Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente, 28 (1 & 2). 47 - 56 (1989); 10 figs.

# INFLUENCIA DE LOS FACTORES FISICOS EN LA DISTRIBUCION VERTICAL DE LA BIOMASA FITOPLANCTONICA EN EL GOLFO DE CARIACO (VENEZUELA).

ELVIRA FERRAZ - REYES

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

RESUMEN: Se hicieron seis cruceros oceanográficos a bordo del B/O "Guaiquerí II" en el Golfo de Cariaco, desde febrero 1985 a marzo de 1986. Se tomaron muestras a profundidades oceanográficas desde la superficie hasta los 100 m (donde la topografía del lecho marino lo permitió). Se determinaron temperatura, salinidad, oxígeno disuelto en el agua y biomasa fitoplanctónica. Se definieron tres períodos en base a la densidad del agua y la biomasa fitoplanctónica. El período de surgencia durante los primeros meses del año cuando las isopicnales de 25.0 y 25.5 $g.ml^{-1}$ alcanzaron las aguas superficiales dentro y fuera del Golfo con valores de biomasa superiores a 1 $mg.m^{-3}$ entre 0 y 30 m. La isopicna 25.0 $g.ml^{-1}$ estuvo asociada en el centro y el este con núcleos de sobresaturación de oxígeno y valores de biomasa de 5.0 y 10.0 $mg.m^{-3}$ respectivamente. En la parte más profunda del Golfo las aguas se encontraron por debajo del 50% de saturación de oxígeno. Un período de transición, junio y julio se caracterizó por una marcada estratificación de la densidad que fue más notable en la boca del Golfo. La biomasa fitoplanctónica se presentó en parches por encima de los 20 m. Las aguas superficiales estaban sobresaturadas de oxígeno y las más profundas anóxicas. El período de estratificación coincidió con la estación lluviosa. Las aguas menos densas (-24.0 $g.ml^{-1}$) ocupan toda la superficie del Golfo. Hubo una visible contracción de la zona productiva. Las aguas superficiales se mostraron insaturadas de oxígeno y las más profundas entre 50‰ anóxicas. Los núcleos de mayor productividad se conforman cuando hay mezclamiento de la masa de agua y la diferentes densidades permiten la acumulación de la biomasa, estratificando también el fitoplancton.

ABSTRACT: Six oceanographic cruises were made aboard R/V "Guaiquerí II" in the Gulf of Cariaco from February 1985 to March 1986. Nine stations were fixed along the Gulf. Samples were taken at oceanographic depths ranging from surface to 100 m (wherever sea floor permitted it) for dissoved oxygen ($ml.1^{-1}$) and phytoplanktonic biomass (mg. Chl *a*. $m^{-3}$). Three well definied periods could be established using water density and phytoplanktonic biomass distribution. The period of upwelling occurred during the first months of the year. In this period, the 25.0 and 25.5 g.m-1 isopycnals reached the surface inside as well as outside the Gulf. Biomass values were higher than 1 mg.m-3 at the depth interval 0-30 m. The 25.0 $g.ml^{-1}$ isopycnal was associated to the center and to the east with supersaturation nuclei and biomass values of 5.0 and 10.0 $mg.m^{-3}$ respectively. Oxygen saturation values below 50% were observed at the deepest central part of the Gulf. The transition period June-July, was characterized by a well marked density stratification which was more noticeable at the mouth of the Gulf. The 25.0 $g.ml^{-1}$ isopicnal fell below 30 m to the west. Phytoplanktonic biomass ocurred in patches above 20 m. Surface waters were oxygen supersatured and deeper waters were annoxic. The stratification period coincided with the rainy seaon. Surface water density throughout the Gulf was below 24 g.ml-1, the 25.0 $g.ml^{-1}$ isopycnal was found under 50 m. A significant reduction in the productive area was observed. The 1 mg.m-2 nuclei were displaced to the east and to the center of the Gulf at a depth of 20 m. where density was between 24 and 25.5 g.ml-1. Oxygen undersaturation was registered at the surface throughout the Gulf deep waters at the center of the Gulf exhibited saturation values below 50% or were anoxic. The highest productivity nuclei were formed during the upwelling period and the different density layers allowed biomass accumulation throughout the year..

## INTRODUCCION

El Golfo de Cariaco ha sido considerado por MARGALEF (1965) una de las áreas de surgencia más importante dentro de la plataforma del Caribe Suroriental y mantiene una pesquería de sardinas relativamente considerable, así como de otros peces y de organismos bentónicos de importancia comercial. La zona ha sido descrita previamente por UROSA (1983) y los procesos de surgencia que se suceden en el área, por HERRERA & FEBRES (1975).

Es importante señalar que el Golfo es una cubeta con

su eje longitudinal de aproximadamente 70 km, orientada de este a oeste. Presenta una profundidad máxima de 90 m hacia la región central y hacia el oeste en su unión con el Mar caribe, de 5 km de ancho, presenta una elevación de alrededor de 70 m, provocando que en la época de estancamiento se produzca una zona anóxica por debajo de los 70 m (OKUDA & BENITEZ, 1974).

De acuerdo a OKUDA (1980) las condiciones hidrográficas a lo largo de la costa nororiental de Venezuela están influenciadas principalmente por las variaciones de los procesos de surgencia, que están íntimamente ligados al régimen de vientos que prevalece en la zona.

En esta oportunidad vamos a reseñar las condiciones físicas de estabilidad de la columna de agua, saturación de oxígeno y concentración de pigmentos fotosintéticos y sus interrelaciones basadas en observaciones realizadas entre febrero 1985 y marzo 1986 en el Golfo de Cariaco a bordo de la Motonave "Guaiquerí II" con el fin de discernir la variabilidad espacial de la distribución local del fitoplancton.

## MATERIALES Y METODOS

Se fijaron nueve (9) estaciones en el Golfo de Cariaco (Fig. 1), y se realizaron seis (6) cruceros entre febrero de 1985 y marzo de 1986. En cada estación se tomaron muestras con botellas de material no tóxico equipadas con termómetros reversibles, desde la superficie hasta los 100 m de profundidad en aquellas donde lo permitió la topografía del terreno, utilizando los estratos clásticos en oceanografía, para oxígeno disuelto en el agua siguiendo el método Winkler, descrito por STRICKLAND & PARSONS (1972), salinidad con salinómetro de inducción, clorofila a de acuerdo a LORENZEN, descrito por STRICKLAND & PARSONS (op. cit.). Paralelamente se hicieron mediciones de transparencia con el disco de Secchi.

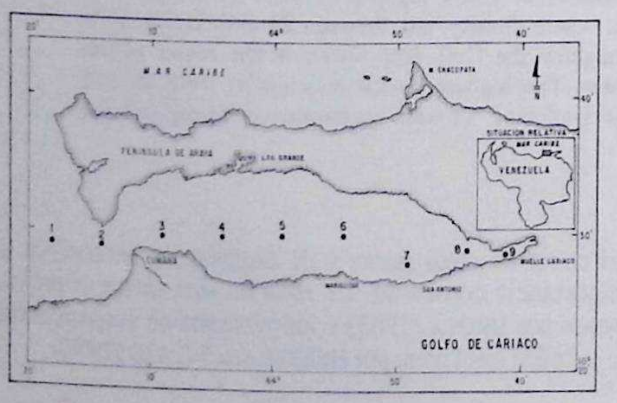



Fig. 1.- Golfo de Cariaco. Posición relativa y estaciones.

La densidad del agua de mar se obtuvo de las observaciones simultáneas de la temperatura y la salinidad.

## RESULTADOS

En febrero de 1985 (Fig. 2A) la aguas del Golfo se encontraron claramente delimitadas por la isobata 25.5 $g.ml^{-1}$ que penetró desde el oeste aproxiadamente a 30 m de profundidad y alcanzó las aguas superficiales al extremo oriental. Se observaron áreas superficiales de menor densidad en las estaciones ubicadas en el centro del Golfo (25.3) y en la comunicación con el mar abierto hubo evidencias de inestabilidad con núcleos de mayor o menor densidad (25.3) entre 10 y 20 m de profundidad. Aguas más densas (26.0) se encontraron atrapadas fuera del Golfo entre 40 y 60 m.

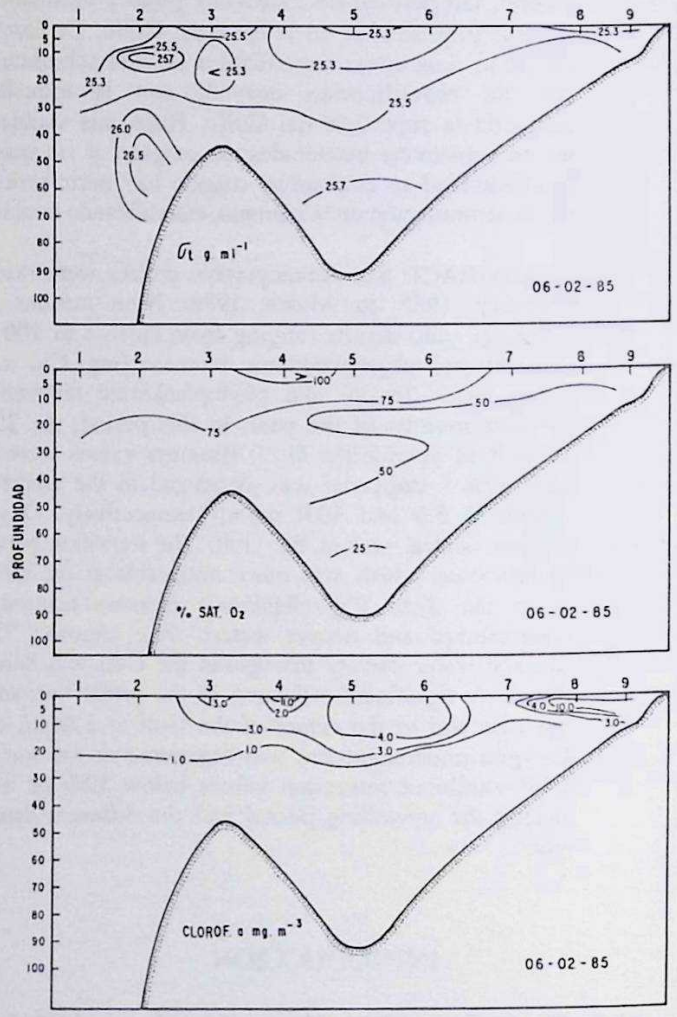



Fig. 2.- Distribución vertical de: a) Densidad ($g.ml^{-1}$); b) Porcentaje de saturación de oxígeno; c) Concentración de biomasa fitoplanctónica ($mg.ml^{-3}$) durante febrero de 1985 en el Golfo de Cariaco.

Las aguas superficiales se encontraron saturadas de $0_2$ (Fig. 2B) y se observó la formalidad de una oxiclina entre los 30 y 60 mts, siendo más acusada hacia la región central.

La mayor concentración de clorofila a (Fig. 2C) se observó por encima de los 30 m coincidiendo aproximadamente con el 1% de luz incidente en superficie. Los máximos se observaron en la región oriental, o saco del Golfo (10 $mg.m^{-3}$) y, en el centro del Golfo (4 $mg.m^{-3}$) con una bolsa de mayor concentración entre la estación 3 y 6.

En abril de 1985 (Fig. 3A), se observó una mayor estratificación de la densidad del agua de mar con una picnoclina bien desarrollada alrededor de los 20 y 30 m de profundidad sin mayores variaciones en el eje longitudinal del Golfo. Se observó la penetración de aguas subsuperficiales con densidades de 25.0 y 25.3 $g.ml^{-1}$ entre los 20 y 40 m, de probable origen de agua surgida en la parte oriental de la Fosa de Cariaco. Por debajo de los 40 m se observó agua de mayor densidad dentro del Golfo de Cariaco 25.9 $g.ml^{-1}$.

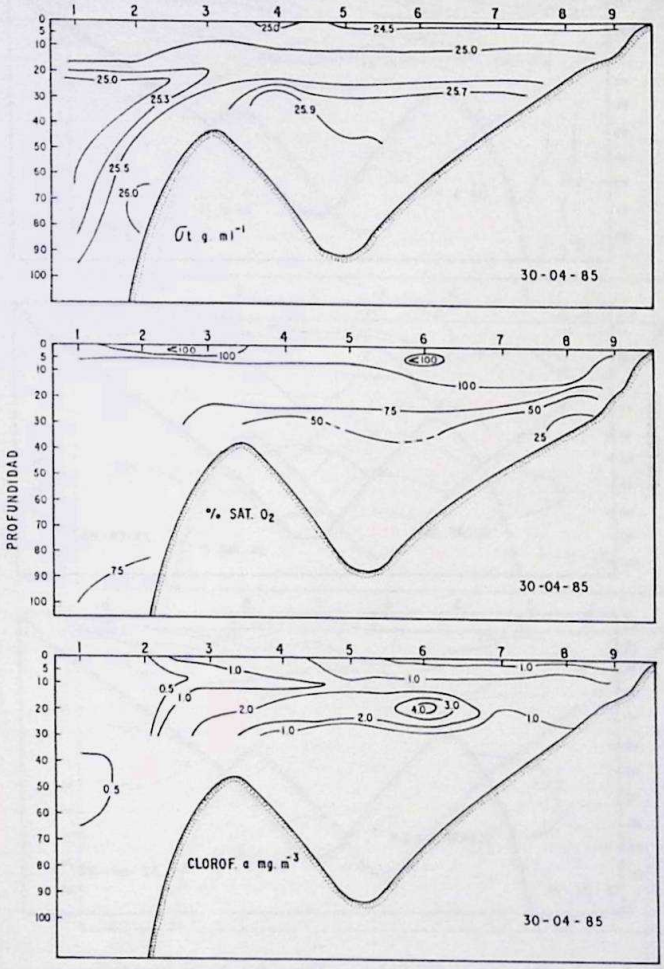



Fig. 3.- Distribución vertical de: a) Densidad ($g.ml^{-1}$); b) Porcentaje de saturación de oxígeno; c) Concentración de biomasa fitoplanctónica (mg.ml-1) durante el mes de abril de 1985 en el Golfo de Cariaco.

La estratificación también se acentuó en el porcentaje de saturación de oxígeno (Fig. 3B) con aguas sobresaturadas superficiales hasta los 10-20 mts con la clara formación de una exiclina más acusada en la región oriental.

En cuanto a la clorofila (Fig. 3C), no se observó una distribución tan regular como en febrero; los valores mayores (1.0 $mg.m^{-3}$) se encontraron por encima de los 30 mts, con concentraciones intermedias menores de 1.0 $mg.m^{-3}$.

Los máximos se observaron entre 20 y 30 mts, alrededor del 1% de luz incidente, coincidiendo con la parte inferior de la picnoclina, el 75% de saturación de $0_2$ y mayores de 4 $mg.m^{-3}$ en el centro del Golfo.

La intrusión de agua señalada por las picnoclinas también se hizo notar en la distribución de bajas concentraciones de clorofila *a* (1.0 $mg.m^{-3}$) y su efecto se extendió hasta el centro del Golfo alrededor de los 10 m de profundidad; por encima y por debajo hubo concentraciones superiores a 1 $mg.m^{-3}$. Las aguas superficiales orientales presentaron concentraciones superiores a las inmediatamente inferiores coincidiendo con la isóbata de 24.5 $g.ml.^{-1}$.

En junio de 1985 (Fig. 4A) la estratificación de las aguas del Golfo se hizo más evidente y se observó una picnoclina muy acentuada entre los 10 y 20 m, con más énfasis en la comunicación con el mar, las aguas más densas (25.2 $g.ml^{-1}$) alcanzaron la superficie en la región más oriental, pero la isopicna de 25.5 $g.ml^{-1}$ se observó por debajo de los 40 m dentro del Golfo y fuera, por debajo de los 30 m, pero con un sentido descendente.

Las aguas superficiales se mostraron saturadas de oxígeno (Fig. 4B) hasta los 10 m con una oxiclina entre 10 y 20 m con aguas bastante insaturadas (50%) por debajo de 40 m.

La biomasa fitoplanctónica (Fig. 4C) presentó sus máximos entre 10 y 20 m con núcleos mayores en la región oriental superiores a 2.0 $mg.m^{-3}$ de clorofila a; la concentración de 10 $mg.m^{-3}$ se encontró bordeando la parte inferior de la picnoclina entre 20 y 30 m.

Al avanzar la estación seca disminuye la fuerza de los vientos y se produce una época de transición hacia la época de lluvias y de mayor estabilidad de la masa de agua.

En julio de 1985 (Fig. 5A) la picnoclina fue más acusada entre los 10 y 30 mts.; la isóbata de 25.0 g.ml.$^{-1}$ se encontró entre los 40 mts al oeste y 20 al este dentro del Golfo, fuera se hundió por debajo de los 75 m. En la comunicación con el mar abierto y por efectos de la descarga del Río Manzanares y su aliviadero la estratificación fue mayor.

La oxiclina separó claramente dos zonas (Fig. 5B), con sobresaturación de oxígeno en las aguas superficiales delimitadas por la isóbata de 24.5 g.ml$^{-1}$ hasta los 20 m hacia la unión con el mar abierto y, aguas insaturadas (50%) por debajo de los 30 m hacia el este y en la estación 4 y, por debajo de los 50 m en la parte central y más profunda del Golfo.

El empobrecimiento de la clorofila *a* (Fig. 5C) durante el mes de julio fue notable y sólo se observaron dos núcleos superficiales, uno en la región del Saco del Golfo (2.0 mg.m$^{-3}$) y otro (0.5 mg.m$^{-3}$ por encima de los 20 m desde el centro del Golfo hasta la conexión con el mar, por debajo de los 30 m no se detectó clorofila activa dentro del Golfo y sólo un núcleo por debajo de los 75 m que suponemos provino de áreas de mayor productividad en descenso y atrapados en esas profundidades.

En octubre hubo abundantes precipitaciones que influyeron notablemente en la estratificación de la masa de agua en el Golfo de Cariaco (Fig. 6A), con una picnoclina bien desarrollada entre los 20 y 30 mts hacia el oeste

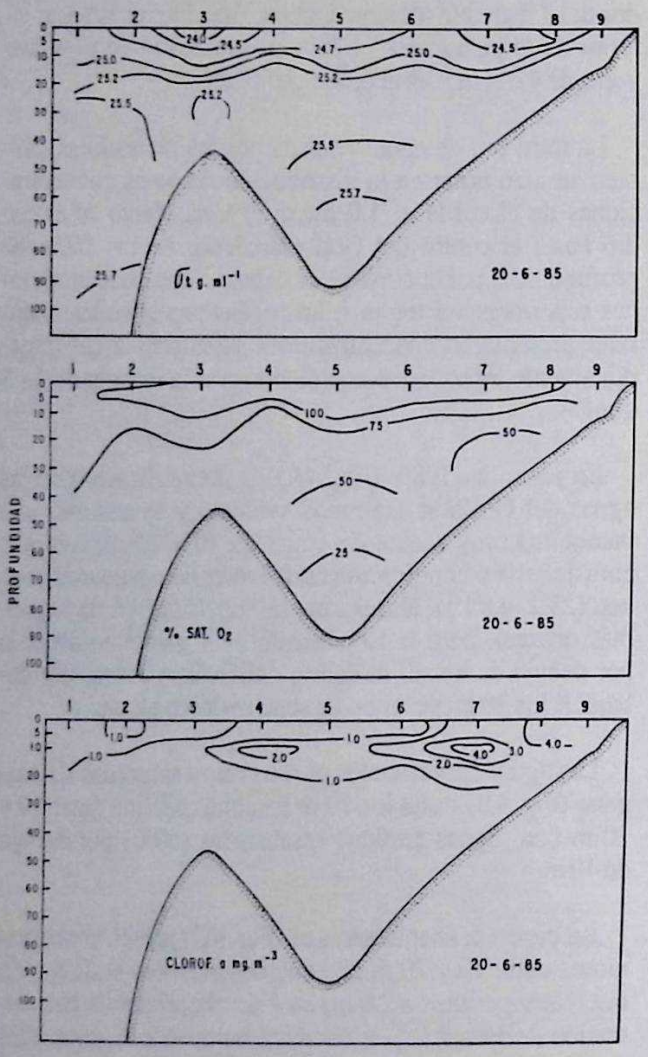



Fig. 4.- Distribución vertical de: a) Densidad (g.ml$^{-1}$); b) Porcentaje de saturación de oxígeno; c) Concentración de biomasa fitoplanctónica (mg.ml$^{-3}$) durante el mes de junio de 1985 en el Golfo de Cariaco.

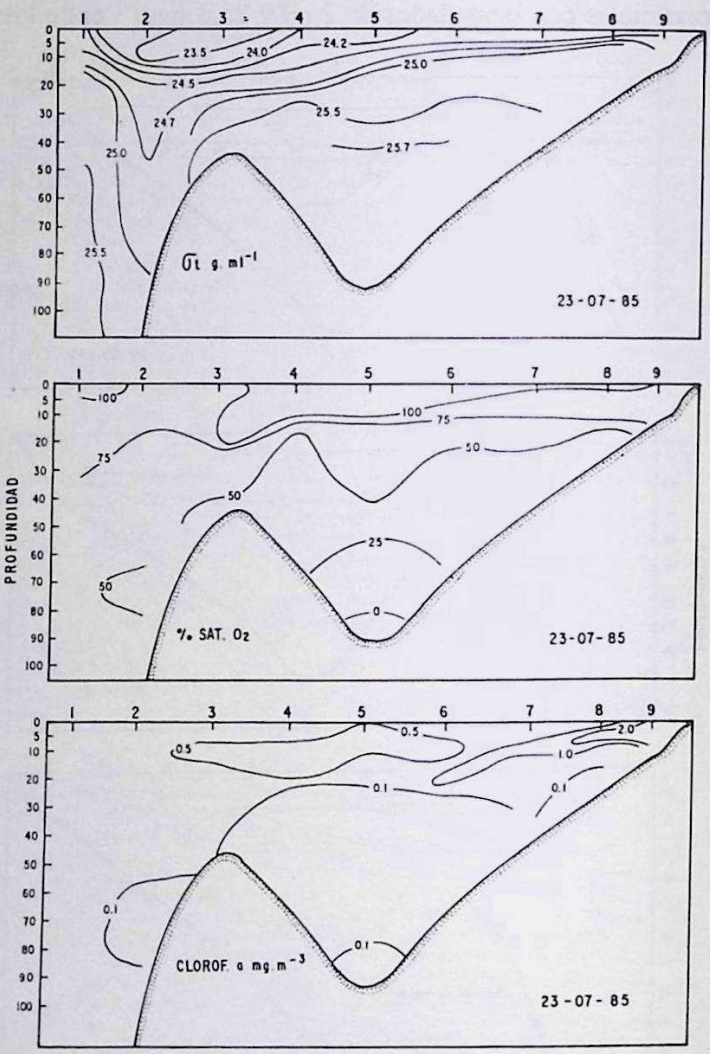



Fig. 5.- Distribución vertical de: a) Densidad (g.ml-$^{1}$); b) Porcentaje de saturación de oxígeno, c) Concentración de biomasa fitoplanctónica (mg.ml$^{-3}$) durante el mes julio de 1985 en el Golfo de Cariaco.

y llegando a las aguas superficiales hacia el oriente. La isóbata de 25,0 $g.ml^{-1}$ se encontró por debajo de los 40 mts dentro del Golfo y más profundamente fuera de él.

Las aguas insaturadas de $0_2$ se observaron en todo el Golfo (Fig. 6B) delimitadas por el 90% de saturación en todo eje longitudinal del Golfo entre los 10 y 20 m. Por debajo de los 50 mts hubo un 50% de 02 hasta llegar a 0 a los 90 m.

Hubo un repunte de clorofila (Fig. 6C) atribuible al enriquecimiento del agua de lluvia con núcleos de biomasa en la región oriental, atribuibles a la descarga del Río Cariaco mayores de 1 $mg.m^{-3}$, cercanos a la superficie del agua y, alrededor de los 20 mts, en la parte inferior de la picnoclina (1 $mg.m^{-3}$) las concentraciones superiores a 0.5 $mg.m^{-3}$ ocuparon desde la región oriental hasta el centro del Golfo por debajo de los 40 m, no se detectó clorofila activa.

En diciembre (Fig. 7A) las aguas de densidad menor a 24.0 $g.ml^{-1}$ se encontraron circunscrita a dos áreas bien delimitadas, una en la estación 7, en la región oriental y la otra en las estaciones cercanas a la unión del Golfo con el mar. La isopicna de 25.0 $g.ml^{-1}$ penetró al Golfo alrededor de los 40 m de profundidad pero en su interior se hundió por debajo de los 50 m. Las aguas más densas se encontraron por debajo de los 70 m.

El porcentaje de saturación de oxígeno (Fig. 7B) mostró que las aguas dentro del Golfo estaban insaturadas con una acusada exiclina por debajo de los 60 m de pro-

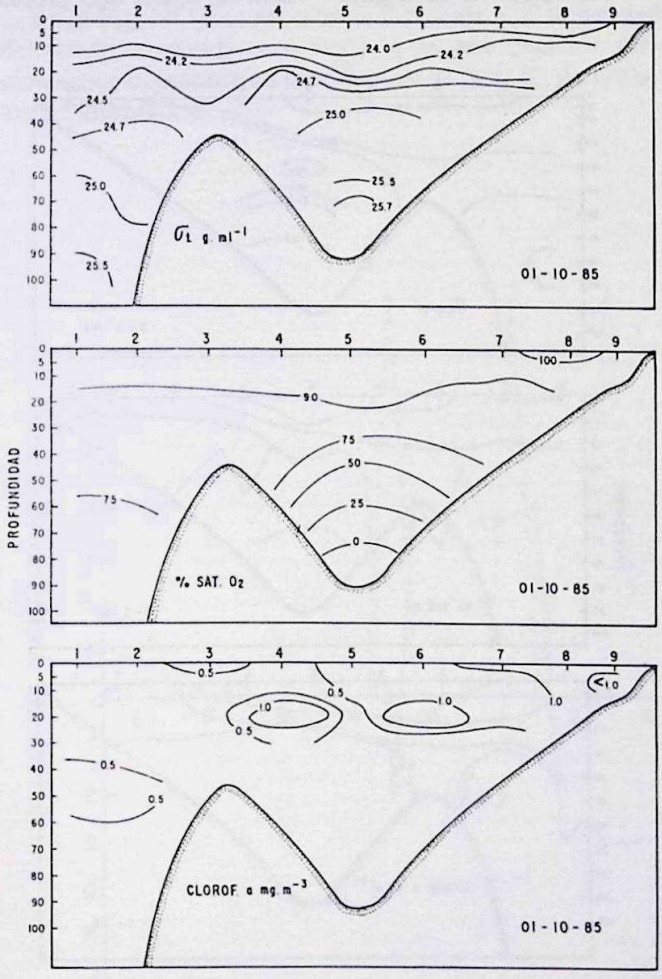



Fig. 6.- Distribución vertical de: a) Densidad ($g.ml^{-1}$); b) Porcentaje de saturación de oxígeno; c) Concentración de biomasa fitoplanctónica ($mg.ml^{-3}$) durante el mes de octubre de 1985 en el Golfo de Cariaco.

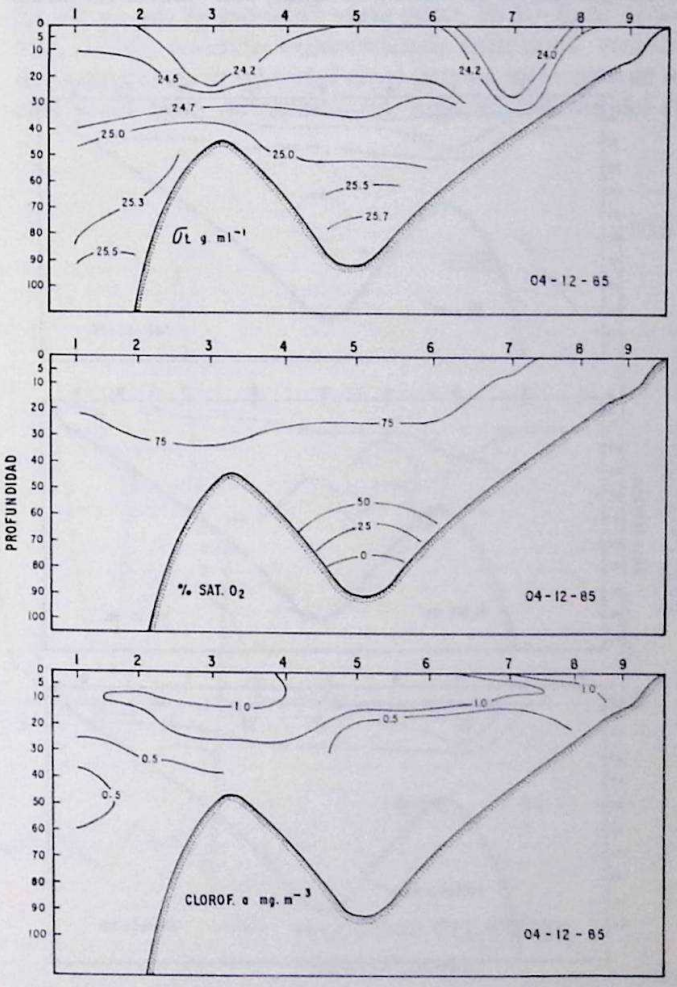



Fig. 7.- Distribución vertical de: a) Densidad ($g.ml^{-1}$); b) Porcentaje de saturación de oxígeno; c) Concentración de biomasa fitoplanctónica ($mg.ml^{-3}$) durante el mes de diciembre de 1985 en el Golfo de Cariaco.

fundidad.

La biomasa fitoplanctónica (Fig. 7C) presentó una expansión por encima de los 20 m con concentraciones superiores a 1.0 mgC. $m^{-3}$ dentro del Golfo.

Al comenzar nuevamente el período de surgencia en enero de 1986 (Fig. 8A) aguas de densidades superiores a 25.0 $g.ml^{-1}$ se encontraron en las aguas superficiales, tanto dentro como fuera del Golfo. La isopicna de 25.7 $g.ml^{-1}$ a los 20 m de profundidad marcó el piso inferior de la picnoclina que alcanzó las aguas superficiales en la región oriental del Golfo, por debajo de los 20 m.

En cuanto al porcentaje de saturación de oxígeno (Fig. 8B) las aguas del Golfo se mostraron insaturadas con valores menores al 75% por debajo de los 20 m. También se observó un núcleo de aguas con valores de saturación inferiores al 50% entre 30 y 50 m.

La biomasa fitoplanctónica (Fig. 8C) continuó expandiéndose y mostró aumentos significativos en relación a los meses anteriores.

La isóbata de 1 $mg.m^{-3}$ se encontró entre 20 y 30 m y se observaron concentraciones superiores a 3.0 $mg.m^{-3}$ entre 5 y 10 m en la estación 8 y entre la 3 y la 6 situadas entre la comunicación con el mar abierto y el centro del Golfo.

En marzo de 1986 (Fig. 9A) la isopicna de 25.6 alcanzó las aguas superficiales en la región oriental, hundiéndose por debajo de los 50 m en el umbral de la comunicación del Golfo con el mar. Se mostró una inestabilidad alrededor de los 30 m y una picnoclina entre los 40 y 60 m con aguas de 25.8 $g.ml^{-3}$ hasta las aguas más profun-

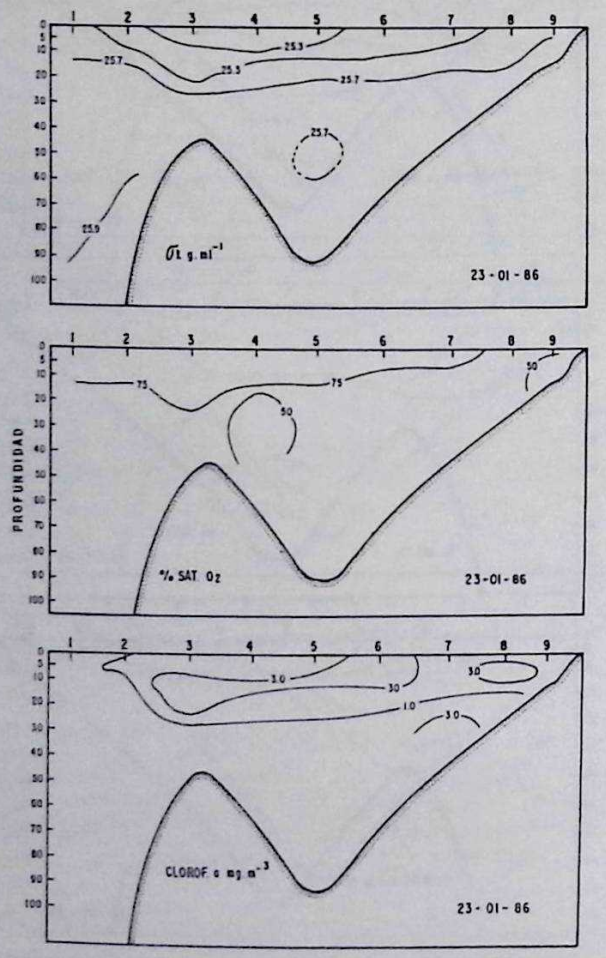



Fig. 8.- Distribución vertical de: a) Densidad ($g.ml^{-1}$); b) Porcentaje de saturación de oxígeno; c) Concentración de biomasa fitoplanctónica ($mg.ml^{-3}$) durante el mes de enero de 1985 en el Golfo de Cariaco.

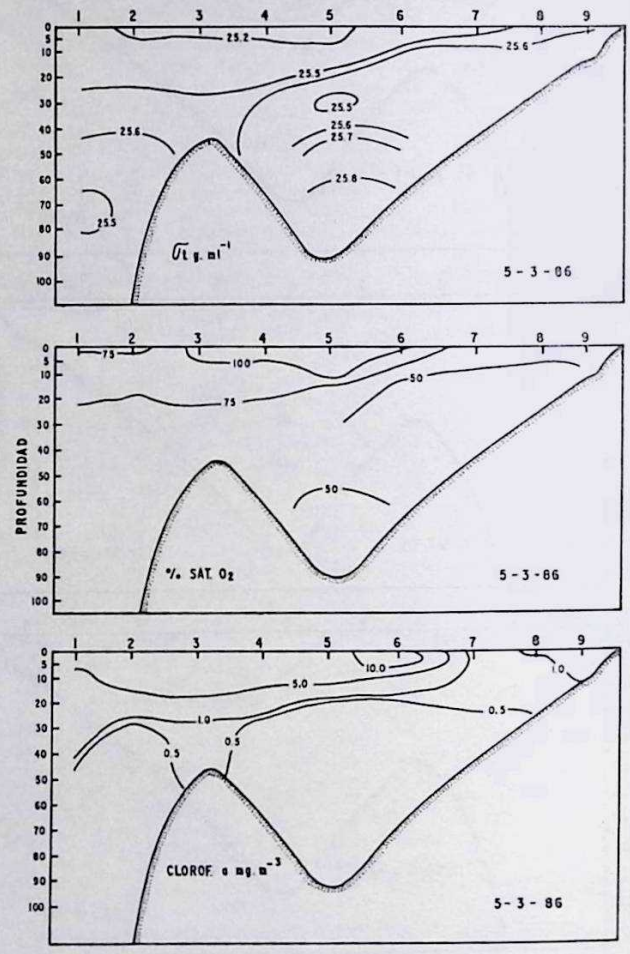



Fig. 9.- Distribución vertical de: a) Densidad ($g.ml^{-1}$); b) Porcentaje de saturación de oxígeno; c) Concentración de biomasa fitoplanctónica ($mg.ml^{-3}$) durante el mes de marzo de 1985 en el Golfo de Cariaco.

das.

Aguas sobresaturadas de oxígeno (Fig. 9B) se observaron cercanas a la superficie entre las estaciones 3 y 6 y una exiclina entre las estaciones 5 a 7, por debajo de los 60 m se encontraron aguas por debajo del 50% de saturación.

La biomasa fitoplanctónica (Fig. 9C) ha aumentado significativamente desde la estación 1 hasta la 8 con núcleos de más de 5.0 $mg.m^{-3}$ entre la superficie y los 20 m. La concentración de 0,5 $ml.m^{-3}$ delimitó la aguas productivas entre los 20 y 30 m de profundidad.

Datos Meteorológicos: Los datos meteorológicos fueron cedidos por la Estación de Meteorología de la Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná.

En la Fig. Nº 10 se muestra la dirección y la velocidad del viento expresada en $m.seg^{-1}$ y la precipitación pluviométrica expresada en mm durante el período de monitoreo hidrográfico.

Desde enero a abril de 1985 la velocidad del viento estuvo en o por encima de 4.5 $m.seg^{-1}$; entre abril y mayo se observó un cambio en la dirección y velocidad del viento, éste fue este-sur-este y muy débil (2.5 $m.seg^{-1}$). Volvió a cambiar y entre mayo y principios de julio volvió a soplar este-noreste, con velocidades de alrededor de 4.0 $m.seg^{-1}$. Entre julio y principios de diciembre (4.0 $m.seg.^{-1}$). A mediados de diciembre del mismo año cambió nuevamente la dirección y la velocidad, y continuó este-noreste hasta el final del período de muestro con magnitudes velocidades entre 3.5 y 5.0 $m.seg^{-1}$.

## DISCUSION

Aun cuando la densidad de las aguas del Golfo de Cariaco dependen básicamente de las variaciones verticales y estacionales de la temperatura que osciló entre 21,5 x 28.94, ya que la salinidad varía poco, 36.10-36.80 (BENITEZ, 1974); nuestras observaciones detectaron variaciones mayores de la salinidad en el área de influencia de los ríos y del agua de escorrentía, específicamente del río

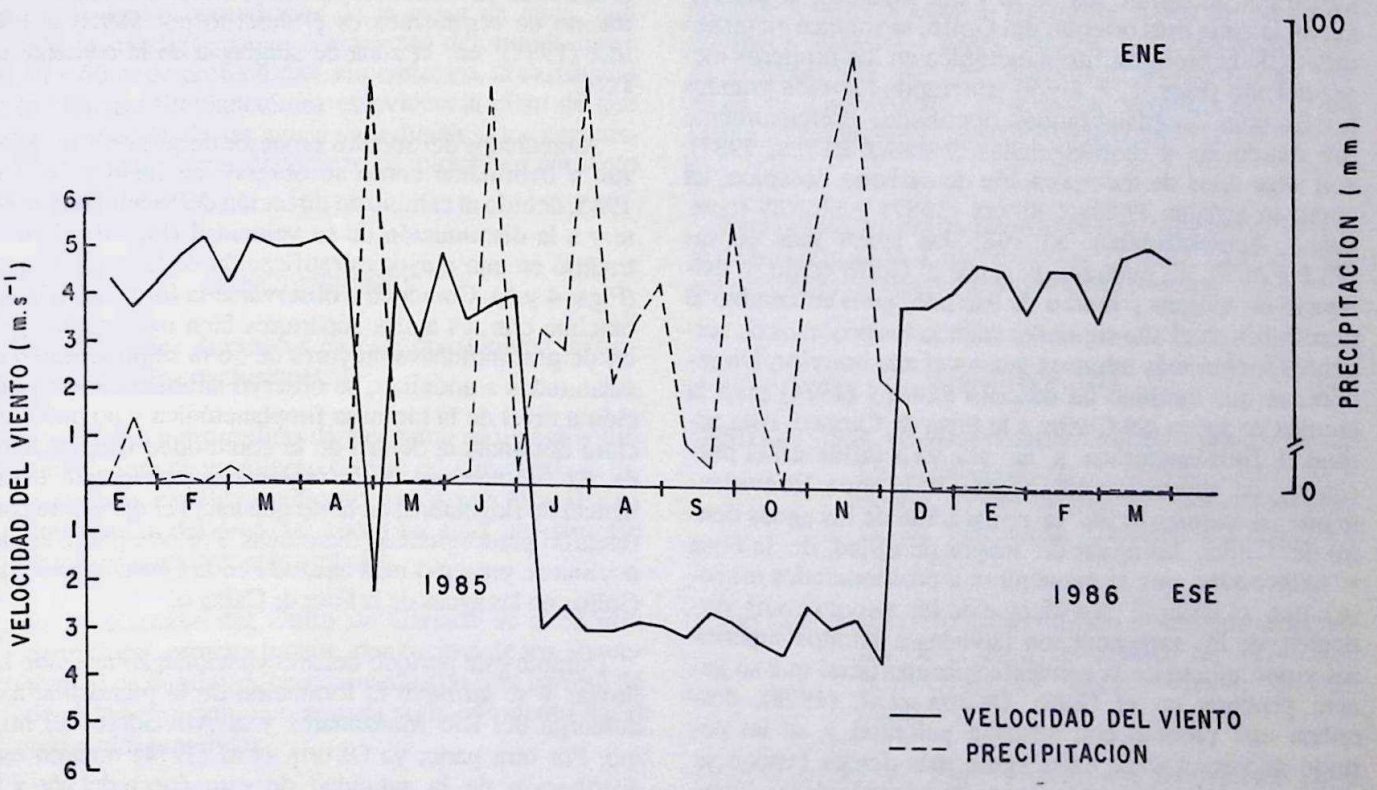



Fig. 10. Dirección y velocidad del viento ($m.s^{-1}$). Precipitación pluviométrica ($mm^3$), durante el período enero 1985-marzo 1986 en Cumaná, Edo. Sucre

Manzanares en la comunicación del Golfo con el mar abierto y, en las estaciones más someras situadas hacia la región oriental del Golfo por efectos del Río Cariaco y quebradas de la costa sur, provocando núcleos de inestabilidad como los ocurridos durante el mes de febrero con densidades inferiores a 25.3 $g.ml^{-1}$ entre 10 y 20 m de profundidad, aún cuando también podría interpretarse que, estas aguas de bajas densidades a profundidades intermedias fueron el resultado del transporte superficial neto hacia el este de la aguas superficiales del Golfo, con bajas densidades (24.5) que se observan durante la época de lluvias provocado por los vientos alisios del este-noreste que al llegar a la comunicación del Golfo con el mar se hundieron por efecto sistema de corrientes que se deben producir en esta zona y que aún no están bien estudiadas. Pero la principal causa de las inestabilidades dentro del Golfo de Cariaco viene dada por los procesos de surgencia que ocurren en toda el área y que se manifiestan con mayor fuerza en los meses de sequía (Fig. 10) cuando los vientos alisios del este-noreste alcanzan velocidades superiores a los 4-4.5 $m.seg^{-1}$ de acuerdo a HERRERA & FEBRES (1975).

El efecto de estas aguas más densas que penetran al Golfo por debajo de los 30 m y que alcanzan la superficie en la zona más oriental del Golfo, se traduce en un aumento de la biomasa fitoplanctónica en los primeros meses del año (Figs. 1, 2, 8 y 9) generando también grandes poblaciones fitoplanctónicas dominadas principalmente por diatomeas y dinoflagelados (FERRAZ REYES, 1987), con altas tasas de incorporación de carbono isotópico, tal como lo señalan FERRAZ REYES (1987) y MOIGIS (*com. pers.*). Aparentemente, en 1985 las aguas más densas (25.8 $g.ml^{-3}$), no pudieron penetrar al Golfo como se evidenció en febrero y marzo de ese año; pero en cambio sí penetraron en el año siguiente cuando los procesos de surgencia fueron más intensos que en el año anterior. Un fenómeno que también ha descrito FEBRES (1974) para la entrada de aguas del Caribe a la Fosa de Cariaco. Esta actividad fitoplanctónica a su vez va a influir en el porcentaje de saturación del oxígeno en el agua. Es evidente que al comienzo de la renovación de las aguas dentro del Golfo; las aguas de mayor densidad de la Fosa y oxigenadas que se encuentran a profundidades mayores que el umbral, por efectos de los movimientos verticales de la surgencia son llevadas a estratos superiores y por efecto de la corriente subsuperficial que se genera penetran en el Golfo. OKUDA *et al*, (1978), describen este proceso con bastante pulcritud y en un período de varios años, estas aguas más densas buscan su propio nivel desplazando a las menos densas de las zonas más profundas. Por efecto de la estratificación y de la descomposición de la materia orgánica, estas aguas generalmente llegan a ser anóxicas durante un período del año que en nuestro caso fue evidente desde el mes de julio hasta diciembre de 1985. Al comenzar la renovación, estas aguas son empujadas hacia la superficie y al mezclarse con las aguas de estratos superiores oxigenadas, originan el déficit de oxígeno de todo el Golfo que se observó tanto en febrero de 1985 como en enero de 1986.

Las aguas pobres en oxígeno, pero ricas en nutrientes, son arrastradas hacia la zona más somera en el oriente del Golfo, y probablemente, al alcanzar los sedimentos arrastren también formas resistentes del fitoplancton (quistes, esporas) que van a provocar los florecimientos del próximo período de alta productividad y de turbios en el Golfo de Cariaco. Por otra parte, al formarse una picnoclina que se debilita el período de surgencias, pero que es bastante acentuada en la época de lluvias, no es de descartar el mecanismo de transporte descrito por TYLER & SELIGER (1978) para la Bahía de Chasapeake, donde describe el traslado de *Prorocentrum marialeboriau* desde el sitio de producción de mareas rojas hasta la comunicación de la Bahía con el Océano Atlántico y su regreso por debajo de la termoclina en corrientes subsuperficiales, nuevamente hacia el área donde vuelve a producirse la marea roja. Otro mecanismo de concentración de organismos es el descrito por SMITH & BARBER (1987) en la zona de surgencia de la corriente del Perú.

A mediados del año, los procesos de surgencia comienzan a debilitarse como se observó en junio y julio de 1985, debido al cambio de dirección del viento este-sureste y a la disminución de su velocidad (Fig. 10). Esto se tradujo en una mayor estratificación de la masa de agua (Figs. 4 y 5). Comenzó a observarse la formación de una oxiclina con las aguas superiores bien oxigenadas, pero las de profundidades mayores de 50 m se presentaron de insaturadas a anóxicas, se observó también una contracción a nivel de la biomasa fitoplanctónica y no hubo una clara dominancia dentro de la comunidad fitoplanctónica. El fitoplancton de la región oriental mostró dominancia de flagelados, en tanto que hacia el occidente continuaron predominando diatomeas. Por otra parte, la picnoclina se presentó más aguzada en la comunicación del Golfo con las aguas de la Fosa de Cariaco.

Durante este período del año ya habían comenzado las lluvias y se atribuye la formación de la picnoclina a la descarga del Río Manzanares y al Aliviadero del mismo. Por otra parte, ya OKUDA *et al* (1974) notaron esta distribución de la salinidad de esta época del año y lo atribuyeron al efecto del río como al componente sureste en la dirección del viento como se evidenció en esta oportunidad (Fig. 10).

Cuando ya la estación lluviosa está definida como en octubre de 1985 y, en este año fue muy abundante la precipitación pluviosa métrica, observamos que hay una picnoclina marcada dentro del Golfo entre los 10 y 20 mts y aguas con alto contenido de oxígeno en las aguas superficiales, tal como ha sido descrito por OKUDA *et al* (1978), evidentemente por el tiempo de permanencia en cerca de la superficie, ya que ha continuado la contracción de la biomasa fitoplanctónica y las máximas concentraciones se observaron alrededor de los 20 mts, en esta oportunidad delimitadas por la ixopicnal de 24.7 g.ml. FERRAZ REYES (1983) encontró una situación similar en un estudio del fitoplanctón de la Fosa de Cariaco: el fitoplancton se concentró en o por debajo de la termoclina durante la época de lluvias, evidentemente muy cerca del 1% de luz incidente o por debajo de él, pero en aguas relativamente ricas en nutrientes como lo ha demostrado OKUDA *et al*, (1978b) y como ha sido observado por REID *et al* (1978) en la costa de California.

Nuevamente con el aumento de la velocidad del viento y cambio en su dirección, se reanudan los movimiento de la masa de agua, así en diciembre de 1985 encontramos la transición entre la época de estancamiento y la de surgencia y se observó que ya fuera del Golfo comenzaron los movimientos ascendentes de la masa de agua, aún cuando la oxiclina estuvo claramente delimitada entre los 30 y 60 m de profundidad, sin embargo, la expansión de la biomasa fitoplanctónica es evidencia clara de que hubo renovación de las aguas superficiales; los organismos dominantes eran diatomeas de rápido crecimiento del género *Nitzschia*.

## CONCLUSIONES

Los resultados discutidos en esta oportunidad arrojaron las siguientes conclusiones:

1.- El análisis hidrográfico de los datos recaudados durante la fase de monitoreo de este estudio revela la intensa estacionalidad presente en los procesos físicos dominantes del área, tal como ha sido previamente descrito en referencias ya citadas.

2.- El fitoplanctón del Golfo de Cariaco se encuentra distribuido, principalmente, por encima de los 30 metros de profundidad, coincidiendo con una barrera de densidad que impide o retarda su hundimiento hacia zonas más profundas.

3.- La actividad fitoplanctónica superficial crea áreas sobresaturadas de oxígeno, en contraposición a las zonas más profundas que son anóxicas en el período de estancamiento y lluvias creándose una oxiclina de profundidad al ocurrir el mezclamiento, estas aguas se observan insaturadas hasta que se repite el proceso de oxigenación por la actividad del fitoplanctón.

4.- Esta investigación permite visualizar al Golfo de Cariaco como un cuerpo de agua en delicado equilibrio hidrodinámico con sus áreas adyacentes, el cual gobierna la distribución espacial y temporal de la biomasa fitoplanctónica, base de la cadena trófica resultante en recursos pesqueros regionales de gran valor comercial. Cualquier modificación de este balance dinámico promovido por causas naturales o inducidas por el hombre, ocasionaría por lo tanto, una indeseable alteración con negativas implicaciones ambientalistas.

## AGRADECIMIENTOS

Al profesor RUBEN APARICIO por la lectura crítica del manuscrito. Al personal del B/O "Guaiquerí II" por la colaboración prestada en la realización de las campañas oceanográficas. A la Srta. ROSAURA SILVA por el trabajo mecanográfico. Al señor EPIFANIO HERNANDEZ, dibujante; RAMON VARGAS, fotógrafo. A los señores JOSE DE JESUS GARCIA, JESUS GARCIA y NUMA RAMOS por su colaboración en la recolección de muestras y su ayuda en el Laboratorio, y, a todos aquellos que de una forma u otra hicieron posible la realización de este trabajo.

Esta investigación ha sido subvencionada por el Consejo de Investigación, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, bajo las siglas CI-5-019-00124/84/87.

## REFERENCIAS

BENITEZ J. 1974. Golfo de Cariaco. En: Revisión de los datos oceanográficos en el Mar Caribe suroriental, especialmente el margen continental de Venezuela. *Cuadernos Azules*. 15: 110-124.

FEBRES-ORTEGA G. 1974. Circulación de las aguas superiores de la Fosa de Cariaco en 1974. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 13(1-2): 79-88.

FERRAZ-REYES, E.. 1983. Estudio del fitoplancton en la Cuenca Tuy-Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Venezuela. Univ. de Oriente*, 22(1-2): 111-124.

FERRAZ-REYES, E. 1987. Productividad primaria en el Golfo de Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr.* 26(1 & 2) 87-99.

HERRERA L. & G. FEBRES. 1975. Procesos de surgencia y renovación de aguas en la Fosa de Cariaco, Mar Caribe. *Bol. Inst. Oceanogr.* 14 (1): 31-44.

MARGALEF, R. 1965. Composición y distribución del fitoplancton. En: Estudios sobre el ecosistema pelágico al N.E. de Venezuela. *Me. Soc. Ciencias Nat. La Salle* 25: 139-206.

OKUDA T. 1980. Water exchange and the balance of phosphate in the Gulf of Cariaco. *Coastal Upwelling Research.* (Ed.) Francis Richard *American Geophysical Union. Washington DC*, 274-281.

OKUDA T., J. ALVAREZ, J. R. BONILLA, & G. CEDEÑO, 1978. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 17(1-2): 69-88.

OKUDA T. & J. BENITEZ, 1974. Condiciones hidrográficas de 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.

REID, F. M. H.; E. STEWART; R. W. EPPLEY & GOODMAN 1978. Spatial distribution of phytoplankton species in chlorophyll maximum layers off Southern California. *Limnol & Oceanogr.* 23(2): 219-226.

SIMPSON J. & R. GRIFFITHS. 1967. La distribución de densidad en el Golfo de Cariaco, Venezuela Oriental. *Serie Recursos y Explotación Pesqueras* 1(8): 305-327.

SMITH W. O. & R. T. BARBER. 1987. The influence of horizontal and vertical displacements on phytoplankton assemblages in tropical upwelling systems. *Oceanológica Acta* N° S.P.: 137-144.

STRICKLAND J. D. H. & T. PARSONS. 1972. A practical handbook of Seawater Analysis. *Bull. Fish. Res. Ed. Can.* 167: 1-310 (Second Edition).

TYLER, M. A. & H. M. SELIGER. 1978. Annual subsurface transpot of a red tide dinoglagellate to its bloom area: water circulation patterns and organisms distributions in the Chesapeare Bay. *Limnol. Oceanogr.* 23(2): 227-246.

UROSA, L. J. 1983. Distribución del zooplancton en la Cuenca Tuy-Cariaco, área de posible actividad petrolera en Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 22(1-2): 125-143.