

## VARIACION ANUAL DE LA PRODUCCION PRIMARIA DEL FITOPLANCTON EN EL GOLFO Y EN LA FOSA DE CARIACO, VENEZUELA.

A. G. MOIGIS

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

**RESUMEN:** La variación estacional de la producción primaria y biomasa del fitoplancton es descrita para el período desde febrero 1985 hasta marzo 1986, tanto para el Golfo como para la Fosa de Cariaco. También se determinaron parámetros abióticos como temperatura y sales nutrientes. Los rangos de la producción primaria fueron para el Golfo entre 0,3 y 4,6 gC.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> (promedio anual 1675 mg C. m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) y para la Fosa fueron entre 0,2 y 2,4 g C. m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> (promedio anual 975 mgC.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>). La producción anual fue en el Golfo 611 gC.m<sup>-2</sup> y 356 gC.m<sup>-2</sup> en la Fosa. Los valores de la clorofila oscilaron entre 15,1 y 82,8 mg.m<sup>-2</sup> (promedio anual 40,4 mg.m<sup>-2</sup>) en el Golfo y entre 10,5 y 82,8 mg.m<sup>-2</sup> (promedio anual 22,2 mg.m<sup>-2</sup> en la Fosa. Se observa una relación significativa entre los parámetros bióticos del fitoplancton con la velocidad del viento y con el gradiente de densidad de la pycnoclina en el Golfo y solamente con el gradiente en la Fosa. En términos generales se puede decir que en el Golfo los parámetros bióticos mostraron valores más elevados que en la Fosa. Se trató de especular el potencial pesquero del Golfo a partir de los datos de producción primaria obtenidos en el presente trabajo.

**ABSTRACT:** Seasonal variation of the primary production and the phytoplankton biomass are described from February 1985 to March 1986 for two areas located in the Gulf of Cariaco and the Cariaco Trench. Abiotic parameters like temperature and nutrients are also described. The primary production values ranged between 0.3 and 4.6 gC.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> (annual average 1675 mgC.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) within the Gulf, and in the Trench they ranged between 0.2 and 2.4 gC.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup> (annual average 975 mgC.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>). The annual primary production was calculated 611 gC.m<sup>-2</sup> for the Gulf, and for the Trench 356 gC.m<sup>-2</sup>. Chlorophyll values ranged in the Gulf between 15.1 and 82.8 mg. m<sup>-2</sup> (annual average 40.4 mg. m<sup>-2</sup>) and in the Trench they ranged 10.5 and 82.8 mg. m<sup>-2</sup> (annual average 22.2 mg. m<sup>-2</sup>). Biotic parameters showed a significant correlation with the wind velocity and water density gradient in the Gulf and only with the density gradient in the Trench. In general terms it was showed that greater values of the biotic parameters was determined in the Gulf than in the Trench. It was intended to speculate the potencial fishery within the Gulf by means of the data of primary production obtained in the present study.

### INTRODUCCION

El Golfo de Cariaco representa una fosa tectónica en la costa nororiental de Venezuela, con una superficie aproximada de 616 Km<sup>2</sup> (KATO, 1961), y con una profundidad promedio de 40 m (MANDELLI y FERRAZ-REYES, 1982). En el Golfo de Cariaco no desembocan ríos de gran caudal, con la excepción del río Manzanares, a la entrada del Golfo en Cumaná. BENÍTEZ (1974) describe las condiciones hidroquímicas del Golfo de Cariaco, mostrando el perfil de circulación a la entrada del Golfo hecha por GADE (1961 a), fluyendo hacia el exterior en la parte superficial e interior en la parte inferior, indicando ésto la influen-

cia eólica y no termohalina de dicha circulación.

Dicho Golfo se encuentra en un área que es primordialmente afectada por los vientos alisios, lo que conlleva consigo, que dicha área sea de surgencia costera (GADE, 1961 a, b). De esto se deduce que el Golfo de Cariaco sea un área muy importante para la pesca.

Poca información existe en relación a la producción del nivel trófico primario del fitoplancton en el Golfo de Cariaco. RICHARDS (1960) y KATO (1961) han calculado la producción primaria a base del agotamiento del fosfato inorgánico que se lleva a cabo durante una incubación; CURL (1960) determinó

la producción primaria indirectamente usando datos de luz y clorofila; estimaciones directas pero esporádicas con el método del radiocarbono, fueron hechas por HAMMER (1964, 1967) y RODRÍGUEZ (citada por HAMMER 1967). Estimaciones periódicas a base anual realizado con el mismo método fueron hechas por FERRAZ-REYES (1977) y por MANDELLI y FERRAZ-REYES (1982). En relación a la producción primaria de la Fosa de Cariaco existen valores en las publicaciones de CURL (1960) y de REDFIELDS *et al.* (1963).

El presente trabajo muestra los resultados de mediciones de la producción primaria hechas durante un ciclo anual, tanto en la parte más profunda del Golfo de Cariaco (aprox. 90 m) como también en la entrada del Golfo, en la Fosa de Cariaco. También se intenta mostrar cuales fueron los principales factores responsables de la variabilidad observadas durante el período de muestreo.

Área de muestreo: (Fig. 1)

Las estaciones, donde se determinó los parámetros de la producción primaria del fitoplancton, son mostrados en la figura 1. La estación 1 se encuentra fuera del área del Golfo de Cariaco, justamente en el área de la cuenca oriental de la Fosa de Cariaco, donde existe una profundidad hasta de 1390 m (HAMMER, 1967). La estación 2 se localiza en la zona más profunda del propio Golfo de Cariaco (Fig. 1), donde se midió una profundidad de 90 m.

## MATERIAL Y METODOS

La producción primaria del fitoplancton natural del Golfo y Fosa de Cariaco se midió con el método de incorporación del radiocarbono de STEEMANN-NIELSEN (1952), en el período desde 6 de febrero 1985 hasta 5 de marzo 1986. En el presente estudio se agregó a cada botella de incubación de aproximadamente 100 ml, 4 mCi bicarbonato marcado ( $C^{14}$ , obtenidas de la Agencia Danesa). En el cálculo de la producción primaria se promediaron los valores de dpm obtenidos en las dos botellas claras usadas y se le restó el valor dpm obtenido en la botella oscura.

La incubación de las muestras se realizó a bordo

del buque oceanográfico Guaiquerí II con el método de *in-situ* simulado (Fig. 2). En este método se imita las intensidades de la luz natural de las profundidades originales de donde se tomaron anteriormente las muestras con botellas opacas de Niskin. Para esta finalidad se usaron mallas de definida transmisión de luz, que envolvían las dos botellas claras. La transmisión de luz de las mallas fue determinada previamente en el laboratorio, y se obtuvo la siguiente serie: 100% (sin malla), 59%, 35%, 20% y 1%. Las correspondientes profundidades ópticas fueron calculadas a partir de la profundidad de Secchi, usando para ello las fórmulas de POOLE y

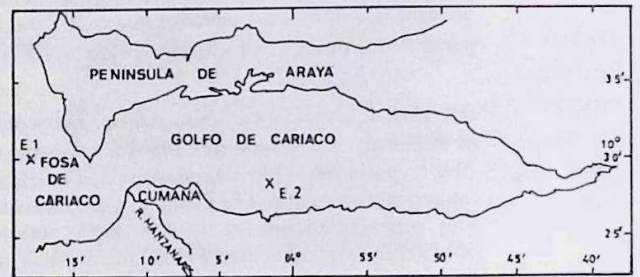


Fig. 1. Mapa de las estaciones de muestreo.

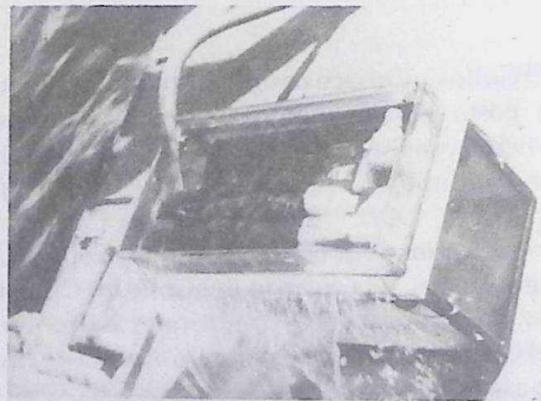


Fig. 2. Incubación *in-situ* simulado realizado a bordo del barco oceanográfico "Guaiquerí II"

ATKINS (1929):

(1)  $k \times D_s = 1,7$   $k =$  Extinción total de la luz en el agua.

$D_s =$  Profundidad de Secchi en metros.

y la fórmula (2):

(2)  $I_z = I_0 \times \exp. (-k \times z)$   $I_z =$  Intensidad de luz en la profundidad  $z$

$I_0 =$  Intensidad de luz en la superficie

Se usó en la incubación descrita un sistema de flujo continuo de agua superficial para poder mantener aproximadamente la temperatura *in situ*. La fuente de luz era natural. El tiempo de incubación fue limitado en la mayoría de los casos a 3,5 horas. El radioisótopo incorporado fue medido con un contador de centelleo (marca Packard). La producción primaria fue calculada usando la fórmula de GARGAS (1975). Se usó este método menos adecuado de incubación por el escaso tiempo de estación que hubo de parte del buque. De las mismas profundidades ópticas antes mencionadas se determinaron además las concentraciones de clorofila por el método de LORENZEN (1967).

Los datos hidrográficos (temperatura, salinidad y sales nutrientes) fueron determinados en profundidades diferentes a las anteriores. La temperatura se midió con termómetros de inversión, la salinidad se determinó con un salinómetro inductivo y las sales nutrientes (nitrato y fosfato disueltos) fueron determinados por los métodos descritos por STRICKLAND y PARSONS (1968). En la evaluación de los datos obtenidos se calculó la densidad de agua a partir de la temperatura y salinidad, usando para ello la fórmula empírica de la US Hydrographic Office (1951).

Datos de velocidad y dirección de viento promedio del día anterior de la medición fueron obtenidos en la estación meteorológica del Instituto Oceanográfico localizado en Cumaná, a la entrada del Golfo de Cariaco (Fig. 1).

## RESULTADOS

### PARÁMETROS ABIÓTICOS (FIGS. 3, 4 Y 5)

#### Superficie (Fig. 3)

##### a) Temperatura:

La Fig. 3 muestra la variación anual de la temperatura superficial tanto en el Golfo como en la Fosa de Cariaco. La temperatura superficial muestra valores bajos durante los meses de enero y febrero (entre 21,82 y 22,82 °C para el Golfo y entre 21,83 y 23,46 °C para la Fosa), con valores más altos para el período entre abril y octubre (25,06 y 26,99 °C para el Golfo y entre 24,56 y 26,75 °C para la Fosa), mostrando el Golfo valores de temperatura ligeramente mayores que la Fosa.

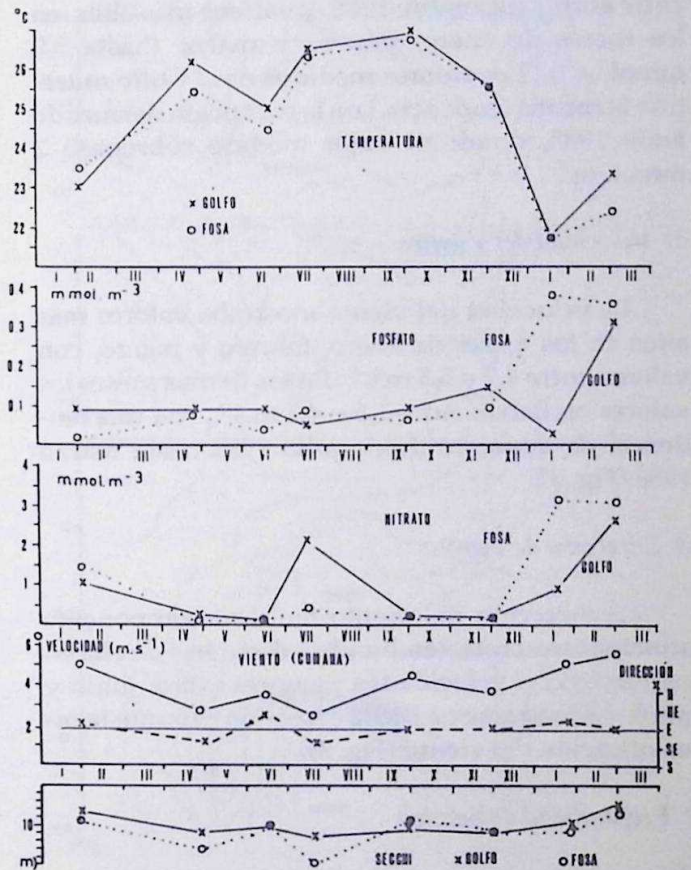


Fig. 3. Variación estacional y superficial de los parámetros indicados en la figura, para ambas áreas de muestreo.

b) Fosfato:

En el período comprendido entre febrero y octubre de 1985 el fosfato disuelto de la superficie muestra valores menores que  $0,1 \text{ mmol.m}^{-3}$  tanto en el Golfo como en la Fosa (Fig. 3). Los valores del Golfo muestra una tendencia de aumento desde el mes de julio hasta diciembre 1985, con una disminución temporal de la concentración en enero 1986, y un aumento considerable hasta  $0,31 \text{ mmol.m}^{-3}$  en marzo 1986. Para 1985 los valores de fosfato medidas en la Fosa eran menores que los valores obtenidos en el Golfo, pero en los meses subsiguientes dicha relación se invierte, donde se midió una concentración hasta  $0,38 \text{ mmol.m}^{-3}$  en la Fosa.

c) Nitrato:

La Figura 3 muestra una variación más regular de los valores de nitrato medidos en la Fosa que en el Golfo, con valores menores que  $0,5 \text{ mmol.m}^{-3}$  entre abril y diciembre 1985, y valores más altos en los meses de enero, febrero y marzo (hasta  $3,0 \text{ mmol.m}^{-3}$ ). Los valores medidos en el Golfo muestran la misma tendencia, con la excepción del mes de junio 1985, donde el valor medido sobrepasó  $2 \text{ mmol.m}^{-3}$ .

d) Velocidad del Viento:

La velocidad del viento mostraba valores más altos en los meses de enero, febrero y marzo, con valores entre  $4,7$  y  $5,5 \text{ m.s}^{-1}$ . En los demás meses los valores oscilaban entre  $2,5$  y  $4,2 \text{ m.s}^{-1}$ , con una tendencia de aumento desde julio 1985 hasta marzo 1986 (Fig. 3).

e) Dirección de viento:

La dirección del viento tenía su componente principal en el este, tendiendo a desviarse de ella en los meses con velocidades menores (abril, junio y julio), y afianzarse en dicha dirección durante la intensificación del viento (Fig. 3).

f) Profundidad de Secchi:

La profundidad de Secchi mostraba una variación anual similar para ambas zonas en estudio, con valores mayores de  $10 \text{ m}$  entre los meses de abril y

diciembre, y menores a éste valor entre enero y marzo. La transparencia era mayor en casi todos los casos en la Fosa que en Golfo (Fig. 3).

DISTRIBUCIÓN VERTICAL (FIGS. 4 Y 5)

Las figuras 4 (Golfo) y 5 (Fosa) muestran la distribución vertical de los siguientes parámetros: temperatura, densidad de agua, concentración de fosfato disuelto inorgánico y nitrato.

GOLFO DE CARIACO (FIG. 4):

a) Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ):

La figura 5 muestra un gradiente de ese parámetro entre los  $26^{\circ}\text{C}$  en la superficie y los  $22^{\circ}\text{C}$

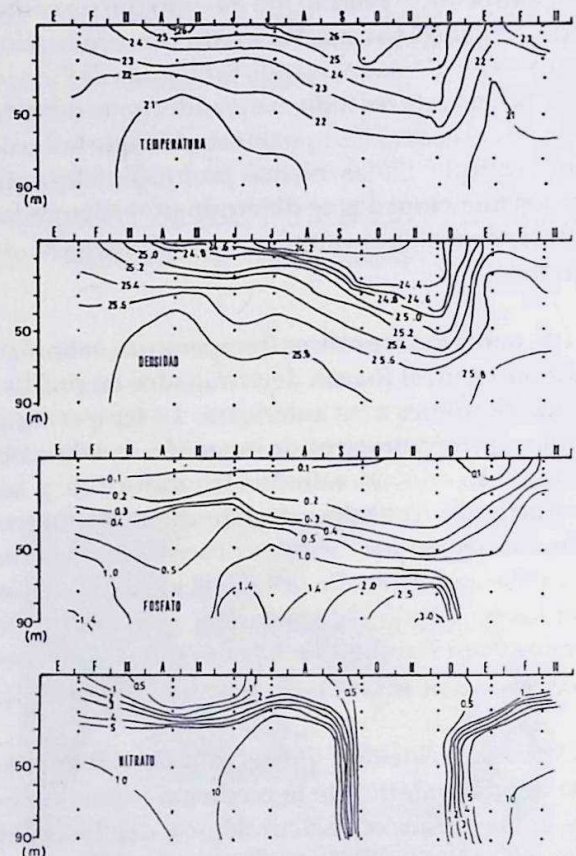


Fig. 4. Variación estacional y vertical de los parámetros indicados en la figura en el Golfo de Cariaco (unidades ver texto).

a los 50 m de profundidad, con excepción del mes de enero 1986, cuando la columna de agua desde 90 m de profundidad hasta la superficie presentó temperatura homogénea (21-22 °C).

b) Densidad de agua ( $\sigma_t$ ):

En la Fig. 4 se puede observar, que la variación de la densidad fue causada primordialmente por la temperatura. Se observa un gradiente de densidad en los primeros 50 m, que se profundiza hacia el final del año 1985. Este gradiente desaparece al principio del año siguiente.

c) Fosfato inorgánico disuelto ( $\text{mmol. m}^{-3}$ )

Las concentraciones del fosfato disuelto mostraban generalmente en las capas superficiales valores menores de 0,2 (a veces 0,1)  $\text{mmol. m}^{-3}$ , con un gradiente entre este valor y 0,5  $\text{mmol. m}^{-3}$  (a los 50 m de profundidad), y con valores hasta 3  $\text{mmol. m}^{-3}$  a profundidades por debajo de los 50 m en los meses intermedios del año.

d) Nitrato:

Las concentraciones medidas de nitrato mostraron generalmente gradientes muy marcadas entre valores < 1 y 5  $\text{mmol. m}^{-3}$  en los primeros 50 m superficiales, con excepción del periodo octubre-diciembre 1985, donde en toda la capa de agua se determinó valores menores que 0,5  $\text{mmol. m}^{-3}$ .

FOSA DE CARIACO (FIG. 5)

a) Temperatura:

La Fosa de Cariaco muestra una variación menor de la temperatura con respecto a la profundidad que el Golfo de Cariaco. Se observó una formación de menor grado de un gradiente con respecto a la profundidad durante casi todo el periodo de observación, con excepción del principio del año 1986, cuando produjo una homogeneidad en la columna de agua.

b) Densidad de agua ( $\sigma_t$ ):

En la Fosa de Cariaco también se observó una similitud en la distribución de las isolíneas de la

densidad y de la temperatura. Se observa también un gradiente de densidad con respecto a la profundidad, pero de menor grado que en el Golfo. A principios del año 1986 se observó una homogeneidad en toda la columna de agua.

c) Fosfato disuelto ( $\text{mmol. m}^{-3}$ ):

Los valores de fosfato muestran también gradientes menores que en el Golfo, puesto que las concentraciones medidas a los 100 m mostraban siempre valores menores a 0,5  $\text{mmol. m}^{-3}$ .

d) Nitrato ( $\text{mmol. m}^{-3}$ ):

Las isolíneas de nitrato muestran una similitud con la distribución de las isoterms e isopícnas. Generalmente valores menores que 0,5  $\text{mmol. m}^{-3}$  son medidas en las capas superiores durante todo el

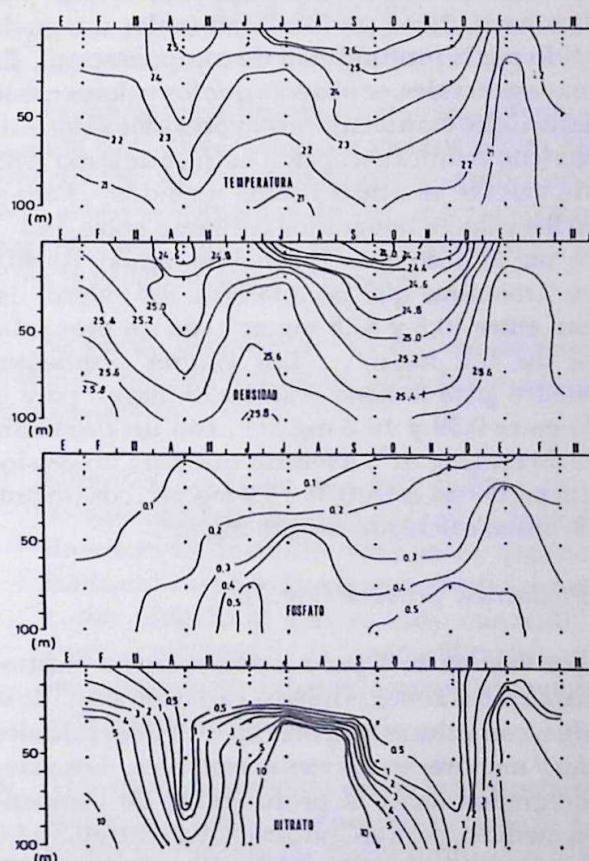


Fig. 5. Variación estacional y vertical de los parámetros indicados en la figura en la Fosa de Cariaco (Unidades ver texto).

período de observación, con excepción de los meses enero-marzo 1986, donde valores mayores fueron determinados. También se observa generalmente un gradiente marcado con respecto a la profundidad entre 0,5 y 5 mmol.m<sup>3</sup>. Valores mayores que 10 mmol.m<sup>3</sup> fueron solamente determinados en el mes de julio por debajo de los 30 m de profundidad.

#### Parámetros bióticos (Figs. 6 y 7)

Como parámetros bióticos se consideraron los siguientes: clorofila, producción primaria, tasa de producción y tasa de crecimiento. En términos generales, los valores de clorofila y producción primaria eran mayores en los primeros meses del año que en los meses restantes.

#### Clorofila (Fig. 6):

La figura 6 muestra los valores integrados hasta la profundidad de compensación y los valores promedios hasta dicha profundidad (valor integrado dividido por la profundidad de compensación). En términos generales, se observa que los valores medidos en el Golfo eran siempre mayores a los valores de la Fosa (con la única excepción del mes de junio 1985, donde valores idénticos fueron medidos). Para el Golfo los valores integrados oscilaron entre 15,1 y 124,9 mg.m<sup>2</sup>, con un promedio anual de 40,9 mg.m<sup>2</sup>, mientras que para la Fosa los valores oscilaban entre 10,5 y 82,8 mg.m<sup>2</sup>, con un promedio anual de 22,2 mg.m<sup>2</sup>. Los valores promedios calculados para la zona eufótica oscilaban para el Golfo entre 0,39 y 10,2 mg.m<sup>3</sup>, con un promedio anual de 1,64 mg.m<sup>3</sup>, mientras que para la Fosa los valores oscilaban entre 0,36 y 5,2 mg.m<sup>3</sup>, con un promedio anual calculado de 0,76 mg.m<sup>3</sup>.

#### Producción primaria (Fig. 7):

Los valores de la producción primaria mostraban para ambas zonas la misma variación anual de la clorofila, con valores mayores en los meses iniciales del año y menores en los meses restantes. Los valores integrados hasta la profundidad de compensación medidos para el Golfo oscilaban entre 0,3 y 4,6 gC.m<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup>, con un valor promedio anual de 1675 mgC.m<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup>, mientras los valores determinados en la Fosa oscilaban entre 0,2 y 2,4 gC.m<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup>, con un promedio anual de 975 mgC.m<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup>.

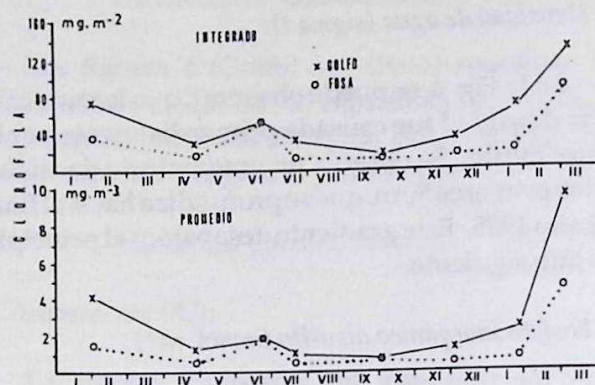


Fig. 6. Variación estacional de clorofila de ambas zonas de muestreo.

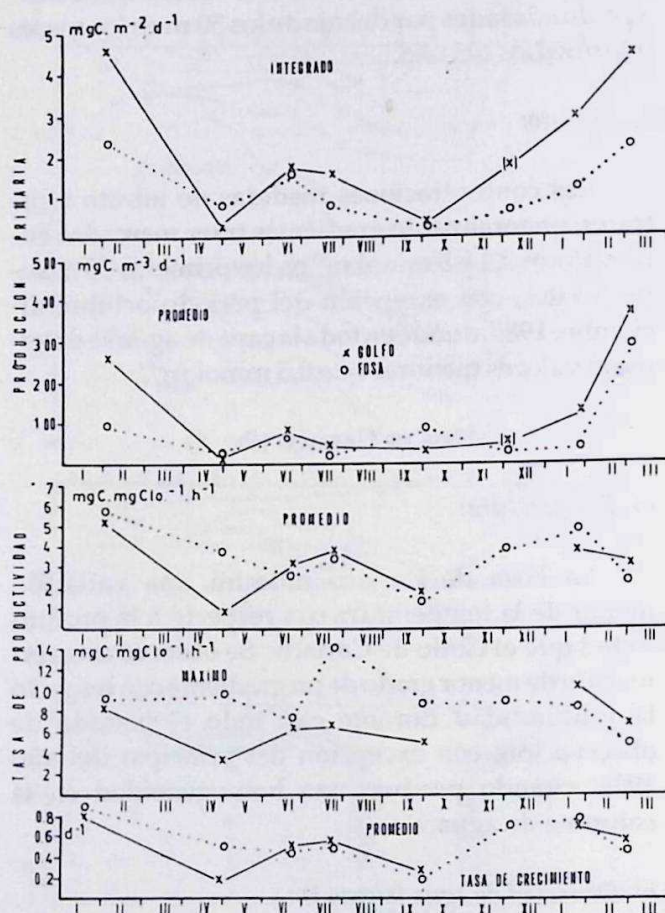


Fig. 7. Variación estacional de los parámetros indicados en las figuras de ambas zonas de muestreo.

El cálculo del promedio de la producción primaria en la zona eufótica (valor integrado hasta la profundidad de compensación dividido por dicha profundidad) dió valores que oscilaban para el Golfo entre 11 y 364 mgC.m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>, con un promedio anual de 85 mgC.m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>, y para la Fosa entre 8 y 279 mgC.m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>, con un promedio anual de 45 mgC.m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup>. Los valores medidos en la presente campaña indican así que las aguas del Golfo mostraban una mayor productividad con respecto a la Fosa.

Hay que llamar la atención aquí, que el valor medido en el mes de diciembre en el Golfo fue calculado a partir del valor integrado de clorofila del Golfo y la tasa de productividad de la Fosa, puesto que las tasas medidas en ambas zonas durante los otros meses de muestreo mostraban valores similares. En aquella ocasión no se pudo determinar la producción primaria por razones técnicas.

*Tasa de Productividad mgC.mg Clorofila<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>;* (Fig 7)

La figura 7 muestra la variación anual de la tasa de productividad del fitoplancton de ambas zonas de muestreo. Se observa una similitud de los valores, con excepción del mes de abril, cuando en la Fosa se midió un valor mayor. En tendencia se observa en los meses iniciales del año valores más altos que en los meses restantes. No se observó una relación significativa de esos valores con algún nutriente. Los valores promedios calculados para la zona eufótica oscilaban entre 0,9 y 5,1 mgC.mgClorofila.h<sup>-1</sup> para el Golfo, y entre 1,6 y 5,6 mgC.mg Clorofila<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> para la Fosa. Los valores máximos medidos en la zona eufótica oscilaban entre 3,5 y 10,2 mgC.mg Clorofila.h<sup>-1</sup> en el Golfo y entre 5,1 y 14,4 mgC.mg Clorofila<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> en la Fosa. Dichos valores indican según McAllister et al. (1964) y Curl y Small (1965) que para el período de muestreo el fitoplancton en ambas zonas no se encontraba limitado por las sales nutrientes.

*Tasa de Crecimiento (d<sup>-1</sup> ; Fig.7):*

La tasa de crecimiento del fitoplancton fue calculado a partir de la fórmula 3:

$$(3) \quad u = \frac{1}{t} \times \left[ \frac{(\text{Chl} \times 50) + \text{PP}}{(\text{Chl} \times 50)} \right]$$

donde Chl x 50 representa la biomasa del fitoplancton en unidades de carbono a partir de la concentración integrada de clorofila, tomando para ello un factor C/Chl de 50 (ó 70), y PP es la producción primaria también integrada, en el tiempo t (es este caso 1 d).

Los valores calculados oscilaban para el Golfo entre 0,15 y 0,80 d<sup>-1</sup> (entre 0,22 y 1,22 divisiones por día) y para la Fosa oscilaban entre 0,23 y 0,85 d<sup>-1</sup> (entre 0,33 y 1,22 divisiones por día). Había una tendencia de valores más altos en los meses iniciales que en los meses restantes para ambas zonas.

## DISCUSION

Como las áreas de muestreo se encuentran dentro de la zona de acción de los vientos alisios, era de suponer que estos vientos tengan una influencia directa sobre la surgencia de las aguas subyacentes ricas en sales nutritivas hacia la superficie, y así, sobre la productividad en general.

Se puede generalizar en dos mecanismos el aporte de las sales nutrientes hacia la zona eufótica en la superficie:

- a) Surgencia de aguas más profundas y ricas en dichas sales nutritivas hacia la superficie, debido a razones de continuidad para compensar el transporte neto de las aguas superficiales de las costas, debido al viento, muy conocido esto como transporte de Eckman. El transporte de las sales nutritivas hacia la superficie son masivas, pero esporádicas.
- b) Transporte turbulento de las sales nutrientes a través de la picnoclina hacia la superficie. Dicha picnoclina separa las aguas profundas ricas en nutrientes de la zona eufótica. El transporte turbulento puede a su vez ser calculado usando las relaciones empíricas por ejemplo de KING y

DEVOL (1979) o EPPLEY *et al.* (1979). Los primeros autores relacionan la difusión vertical turbulenta ("eddy") con el gradiente de densidad del agua dentro de la pycnoclina y los segundos usan el gradiente de la temperatura. Dicho transporte es en contrario al primero, continuo pero lento.

En el presente trabajo se intentó relacionar ambos mecanismos descritos con los parámetros de clorofila y producción primaria. Como representante del primer mecanismo se tomó a la velocidad del viento, y como representante del segundo mecanismo se tomó el gradiente de densidad de la pycnoclina. Esto fue calculado dividiendo la diferencia de densidades calculados en los límites de la pycnoclina por el espesor de dicha pycnoclina.

La Fig. 8 muestra la relación entre dicho gradiente de densidad y la velocidad de viento en ambas áreas de estudio. El coeficiente de correlación (lineal) fue muy significativo ( $p < 0.01$ ) para el Golfo y no significativo para la Fosa. De esto se deduce que para el Golfo, el viento por medio de la surgencia influía significativamente sobre dicho gradiente, mientras que en la Fosa el gradiente se mantenía independiente.

Las Figs. 9 a 12 muestran las relaciones estadísticas entre los antes mencionados como parámetros bióticos y la velocidad de viento y gradiente. Como parámetros biológicos se consideraron los valores integrados y los valores promedios de la zona eufótica.

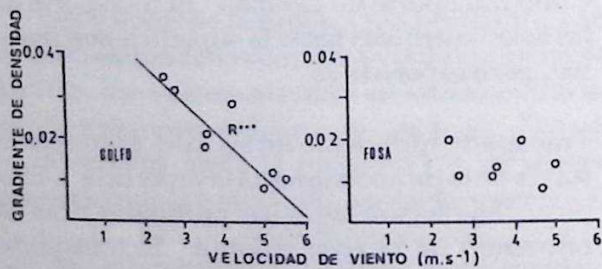


Fig. 8. Relación entre la velocidad de viento y el gradiente de densidad de ambas zonas de muestreo.

Los valores integrados de clorofila mostraban una relación significativa con el gradiente y con el viento en el Golfo, pero solamente con el gradiente en la Fosa (Fig. 9). En el caso de los valores promedios de la clorofila la significancia sólo se pudo observar con el viento en el Golfo y con el gradiente en la Fosa (Fig. 10).

En el caso de la producción primaria tanto los valores integrados como los valores promedios mostraban relaciones significativas solamente con el viento en el Golfo (Fig. 11) como con el gradiente en la Fosa (Fig. 12).

De esto se puede concluir para el Golfo lo siguiente: la dirección predominante del viento era noreste y esto promovía un transporte neto de las aguas superficiales hacia el noroeste, o sea, mar afuera. Como esto ya fue descrito por GADE (1961 a), no se profundizará en el presente trabajo. Por razones de continuidad aguas profundas del Golfo surgían en la superficie, con las respectivas sales

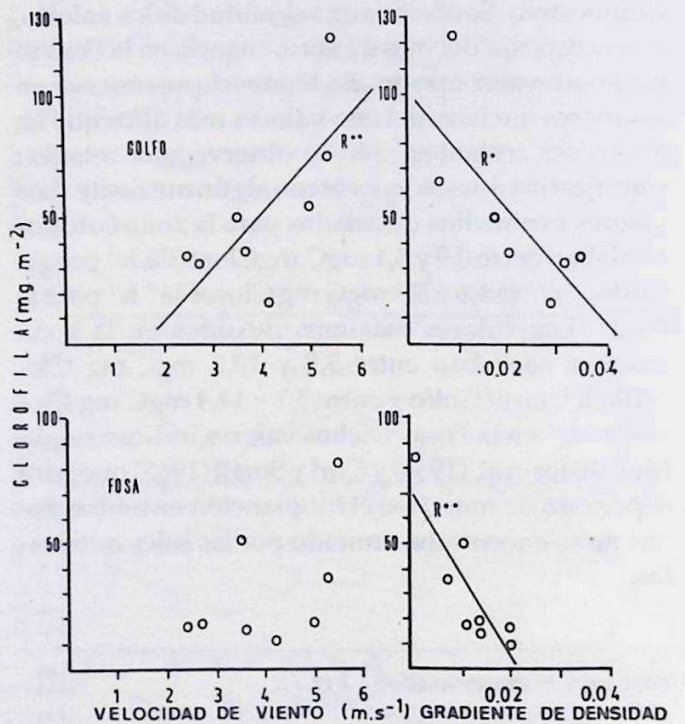


Fig. 9. Relación entre la velocidad de viento y el gradiente de densidad con el valor integrado de clorofila para ambas zonas de muestreo (la recta indica una significancia y las estrellas detrás de R indican el grado de ella).

Variación anual de la producción primaria

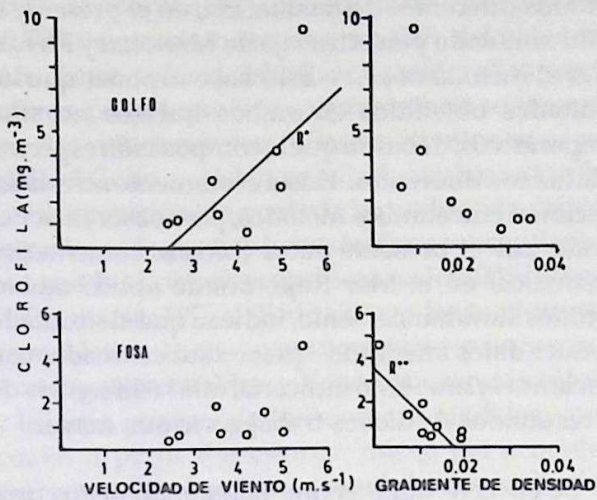


Fig. 10. Relación entre la velocidad de viento y el gradiente de densidad con el valor promedio hasta la profundidad de compensación de clorofila para ambas zonas de muestreo (la recta indica una significancia y las estrellas detrás de R indican el grado de ella).

nutrientes, promoviendo así la productividad primaria. A mayor viento, mayor transporte superficial mar afuera, mayor surgencia. Dicha surgencia hacía reducir a su vez el gradiente de densidad, lo que promovía la difusión turbulenta de los nutrientes a la zona eufótica (OKUDA, 1981). Pero el transporte de los nutrientes a la superficie era primordialmente fomentada por el efecto de surgencia.

En la Fosa en cambio, solamente se observaba una relación con el gradiente de densidad, lo que conlleva consigo, que el único transporte de los nutrientes a la zona eufótica era debida a la difusión turbulenta a través de la pycnoclina. La pycnoclina a su vez era independiente al viento. Esto contradice a anteriores observaciones de otros investigadores, donde efectos de surgencia fueron descritos (FEBRES-ORTEGA, 1974; OKUDA Y BENÍTEZ, 1974; FEBRES-ORTEGA Y

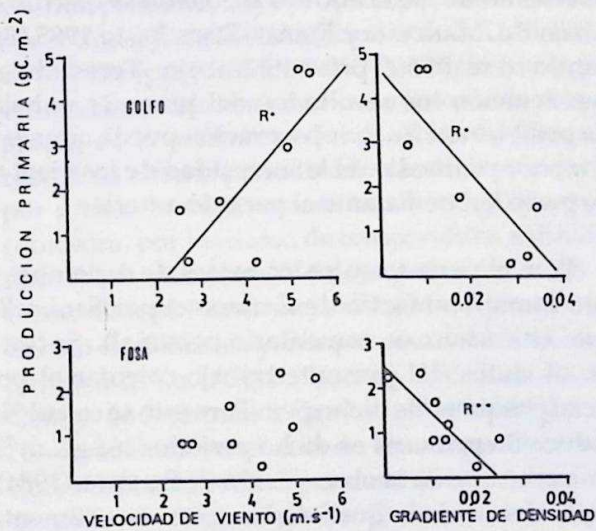


Fig. 11. Relación entre la velocidad de viento y el gradiente de densidad con el valor integrado de la producción primaria para ambas zonas de muestreo (la recta indica una significancia y las estrellas detrás de R indican el grado de ella).

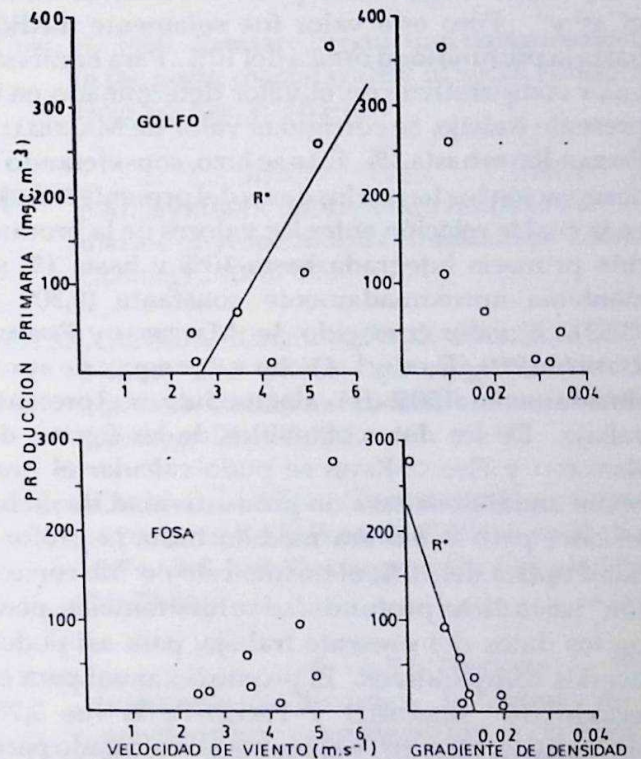


Fig. 12. Relación entre la velocidad de viento y el gradiente de densidad con el valor promedio hasta la profundidad de compensación de la producción primaria para ambas zonas de muestreo (la recta indica una significancia y las estrellas detrás de R indican el grado de ella).

HERRERA, 1975; HERRERA y FEBRES-ORTEGA, 1975). Solamente se puede concluir, que la productividad primaria para el presente período de trabajo no fue regulado por procesos de surgencia. Esto fue también afirmado por CURL (1960). Además el menor transporte de los nutrientes a la superficie en la Fosa debido a la difusión turbulenta se reflejaba en los menores valores de los parámetros bióticos (clorofila y producción primaria) en la zona que en el Golfo.

El cálculo de la producción anual del fitoplancton (6-2-85 al "6-2-86", último valor fue calculado por interpolación) dió como resultado para el Golfo de Cariaco un valor de  $611 \text{ gC.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$ , y para la Fosa de Cariaco  $356 \text{ gC.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$ . Esos valores equivalen a un promedio anual de una producción diaria de  $1.675 \text{ mgC.m}^{-2}$  para el Golfo y  $975 \text{ mgC.m}^{-2}$  para la Fosa.

MANDELLI y FERRAZ-REYES (1982) han calculado para una zona costera cercana a la estación del Golfo del presente estudio una producción anual de  $231 \text{ gC.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$ . Pero este valor fue solamente medido hasta la profundidad óptica del 10%. Para hacer este valor comparativo con el valor determinado en el presente trabajo, se corrigió el valor de MANDELLI y FERRAZ-REYES hasta 1%. Esto se hizo, considerando la observación hecha con los datos del presente trabajo, en la cual la relación entre los valores de la producción primaria integrada hasta 10% y hasta 1% se mantenía aproximadamente constante ( $0,809 + 0,053$ ). El valor corregido de MANDELLI y FERRAZ-REYES fue  $288 \text{ gC.m}^{-2}.\text{y}^{-1}$ . Dicho valor equivale aproximadamente al 50% del valor medido en el presente trabajo. De los datos obtenidos de las figuras de MANDELLI y FERRAZ-REYES se pudo calcular el promedio anual de la tasa de productividad de dicho período, pero como era medido hasta la profundidad óptica del 10%, el mismo cálculo "de corrección" hasta dicha profundidad se hizo también, pero con los datos del presente trabajo, para así poder hacerlos comparativos. El promedio anual para el período de MANDELLI y FERRAZ-REYES fue  $3,78 \text{ mgC.mg Clorofila}^{-1}.\text{h}^{-1}$ , y el promedio calculado para el presente trabajo fue  $5,49$ , indicando así un incremento de la productividad del fitoplancton por unidad de biomasa. Se aclara también, que los valores máximos de la tasa de productividad observados en la columna de agua eran menores en el trabajo de MANDELLI y FERRAZ-REYES que en el presente. Pero no

hay que olvidar, que en ambos trabajos se usaron métodos diferentes de incubación, en el presente el *in situ* simulado y en el trabajo de MANDELLI y FERRAZ-REYES el método *in situ*. Esto hace suponer que los resultados obtenidos en ambos trabajos no sean comparativos, debido a que la composición espectral de la luz son diferentes. Hasta el momento no existen relaciones entre ambos métodos, pero observaciones hechas por el presente autor (MOICIS, comentarios personales) en el Mar Rojo, donde aplicó ambos métodos simultáneamente, indican que el simulado produce datos integrados que son subestimados con relación al *in situ*. Esto indicaría, que la diferencia de los resultados de dichos trabajos sea aún mayor.

Se observa también un incremento de los promedio anuales de los valores de clorofila integrados hasta el 10% de la profundidad óptica, desde  $13,9 \text{ mg.m}^{-2}$ , calculado del trabajo de MANDELLI y FERRAZ-REYES, hasta  $25,4 \text{ mg.m}^{-2}$  del presente trabajo; el último valor fue obtenido a partir del mismo procedimiento de corrección antes descrita, o sea, las relaciones entre los valores de clorofila integrados hasta 10% y los valores integrados hasta 1% se mantenían también constantes ( $0,582 + 0,082$ ).

Todas esas comparaciones indican que la producción primaria del Golfo de Cariaco mostró un incremento desde el año 1972, cuando se efectuó el trabajo de MANDELLI y FERRAZ-REYES hasta 1985/86, cuando se realizó el presente trabajo. Tomando en consideración los resultados del presente trabajo, una posible razón a esa observación pueda que sea a un menor promedio de la intensidad de los vientos que pudo haber durante el período anterior.

Para el período entre los meses de diciembre y junio inmigra al Golfo de Cariaco el pez *Sardinella aurita* (BASHIRULLAH, comentario personal). Se trató con los datos del presente trabajo calcular el potencial pesquero de dicho pez. Para esto se calculó la producción primaria en dicho período ( $466 \text{ gC.m}^{-2}$ ), se tomó en cuenta la observación de BRUZUAL (1984), quien determinó que dicho pez se alimenta aproximadamente en un 50% de fitoplancton y en un 50% de zooplancton, se consideró una eficiencia ecológica del 10% (para subestimar dicha transferencia), y se tomó en cuenta una superficie total del Golfo de  $616 \text{ Km}^2$  (KATO, 1961). El valor calculado de la producción pesquera del Golfo fue de 52.000

toneladas. Pero si se toma en cuenta un pastoreo del 100% de zooplancton, se obtiene un valor menor de 28.700 toneladas, o sea, casi un 50% del valor anterior. Estos valores deben ser considerados especulativos, puesto que hasta el presente no se conoce las exactas relaciones ecotróficas existentes en el pelagial del Golfo, y dichos resultados se basan también en la suposición, de que toda la producción primaria es pastoreado por eslabones tróficos subsiguientes, o sea que, la eficiencia ecotrófica sea del 100% (PARSONS y TAKAHASHI, 1973). Todo esto es hasta el presente especulativo, lo que aconseja en futuros proyectos de investigación establecer dichas relaciones ecológicas y tróficas, para así poder construir modelos, con las cuales a partir del eslabón inicial del ecosistema marino, el fitoplancton, se pueda hacer predicciones del potencial pesquero de la zona (tal vez, más, predecir el potencial pesquero a partir de los datos de vientos del Golfo).

#### AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a la Profesora ELVIRA FERRAZ-REYES, por su absoluta cooperación y apoyo en la logística para la realización del presente trabajo en lo referente a la producción primaria, cuyo proyecto, que fue financiado por el Consejo de Investigaciones de la Universidad de Oriente (proyecto CI-5-019-00294/85), sólo pudo ser llevado a cabo en combinación con un proyecto propio de la profesora, que también fue llevado a cabo en el mismo período de muestreo y financiado por dicho Consejo, quiero también agradecer a la profesora, por los datos de temperatura, salinidad y nutrientes que obtuve de su proyecto; a los Drs. CARLOS SEVCIK, PROVIDENCIA RODRÍGUEZ, ERICA JAFFE del Centro de Biofísica y Bioquímica del I.V.I.C. como también al Dr. AMADO LÓPEZ y Lic. JUAN DÍAZ del Centro de Radiofísica Sanitaria del I.V.I.C. por sus cooperaciones en el uso de los respectivos contadores de centelleo; al personal técnico del Departamento de Oceanografía Química del Instituto Oceanográfico por su colaboración en la toma de muestras y análisis químicos de los datos hidrográficos; a la tripulación del barco Guaiquerí II por su colaboración en la presente campaña; a EPIFANIO HERNÁNDEZ, por su trabajo de las figuras, al

departamento de meteorología del Instituto por los datos de vientos y a todas aquellas personas que en una u otra forma colaboraron en la culminación de esta investigación.

#### REFERENCIAS

- BENÍTEZ, J. 1974. Golfo de Cariaco. En: *Revisión de los datos oceanográficos en el Mar Suroriental, especialmente el margen continental de Venezuela* (eds.: Okuda T., J. Benítez, J. M. Sellier de Civrieux, J. Fukuoka & B. Gamboa). Cuadernos Azules, 15: 110-124.
- BRUZUAL, M. 1984. Aspectos alimenticios de la sardina *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) (Pisces: Clupeidae) de los Golfos de Cariaco y Santa Fe, estado Sucre, Venezuela. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Venezuela.
- CURL, H. 1960. Primary production measurements in the north coastal waters of South America. *Deep Sea Res.* 7: 183-189.
- \_\_\_\_\_ & L. Small. 1965. Variation in photosynthetic assimilation ratios in natural, marine phytoplankton communities. *Limnol. Oceanogr.*, 10: 67-73.
- EPPLEY, R., E.H. RENGER & W.G. HARRISON. 1979. Nitrate and phytoplankton production in southern California coastal waters. *Limnol. Oceanogr.* 24: 483-494.
- FEBRES-ORTEGA, G. 1974. Circulación de las aguas superiores de la Fosa de Cariaco en abril de 1974. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 13 (1-2): 79-86.
- \_\_\_\_\_ & L.E. HERRERA. 1975. Interpretación dinámica de algunas de las características oceanográficas de la Fosa de Cariaco, Mar Caribe. *Ibid.*, 14 (1): 3-29.
- FERRAZ-REYES, E. 1977. Estudio sinóptico de la productividad en aguas del Golfo de Cariaco. Tesis de grado para optar el título Magister

- Scientarum en Biología Marina, Universidad de Oriente, Venezuela.
- GADE, H.G. 1961 a. Further hydrographic observations in the Gulf of Cariaco, Venezuela. The circulations and water exchange. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 1(2): 359-395.
- \_\_\_\_\_ 1961 b. On the hydrographic conditions in the Gulf of Cariaco during the months from May to November 1960. *Ibid.*, 1 (2): 21-46.
- 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.
- HAMMER, L. 1964. Red Tide Untersuchungen im Caribischen Meer. En: Levring, T. editor, *Proc. 5ta. Mar. Biol. Symp.*, Goeteborg.
- \_\_\_\_\_ . 1967. Die Primaerproduktion im Golf von Cariaco (Ost-Venezuela). *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 52 (5): 757-768.
- HERRERA, L.E. & G. FEBRES-ORTEGA. 1975. Procesos de surgencia y renovación de aguas en la Fosa de Cariaco, Mar Caribe. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 14 (1): 31-44.
- KATO, K. 1961. Oceanochemical studies on the Gulf of Cariaco I. Chemical and hydrographical observations in January. *Ibid.*, 1 (1): 49-72.
- KING, F. D. & A. H. DEVOL. 1979. Estimates of vertical eddy diffusion through the thermocline from phytoplankton nitrate uptake rates in the mixed layer of the eastern tropical Pacific. *Limnol. Oceanogr.* 24: 645-651.
- LORENZEN, C. J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Ibid.*, 12: 343-346.
- MANDELLI, E. F. & E. FERRAZ DE REYES. 1982. Primary production and phytoplankton dynamics in a tropical inlet, Gulf of Cariaco, Venezuela. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 67: 85-95.
- MCALLISTER, 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.
- OKUDA, T. 1981. Water exchange and the balance of phosphate in the Gulf of Cariaco, Venezuela. *Coastal and Estuarine Sciences*. 1: 274-281.
- \_\_\_\_\_ & J. BENÍTEZ. 1974. Condiciones hidrográficas en las capas superiores en la Fosa de Cariaco y áreas adyacentes durante la época lluviosa. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 13: (1-2) :147-162.
- PARSONS, T. R. & M. TAKAHASHI. 1973. *Biological Oceanographic Processes*. First edition, Pergamon Press, Oxford, 186 pp.
- POLE, H. H. & W. R. G. ATKINS. 1929. Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 16: 297-324.
- REDFIELDS A. C., B. A. KETCHUM & F. A. RICHARDS. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. En: *The Sea*, Vol. 2 (ed. M. N. Hill). Interscience Publishers, Nueva York: pp. 26-77.
- RICHARDS, F. A. 1960. Some chemical and hydrographic observations along the north coast of South America I. Cabo Tres Puntas to Curazao, including the Cariaco Trench and the Gulf of Cariaco. *Deep Sea Res.* 7: 163-182.
- STEEMAN-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 p.
- U.S. HYDROGRAPHIC OFFICE. 1951. Processing Oceanographic Data. *US Hydrogr. Office Publication* N<sup>o</sup>. 614, 114 pp.

(Manuscrito recibido el 2 de septiembre de 1986).