clorofila por el método de LORENZEN (1967).

La figura 2 señala el área de muestreo y las posiciones de las estaciones 4, 18, 20 y 27, donde se determinó la producción primaria e hidrografía. Además en las estaciones 1, 9, 11, 26 y 29 se describió la hidroquímica como también, la clorofila (datos cedidos por la profesora ELVIRA FERRAZ DE REYES, del Instituto Oceanográfico, medido con el método de LORENZEN; 1967).

Los datos hidroquímicos (temperatura, salinidad y sales nutrientes) fueron determinados en profundidades diferentes a las ópticas. La temperatura se midió con termómetros de inversión, la salinidad se determinó con un salinómetro de inducción modelo 623ON; las sales nutrientes (amoníaco, nitrito, nitrato y fosfato disuelto) fueron determinados por los métodos descritos por STRICKLAND y PARSON (1968). La densidad del agua se calculó en base a los datos de la temperatura y salinidad, usando para ello la fórmula empírica del US Navy Hydrographic Office (1952). Usando los mismos parámetros se obtuvieron diagramas t-s para las estaciones indicadas.

RESULTADOS

(A).- HIDROGRAFIA:

La Fig. 3 muestra en un diagrama general t-s (temperatura - salinidad) la distribución de los datos obtenidos de todas las profundidades de las estaciones antes men-

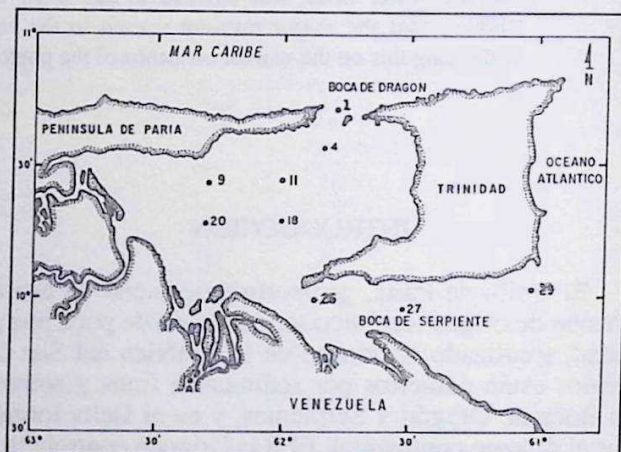


Fig. 2.- Mapa de las estaciones de muestreo.

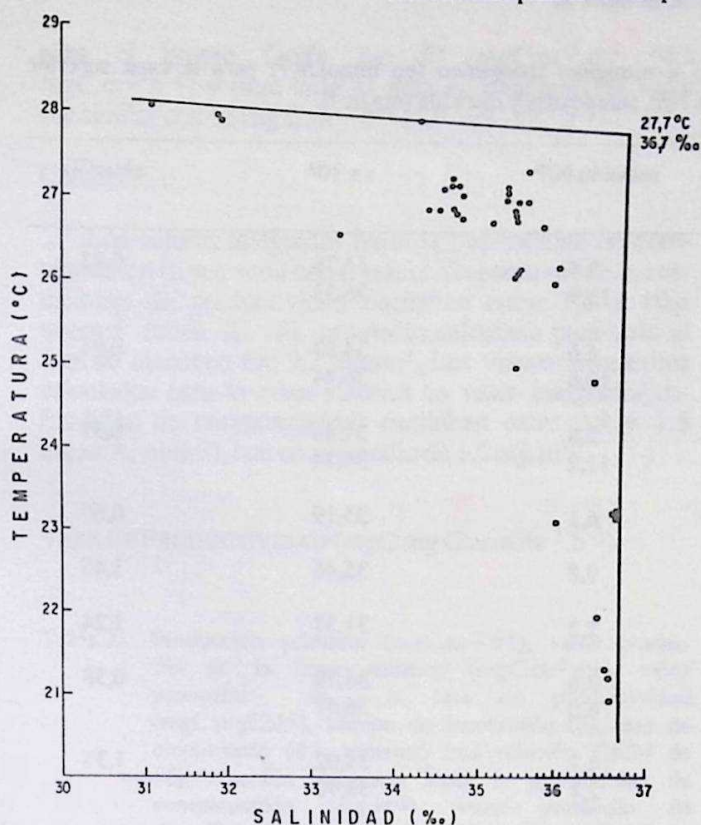


Fig. 3.- Diagrama de temperatura-salinidad (T-S) para todas las estaciones.

cionadas. En el diagrama se distingue 3 masas de agua con los siguientes rangos de temperatura y salinidad:

	Superficial	Intermedia	Profunda
t°C	28-30	27-29	23-25
sx10 ⁻³	32-34	36-37	36-37

La figura 4 muestra el diagrama t-s para cada estación. Se puede observar a todo lo largo del Golfo de Paria la masa de agua superficial se evidenciaba con poca intensidad, observándose solamente la capa intermedia y profunda.

El cruce de las tangentes por ambos flancos de la curva t-s general, que indica la temperatura y salinidad de origen de la masa intermedia, marca una temperatura de 27,7 °C y una salinidad de 36,7 x 10⁻³.

La masa de agua profunda se puede relacionar con la contracorriente de origen marino, que siempre es observada en los estuarios (e.g. REID 1961. BOWDEN

1967).

B) ELEMENTOS NUTRITIVOS:

Se calculó de la misma forma reportada por MOIGIS & BONILLA (1985) para la estación de lluvias, usando el promedio de las concentraciones de las sales nutrientes de dos capas, la superior y la inferior.

Se calculó el gradiente de densidad del agua de la manera siguiente:

$$(1).- \text{gradientes} = [\sigma_t(z + dz) - \sigma_t(z)] / dz$$

donde $\sigma_t(z)$ es la densidad en la profundidad z y dz es incremento de la profundidad z .

Para cada capa superior e inferior el promedio de las concentraciones fue calculado dividiendo el valor por el intervalo de dicha capa en metros.

FOSFATO DISUELTO:

Se observa una mayor concentración de fosfato disuelto en la capa inferior que en la capa superior (tabla 1). Los valores oscilaban en la capa superior entre 0,18 y 0,59 mmol.m⁻³ (promedio = 0,35 mmol.m⁻³) y en la capa inferior entre 0,32 y 0,87 mmol.m⁻³ (promedio = 0,51 mmol.m⁻³).

COMPUESTOS NITROGENADOS:

Definido como la suma de amoníaco, nitrito y nitrato, se observa la misma tendencia anterior (tabla 1). En la capa superior los valores oscilaban entre 0,96 y 4,28 mmol.m⁻³ (promedio = 1,79 mmol.m⁻³) y en la capa inferior oscilaban entre 1,25 y 8,57 mmol.m⁻³ (valor promedio = 4,79 mmol.m⁻³).

RELACION N/P:

La tabla 1 muestra la relación atómica N/P calculado para cada estación y estrato. Se observa que los valores de las capas superficiales en todas las estaciones eran menores al valor 16 de Redfield *et al.* (1963). El estrato inferior mostraba una relación también menor que 16. Para la capa superior se calculó un promedio de 5,6 (+ 2,8 = 5% de confidencia), mientras para la capa inferior se obtuvo un promedio de 10,3 (+ 6,1 = 5% de confidencia). Estadísticamente ambos promedios no son significativamente diferentes. Tomando esto en cuenta, se concluye que, para las capas superiores e inferiores los compuestos nitrogenados son considerados las sales nutritivas limitantes para fitoplancton. Por lo tanto de acuerdo a la relación N/P no es posible para esa época del año diferen-

Tabla 1.- Promedio calculado de las concentraciones de fosfato y nitrógeno inorgánico (en mmol.m^{-3}) para la capa superior (a) e inferior (b) (ver texto), con las respectivas relaciones N/P, salinidades y clorofila (mg.m^{-3}).

Estación	Fosfato	Nitrógeno inorgánico	relación N/P	s x 10 ³	clorofila
1 a	0,28	0,96	3,4	34,76	0,83
b	0,38	6,03	15,9	36,53	
4 a	0,27	1,26	4,6	34,69	0,94
	0,37	3,94	10,6	36,44	
9 a	0,43	1,23	2,8	31,86	0,37
b	0,32	3,60	11,2	34,14	
11 a	0,17	1,03	6,1	35,19	0,60
18 a	0,18	1,82	9,8	35,46	1,45
20 a	0,44	1,01	2,2	31,57	1,24
26 a	0,52	1,83	3,6	34,79	0,58
b	0,87	5,27	6,0	36,41	
27 a	0,59	2,76	4,7	34,02	1,35
b	0,57	1,35	2,4	35,90	
29 a	0,32	4,28	13,4	35,57	0,93
b	0,54	8,57	8,57	36,69	

ciar las aguas con influencia marina de las aguas con influencia límnic, como se obtuvo en la época lluviosa (MOIGIS & BONILLA, 1985), a pesar de que hay una relación significativa entre los valores promedios por capa de la salinidad y dicha relación N/P.

RELACION N/P-SALINIDAD:

Para analizar y conocer el efecto de la salinidad sobre los compuestos nitrogenados y fosforados, se calculó una regresión lineal entre los valores promedios de la relación N/P y las salinidades de los estratos superiores e inferiores (Fig. 5), obteniendo un coeficiente de correlación de 0,550, significativo al 5%. La recta de regresión fue:

$$N/P = -55,9 + (1,82 \times \text{salinidad})$$

Con esta regresión se pudo calcular las relaciones N/P para las masas de agua antes descritas, a partir de los rangos de salinidad:

$$\begin{aligned} N/P \text{ superficial} & (32-34 \times 10^{-3}) = 2,3 - 6,0 \\ N/P \text{ profunda} & (36-37 \times 10^{-3}) = 9,6 - 11,4 \end{aligned}$$

C) PARAMETROS BIOLOGICOS

Como parámetros biológicos se midieron la producción primaria y clorofila, y a partir de estos datos se calculó la tasa de productividad y la tasa de crecimiento.

PRODUCCION PRIMARIA:

La tabla 2 muestra los resultados de las mediciones de la producción primaria. Los rangos de los valores fueron desde 295 hasta 635 $\text{mg.C.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$. El promedio para el propio Golfo de Paria fue 372 $\text{mg.C.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ y para todo el área de muestreo (hasta la Boca de Serpientes) el valor obtenido fue similar, con 437 $\text{mg.C.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$.

Los valores promedios, fue fueron calculados para la zona eufótica (= valor integrado/profundidad de compensación), oscilaban entre 37 (3,1) y 79 $\text{mg.C.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$ (6,6 $\text{mg.C.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$, tabla 2). El valor promedio calculado

Productividad primaria del fitoplancton e hidrografía del Golfo de Paria.

para el propio Golfo fue 51 mgC.m⁻³.d⁻¹ (4,2 mgC.m⁻³.h⁻¹) y para todo el área de muestreo, el valor fue similar con 58 mgC.m⁻³.d⁻¹ (4,8 mgC.m⁻³.h⁻¹).

CLOROFILA:

Los valores integrados hasta la profundidad de compensación (o sea zona con producción positiva) de las estaciones de productividad oscilaban entre 7,5 y 10,8 mg.m⁻² (tabla 2). El promedio calculado para todo el área de muestreo fue 9,2 mg.m⁻². Los valores promedios calculados para la zona eufótica (= valor integrado/profundidad de compensación) oscilaban entre 0,9 y 1,5 mg.m⁻³ (tabla 2), con un promedio de 1,2 mg.m⁻³.

TASA DE PRODUCTIVIDAD (mgC.mg Clorofila⁻¹.h⁻¹)

Tabla 2.- Producción primaria (mgC.m⁻².d⁻¹), valor promedio de la zona eufótica (mgC.m⁻³.d⁻¹), valor promedio de la tasa de productividad (mgC.mgChl⁻¹), tiempo de incubación (h), tasa de crecimiento (d⁻¹, tomando una relación C/Chl de 50), clorofila integrado hasta la profundidad de compensación (mg.m⁻²), valor promedio de clorofila de la zona eufótica (mg.m⁻³) y la profundidad de compensación (m).

Estación (fecha)	4 (9.5)	20 (10.5)	18 (9.5)	27 (10.5)
Producción primaria integrado	496	295	326	635
Valor promedio zona eufótica	62	37	54	79
Tiempo de incubación	3,5	3,5	3,5	2,5
Tasa de productividad	5,5	2,5	3,1	4,9
Tasa de crecimiento	0,8	0,5	0,6	0,8
Clorofila integrado	7,5	10,0	8,7	10,8
Valor promedio zona eufótica	0,9	1,2	1,5	1,3
Profundidad de compensación	8	8	6	8

Los valores de la tasa de productividad fluctuaban entre 2,5 y 5,5 mgC.mg Clorofila⁻¹.h⁻¹ (tabla 2), con un valor promedio de 4,2 mgC.mg Clorofila⁻¹.h⁻¹. Dichos valores indicaba que el fitopláncton para aquella época del año no se encontraba limitado por las sales nutritivas (MC ALLISTER *et al.* 1964; CURL y SMALL, 1965).

TASA DE CRECIMIENTO (d⁻¹)

La tasa de crecimiento del fitopláncton (u) se calculó por medio de la fórmula:

$$(2) u = \frac{1}{t} \times \ln \frac{[P + (Chl \times 50)]}{(Chl \times 50)}$$

donde Chl representa la concentración promedio de la clorofila de la zona eufótica (en mg.m⁻³), Chl x 50 representa la biomasa del fitopláncton (en mgC.m⁻³) y P la producción primaria en el tiempo t (1 día), en el presente caso representado por la producción diaria. Los valores calculados oscilaban entre 0,5 (0,7) y 0,8 d⁻¹ (1,1 divisiones por día, tabla 2), con un promedio de 1,2 d⁻¹ (1,7 divisiones por día).

DISCUSION

Los valores de la producción primaria reportados en la presente investigación fueron en promedio de la misma magnitud que los valores determinados por BALLESTER y MARGALEF (1965). Estos autores encontraron en una estación equivalente a la estación 11 del presente trabajo una producción primaria de 150 mg.C.m⁻².d⁻¹ para el mes de noviembre de 1964 y 396 mg.C.m⁻².d⁻¹ para el mes de mayo de 1965. El valor promedio para el Golfo de Paria (sin la Boca de Serpiente) durante la presente investigación fue de 372 mg.C.m⁻².d⁻¹, indicando eso una similitud de dichos valores. La diferencia de los valores promedios de la productividad primaria antes indicados con los valores calculados en la misma área, pero para la época de lluvias MOIGIS y BONILLA, 1985; promedio igual a 2288 mg.C.m⁻².d⁻¹ se explica por los diversos aportes de nutrientes a la zona eufótica en las diferentes estaciones del año.

La pregunta es ¿de dónde provenía la mayor contribución de las sales nutritivas a la zona productiva del Golfo de Paria?. El génesis y aporte de los nutrientes a la zona eufótica se puede dividir en el arribo de origen marino (contracorriente subsuperficial) y en el aporte de origen fluvial. Dichas contribuciones nutritivas fueron calculados según un procedimiento reportado para la época de lluvias (MOIGIS y BONILLA, 1985), manera que citaremos nuevamente la forma de calcularlos.

Las masas de origen fluvial en una determinada estación se puede calcular a partir de las salinidades usando la relación de KETCHUM, (1967):

(3) $F = (1 - s/d)$ F = Fracción fluvial
 s = salinidad de mezcla (superficie)
 d = salinidad de la fuente marina

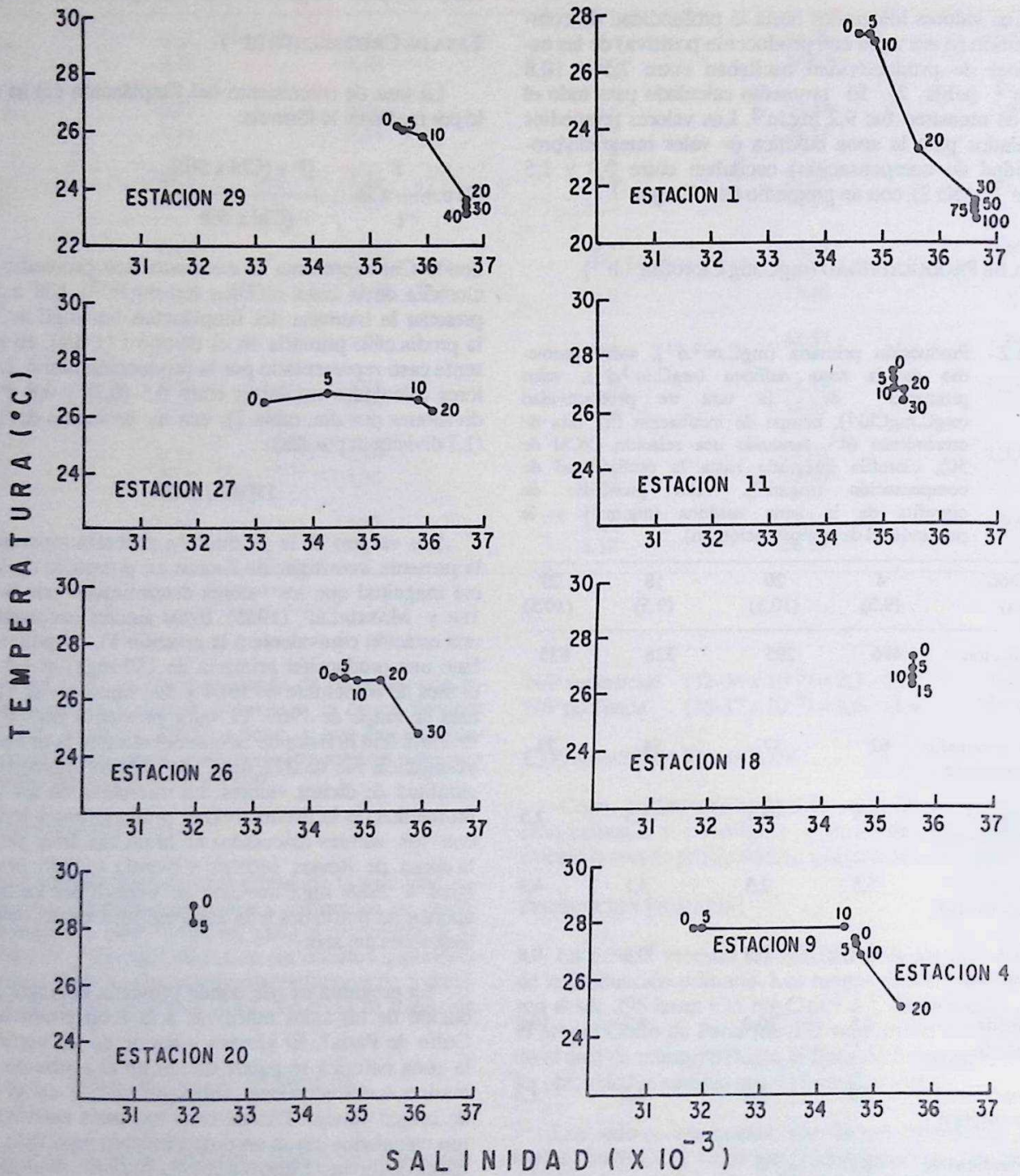


Fig. 4.- Diagrama de temperatura-salinidad (T-S) para cada estación indicada. Los números indican su profundidad en metros.

En esta investigación se tomó como valores promedios de s y de d $34,2 \times 10^{-3}$ y $36,4 \times 10^{-3}$ respectivamente (tomados de la figura 3), y el valor calculado de F fue aproximadamente 6%.

KETCHUM (1967) señala que el fosfato total de las aguas estuarinas tienen propiedades conservativas. Por la cual se puede usar este parámetro como trazadores para poder investigar el origen de masas. Como en el presente trabajo no se determinó el fosfato total (= fosfato inorgánico disuelto + orgánico disuelto + Orgánico particulado), se aproximó este parámetro con la suma de fosfato inorgánico disuelto del a superficie y del fosfato particulado presente en el fitopláncton de la siguiente manera:

$$(4) Ct = Cd + Ch \quad Ct = \text{Concentración del fósforo "total"}$$

$$Cd = \text{Concentración del fósforo inorgánico disuelto}$$

$$Cb = \text{Concentración del fósforo orgánico particulado presente en el fitopláncton.}$$

En la presente investigación se considera que la fuente primordial de la variación del fosfato disuelto como nutriente en el agua del ecosistema en estudio, fue debido a la incorporación de este elemento nutritivo por fitopláncton mediante el proceso fotosintético es cuando entonces pasa a convertirse en fósforo orgánico particulado. Parte del fósforo incorporado es luego desasimilado como materia orgánica disuelta. Un error en la presente suposición, lo que hace que la suma arriba no incluya el aporte orgánico disuelto, y dicha suma sólo sea aproxima-

mada. Otro posible error en la suma (4) pudiera ser la observación hecha por investigadores como por ejemplo BURNS y SALOMON, (1969); BUTLER y TIBBITS, (1972); SHOLKOWITZ, (1976), de que en los estuarios el fósforo inorgánico disuelto pudiera ser removido por procesos abióticos tales como, adhesión o floculación. A pesar de ésto, se omitió dichas observaciones en la presente evaluación, puesto que dichos mecanismos de remoción fueron solamente observados por MORRIS *et al* (1981) en un bajo rango de salinidad (entre 0 y 10×10^{-3}), que estaba por debajo de las salinidades observadas en el presente trabajo. Ct es además también igual a:

$$(5) Ct = Cf \times F \times Cn \times (1-F)$$

F = Fracción fluvial
 Ct = Concentración de fósforo "total"
 Cf = Concentración del fosfato de origen fluvial
 Cn = Concentración del fosfato de origen marino.

Cb a su vez fue calculado:

$$(6) Cb = \frac{Chl \times 50}{12 \times 106}$$

donde Chl es el valor promedio de clorofila de la zona eufótica ($mg.m^{-3}$), $Chl \times 50$ es igual a la biomasa del fitopláncton (en $mgC.m^{-3}$), 12 es el peso atómico del carbono y 106 la relación C:P de Redfield.

Combinando (3), (4), (5) y (6) fue entonces posible

Tabla 3.- Cálculo del aporte del fosfato de procedencia terrestre, según el procedimiento explicado en el texto (nomenclatura ver texto, $Cm = 0,50 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-3}$, $d = 36,7 \times 10^{-3}$, Cd ver tabla 1).

Estación	Salinidad $\times 10^3$ (Superficie)	F	Cd	Cb	Ct	F	Cf	Aporte fluvial
				(mmol . m ⁻³)				
01	34,76	0,057	0,28	0,03	0,31	(—)		0
04	34,69	0,054	0,27	0,03	0,30	(—)		0
09	31,86	0,132	0,32	0,02	0,45	0,02		0,005
11	35,19	0,042	0,17	0,02	0,19	(—)		0
18	35,46	0,030	0,18	0,05	0,23	(—)		0
20	31,57	0,125	0,44	0,05	0,49	0,42		0,107
26	34,79	0,063	0,52	0,02	0,54	0,07		0,101
27	34,02	0,093	0,59	0,05	0,64	2,00		0,290
29	35,57	0,032	0,32	0,04	0,36	(—)		0

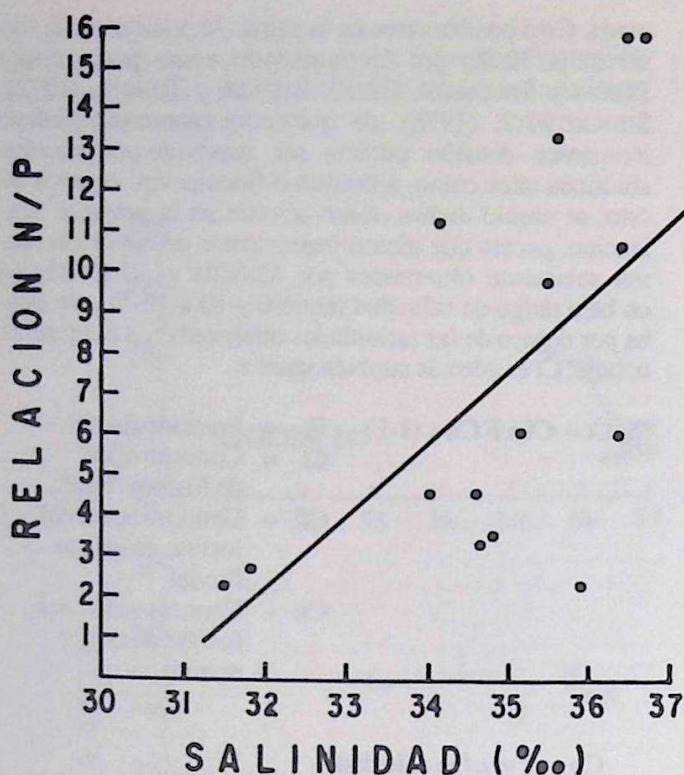


Fig. 5.- Diagrama entre la relación N/P y la salinidad.

- $C_n = 0,50 \text{ mmol.m}^{-3}$ Promedio de las concentraciones en la capas inferiores de las estaciones 1, 27 y 29 (= entrada del estuario).
- $Chl = 0,9 \text{ mg.m}^{-3}$ Promedio de todas las estaciones del área de muestreo.
- $C_d = 0,35 \text{ mmol.m}^{-3}$ Promedio de las concentraciones de las capas superiores de todas las estaciones del área de muestreo.
- $Ch = 0,03 \text{ mmol.m}^{-3}$ Calculado según (6)
- $C_t = 0,38 \text{ mmol.m}^{-3}$ (= $C_b + C_d$)
- $F = 0,06$ Calculado según (3) y combinado resulta:
- $C_t < (1 - F) \times C_m = 0,47 \text{ mmol.m}^{-3}$.

El aporte fluvial calculado según (7) resultó negativo, o sea que, el fósforo aportado al Golfo de Paria (superficie) por vía marina era mayor que el "total" que estaba presente en la superficie. Esto conlleva a la formulación, que el aporte fluvial fue mínimo en la presente estación de sequía.

El mismo calculado fue hecho para el nitrógeno, solamente con la diferencia que se substituyó en (6) el factor 106 por el factor 6,6 ($106 : 16 = C:N$, de Redfield), y tomando las mismas consideraciones hechas para el fósforo. Se calculó un aporte fluvial del nitrógeno negativo por las mismas razones.

Resumiendo, la consideración de la ecuación (4) con

calcular el aporte del fósforo fluvial del fósforo total según:

$$(7) \text{ Aporte fluvial} = \frac{(C_f \times F)}{(C_f \times F) + [C_m \times (1-F)]}$$

Para el Golfo de Paria se usaron los siguientes datos, que fueron calculados:

Tabla 4.- Cálculo del aporte de nitrógeno de procedencia terrestre, según el procedimiento explicado en el texto (nomenclatura ver texto, $C_m = 5,31 \text{ mmol.m}^{-3}$, $d = 36,7 \times 10^{-3}$, C_d ver tabla 1).

Estación	F (ver tabla 3)	C_d	C_b	C_t	C_f	Aporte fluvial
01	0,057	0,96	0,52	1,48	(—)	0
04	0,054	1,26	0,59	1,85	(—)	0
09	0,132	1,23	0,23	1,46	(—)	0
11	0,042	1,03	0,38	1,40	(—)	0
18	0,030	1,82	0,91	2,73	(—)	0
20	0,125	1,01	0,78	1,79	(—)	0
26	0,063	1,83	0,36	2,19	(—)	0
27	0,093	2,76	0,85	3,61	(—)	0
29	0,032	4,28	0,58	4,86	(—)	0

Productividad primaria del fitoplancton e hidrografía del Golfo de Paria.

Tabla 5.- Comparación de los datos obtenidos en las estaciones durante la época de lluvias y sequía, como también el promedio de todas las estaciones en el Golfo de Paria.

Estación	18		27		Promedio	
	lluvias	sequía	lluvias	sequía	lluvias	sequía
Producción Primaria (mgC.m ⁻² .d ⁻¹)	2948,0	326,0	1820,0	635	1932,0	437
Valor promedio de la zona eufótica (mgC.m ⁻³ .d ⁻¹)	368,0	54,0	364,0	79	270,0	58
Clorofila integrado (mg.m ⁻²)	13,9	8,7	7,9	10,8	17,4	9,2
Valor promedio de la zona eufótica (mg.m ⁻³)	1,7	1,5	1,6	1,3	2,5	1,2
Tasa de productividad (mgC.mg Clorofila ⁻¹ .h ⁻¹)	17,7	3,1	19,1	4,9	10,1	4,0
Salinidad promedio del estrato superficial	17,6	35,4	13,5	34,0	16,4	34,4
Fracción fluvial F %	63,3	3,0	66,1	9,3	60,1	6,9
Aporte fluvial de fosfato %	61,8	0	93,0	29,0	65,7	5,5
Relación N/P superficial	10,6	9,8	13,5	4,7	12,7	5,6

respecto a la suma del total del nutriente presente en la zona superficial es incorrecta. Esto se debe al hecho, que en el presente trabajo no se consideró en dicha suma (4) el comportamiento del nutriente disuelto como también la pérdida debida a la sedimentación del fitopláncton de la zona eufótica a las profundidades. Esto implica que el fosfato total, propuesto por KETCHUM (1963) como parámetro conservativo en estuarios, no pueda ser usado, debido a que parte de la materia orgánica particulada, se pierda por la sedimentación del fitopláncton.

Dichos cálculos fueron realizados también para cada estación y nutriente, cuyos resultados son mostrados en las tablas 3 (fósforo) y 4 (nitrógeno). Para ello se tomó el mismo valor de Cm antes calculado, por lo demás se uso los respectivos valores para cada estación. En el caso del fosfato (tabla 3) se observa que el aporte fluvial oscilaba entre valores "negativos" y 29,0% y que valores más altos se presentaban mientras más se acercaba la estación a una desembocadura. En el caso del nitrógeno el aporte era siempre negativo, o sea, que el total calculado

según (4) nunca era igual al aporte de origen marino.

Con la aproximación del nutriente total a la suma del nutriente disuelto inorgánico, y el nutriente particulado orgánico presente en el fitopláncton se subestimaba el valor real del total, lo que trafa como consecuencia de que el cálculo hecho para el aporte fluvial de los nutrientes era a su vez subestimado. Esto implica, que los valores "reales" deberían ser aún mayores que los "presentes calculados".

Esos porcentajes "calculados" implican poca influencia de los ríos y tributarios a la productividad primaria del Golfo de Paria para esta época del año, que correspondía al de sequía. La poca influencia límnic es además refleja por los bajos valores de F, que oscilaban entre 3,2 y 12,5%. Comparando directamente aquellas estaciones donde se determinó los diferentes parámetros durante las estaciones de lluvia y sequía (Tabla 5), se deduce que la mayor productividad primaria del área fue regulada por el aporte fluvial al estuario.

Los altos valores de las tasas de productividad y crecimiento calculados en el presente trabajo implican que el fitopláncton se encontraba en un óptimo estado nutricional. En el presente trabajo era imposible hacer una evaluación estadística con los pocos datos obtenidos (n = 4).

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la profesora ELVIRA FERRAZ DE REYES por su valiosa cooperación en lo referente a la producción primaria, al Dr. CARLOS SEUCIK, a la Dra. ERICA FAFFE y Dra. PROVIDENCIA RODRIGUEZ, del centro de Bio-Física y Bio-Química del I.V.I.C. por su cooperación en el uso del Contador del Centelleo; al personal técnico del Depto. de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela, por su colaboración en la toma y análisis químicos de las muestras hidrográficas; a la tripulación del barco Güaiquerí II, a EPIFANIO HERNANDEZ (dibujante), a RAMON VARGAS (fotógrafo) y a todas aquellas personas que en una u otra forma colaboraron en la culminación de esta investigación. El presente trabajo fue financiado por el Consejo de Investigación, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

REFERENCIAS

- BALLESTER, A. & R. MARGALEF. 1965. Producción primaria. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*, 25 (70, 71, 72): 207-222.
- BENITEZ, A. J. & T. OKUDA. 1976. Distribución del nitrógeno orgánico particulado en el Golfo de Paria. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 15 (1): 3-14.
- BONILLA R., J. 1977. Condiciones hidroquímicas del agua y características químicas de los sedimentos del Golfo de Paria durante la expedición LS-7302. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 16 (1-2): 99-114.
- BONILLA R., J. & A. L. LIN. 1979. Materia orgánica en los sedimentos de los Golfos de Paria y Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 18 (1 & 2): 37-52.
- BONILLA R., J., J. POYER & B. R. GAMBOA. 1985. Características geoquímicas en núcleos de sedimento de la región Nororiental y Río Orinoco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 24 (1 & 2): 43-61.
- BURNS, P. A. & M. SALOMON. 1969. Phosphate absorption by Kaolin in saline environment. *Proc. Nat. Shellfish Ass.* 59: 121-125.
- BUTLER, E. I. & S. TIBBITS. 1972. Chemical survey of the Tamar Estuary I. Properties of the waters. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 52: 681-699.
- BOWDEN, R. F. 1967. Circulation and diffusion. In: *Estuaries* (Ed. Lauff, G. H.). *Am. Ass. Adv. Publ.*, 83: 15-36.
- CURL, H. & L. SMALL. 1965. Variation in photosynthetic assimilation ratios in natural, marine phytoplankton communities. *Limnol. & Oceanogr.*, 10: 67-73.
- GADE, H. G. 1961. On some oceanographic observation in the South Eastern Caribbean Sea and the adjacent Atlantic Ocean with special reference to the Orinoco River. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 1 (2): 287-345.
- GARGAS, E. 1975. A manual for phytoplankton primary production studies in the Baltic. *The Baltic Marine Biologist*. The Danish Agency of Environmental Protection, Copenhagen, 88 pp.
- KETCHUM, B. H. 1967. Phytoplankton nutrients in estuaries. In: *Estuaries* (Ed. Lauff, G. H.). *Am. Ass. Adv. Sci. Publ.*, 83: 329-335.
- LORENZEN, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. & Oceanogr.* 12: 343-346.
- MC ALLISTER, C. P., N. SHA & J. D. H. STRICKLAND. 1964. Marine phytoplankton photosynthesis as a function of light intensity: A comparison of methods. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 21: 159-181.
- MOIGIS, A. G. & J. BONILLA R. 1985. La productividad Primaria del Fitopláncton e Hidrografía del Golfo de Paria, Venezuela, durante la estación de lluvias. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 24 (1 & 2): 163-175.
- MORRIS, A. W., A. J. BALE & J. M. HOWLAND. 1981. Nutrient distribution in an estuary: Evidence of chemical precipitation of dissolved silicate and phosphatate. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 12: 205-216.
- OKUDA, T. 1971. Algunas condiciones hidroquímicas del

Golfo de Paria. Trabajo presentado en la Novena Reunión de la Asociación de laboratorios marinos Insulares del Caribe. Cumaná, Venezuela.

- OKUDA, T. 1974. Golfo de Paria. En: Revisión de los datos oceanográficos en el Mar Sororiental, especialmente el margen continental de Venezuela (eds.: Okuda T., J. Benítez, J. M. Sellier de Civrieux, J., Fukouka & B. Gamboa). *Cuadernos Azules*, 15: 125-140.
- REDFIELD, A. C., B. A. KETCHUM & F. A. RICHARDS. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. In: *The Sea*, Vol. 2 (ed. M. N. Hill). Interscience Publishers, Nueva York: pp 26-77.
- REID, G. K. 1961. *Ecology of inland waters and estuaries*. Reinhold Publishing Corporation, New York, 375 pp.
- SHOLKOVITZ, E. R. 1976. Flocculation of dissolved organic and inorganic matter during the mixing of river water and seawater. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 40: 831-845.
- STEEMANN-NIELSEN, E. 1952. The use of radioactive carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer*, 18: 117:-140.
- STRICKLAND, J. D. H. & T. R. PARSONS. 1968. *A practical handbook of seawater analysis*. Bull, Fish. Res. Bd. Can., 167: 311 pp.
- US HYDROGRAPHIC OFFICE. 1951. Processing Oceanographic Data. *US Hydrogr. Office Publication* N° 614, 114 pp.
- VAN ANDEL, T. J. & H. POSTMA. 1954. Recent sediments of the Gulf of Paria. *Reports of the Orinoco Shelf Expedition*, Vol. 1. Noord. Hollandsche Uitgevers Mij., 20 (5), 245 p.

(Manuscrito recibido el 22 de Noviembre de 1988).