Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente, 29 (1&2): 43-56 (1990), 10 figs., 1 tabl.

CICLO ANUAL DE LAS BACTERIAS HETEROTROFAS PLANCTONICAS Y DEL FITOPLANCTON EN EL GOLFO DE CARIACO, VENEZUELA

ELVIRA FERRAZ-REYES y ESTHER FERNÁNDEZ A.

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

RESUMEN: Los estudios realizados hasta ahora en el Golfo de Cariaco sobre fitoplancton y bacterioplancton han sido separados. En el presente trabajo se estudian las variaciones poblacionales de estos grupos planctónicos y sus posibles interacciones durante el período junio 1979-junio 1980. se fijaron tres estaciones en el Golfo de Cariaco, Venezuela. Las estaciones 1 y 2 se visitaron mensualmente y se colectaron muestras cada 10 m, desde la superficie hasta los 50 m de profundidad. Se midió temperatura *in situ* (°C), salinidad (1×10^{3}), oxígeno disuelto ($ml.l^{-1}$), biomasa fitoplanctónica (mg clorof. a.m^{-3}) y densidad poblacional de bacterias heterotrofas ($u.f.c.ml^{-1}$). Las estación 3 se muestreó semanalmente de febrero a julio de 1980. Se tomaron muestras cada 5 m desde la superficie hasta los 20 m. La distribución vertical de temperatura fue similar en las tres estaciones (19,45- 28,10°C); las temperaturas más altas se registraron durante el período de estratificación (julio-noviembre 1979). La distribución de la salinidad mostró diferencias entre las estaciones 1 y 2 debido a que la estación 1 está influenciada por la descarga del Río Manzanares durante la época de lluvias. Los valores fluctuaron entre $36,18 \times 10^{-3}$ - $36,80 \times 10^{-3}$. La variación de densidad del agua de mar (gr. ml^{-1}) en las estación 1 estuvo influenciada por la descarga del Río Manzanares. Sin embargo, no se destacaron diferencias significativas entre ambas estaciones. En cuanto al porcentaje de saturación de oxígeno se encontró diferencias significativas (P=0.05) entre las estaciones 1 y 2. En la estación 3, la fluctuación en la concentración de oxígeno disuelto (0,06-5,40 ml . 1^{-1} fue mayor que en las otras estaciones, la biomasa fitoplanctónica fue más elevada en las estaciones 2 y 3 (0,40-25 mg.m^{-3}). En la época de estratificación se registraron valores relativamente bajos (no detectable -1.28) y se observaron diferencias significativas (P=0,005) entre las estaciones 1 y 2 con respecto a la época de año, pero no en cuanto a profundidades. La densidad poblacional bacteriana mostró diferencias significativas entre ambas estaciones con respecto a la profundidad, pero no en el tiempo. Nuevamente, la estación 1 reveló influencias del Río Manzanares, mientras que la estación 2 reflejó enriquecimientos causados por la surgencia. El análisis de regresión lineal aplicado a los datos de biomasa fitoplanctónica y densidad bacteriana reveló una baja correlación durante el período de estancamiento (r=0,20 y 0,18 en las estaciones 1 y 2, respectivamente). En este período predominaron microflagelados. Al iniciarse el fenómeno de surgencia y producirse el florecimiento de diatomeas se encontró una relación inversa (r= -0,89 y -0,86 en las estaciones 1 y 2 respectivamente). Cuando la comunidad fitoplanctóncia pasa a ser dominada por dinoflagelados, la relación con la población bacteriana se hace directa (r=0,70 y 0,80 en las estaciones 1 y 2 respectivamente). La densidad del agua de mar no parece afectar la distribución vertical de las poblaciones bacterianas, pero si las fitoplanctónicas. En este estudio se observó que el fitoplancton y el bacterioplancton están relacionados cuando la comunidad fitoplanctónica esta dominada por diatomeas y dinoflagelados.

ABSTRACT: Earlier studies on bacteria and phytoplankton in the Gulf of Cariaco, Venezuela, have been done separately. In this paper, population variations of these planktonic groups and their possible relations were studied from June 1979 to June 1980. Three stations were fixed in the Gulf of Cariaco, Venezuela. Stations 1 and 2 were visited monthly. *In situ* temperature (°C), salinity (1×10^{-3}), dissolved oxygen (ml O^{2-} 1^{-1}) phytoplanktonic biomass (mg clorof.a.m^{-3}) and bacterial population density ($u.f.c.ml^{-1}$) were sampled every ten meters from surface to 50 m depth. Station 3 was visited weekly from February to July were sampled every ten meters from surface to 50 m depth. Station 3 was visited weekly from February to July 1980. Samples were taken every five meters from surface to 20 m depth. Temperature profile was similar in the three stations, 19.45-28.10 °C, the highest temperatures were recorded during the stratification period (July-November 1979). The vertical salinity distribution showed differences among stations 1 and 2. The difference is caused by the influence of the discharge of Manzanares River on station 1. Values found were in the range 36.18×10^{-3} to 36.80×10^{-3}. Even though, station 1 was influenced by the Manzanares river, there were no significant differences (0.05) between stations 1 and 2 with respect to seawater density (g.ml-1). However, oxygen saturation percentaje showed significant differences, (0.05) between stations 1 and 2. The level of dissolved oxygen exhibited a greater variation (0.06-5.40 ml $O_2.1^{-1}$) in station 3 than in the other two. Phytoplanktonic biomass was higher in stations 2 and 3 (0.40-2.5 mg clorof. a. m^{-3}) than in station 1. Relatively low biomass values (from non-detectable to 1.28 mg clorof. a. m^{-3}) were measured during the calm period. Significant differences (0.05) between stations 1 and 2 in this parameters were found with respect to time but not with respect to depth. Bacterial population density showed significant differences (0.05) between stations 1 and 2 with respect to depth, but not with respect to time. Again, station 1 revealed influence of the Manzanare river, while station 2 showed enrichment caused by upwelling. A linear regression applied to phytoplanktonic biomass and heterotrophic bacterial population density showed a low correlation (r=0.20 & 0.18 at stations 1 and 2, respectively) during the period of stagnation. At this time, microflagellates were the dominant phytoplanktonic group. Once, upwelling had started and diatoms became the

dominant group, a negative linear relationsship occured (r=-0.89 & -0.86 for stations 1 and 2, respectively). When the phytoplanktonic community was dominated by dinoflagellates, a direct relationship with bacterial population appeared (r = 0.70 & 0.80 for stations 1 and 2, respectively). It appears that seawater density did not have any influence on the distribution of bacterioplankton, but it did affect phytoplankton. A relationship between bacterioplankton and phytoplankton occurred only when diatoms and dinoflagellates were the dominant phytoplanktonic groups.

INTRODUCCION

La distribución del fito y bacterioplancton, productividad primaria, biomasa y actividad bacteriana y otros parámetros relacionados con estas dos comunidades, han sido estudiados en el Golfo de Cariaco desde aproximadamente 25 años; pero entre 1979 y 1980 se realizaron muestreos simultáneos junto con otras mediciones en el campo de la oceanografía física y química, estos últimos se presentaron en otra parte.

Las áreas de surgencia están caracterizadas por una alta concentración de nutrientes en las aguas superficiales como ha sido demostrado para el Golfo de Cariaco por OKUDA *et al.* (1978), alta productividad primaria por FERRAZ-REYES (1987), biomasa bacteriana por FERNÁNDEZ y OKUDA (1985), y elevada actividad heterotrófica por MUÑOZ (1980), para la época del año en la cual son más frecuentes los procesos de surgencia en el Caribe suroriental.

Un claro entendimiento del efecto de los factores físicos sobre la distribución del fitoplancton en el Golfo ha sido objeto de estudio por FERRAZ-REYES (1989), así como de los parámetros que afectan la distribución de las bacterias heterotrofas por FERNÁNDEZ y OKUDA (*loc.cit.*), CASTELLVI y FERNÁNDEZ (1978), este último realizado en la Fosa de Cariaco. Pero las relaciones entre sí y sus interacciones en los primeros 50 m de la masa de agua en el Golfo de Cariaco no habían sido analizados al mismo tiempo, lo que se ha considerado de suma importancia, ya que puede ayudar a interpretar la formación y utilización de la materia orgánica en esta región.

MATERIALES Y METODOS

Se fijaron 3 estaciones en el Golfo de Cariaco, edo. Sucre (Fig. 1). Las estaciones 1 y 2 se visitaron mensualmente durante 13 meses, desde junio 1979 a junio 1980 y se muestrearon cada 10 m desde la superficie hasta los 50 m de profundidad. En cada oportunidad se tomaron muestras para hacer determinaciones de temperatura con termómetro reversible; salinidad por inducción; oxígeno por WINKLER; biomasa fitoplanctónica de acuerdo a STRICKLAND y PARSONS (1972). Los resultados se registran en mg clorofila *a*.m^{-3} (mg.m^{-3}) y población bacteriana aerobia utilizando la técnica de placa superficial (AARONSON, 1970) y como medio de cultivo agar marino 2216 (Difco)con una proporción de 75% de agua de mar envejecida y estéril; los resultados se reportan en unidades formadoras de colonias por mililitro (u.f.c.ml^{-1})

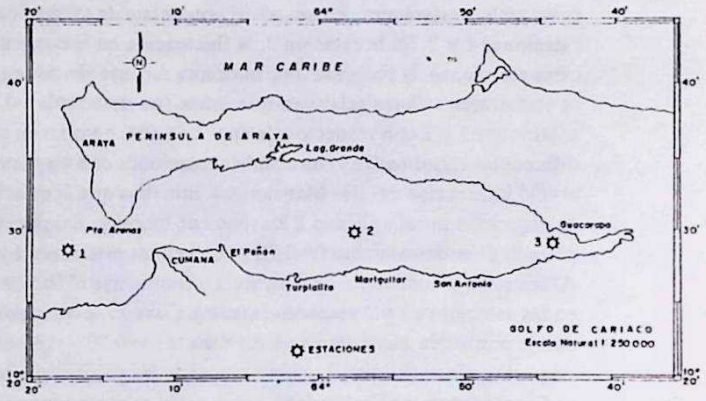


Fig. 1. Situación geográfica del Golfo de Cariaco (Edo. Sucre) ubicación de las estaciones muestreadas.

La estación 3 se muestreó de febrero a julio de 1980 con una periocidad semanal y desde la superficie hasta los 20 m de profundidad cada 5m.Se tomaron muestras para hacer determaniaciones de temperaturas con termómetros de superficie, oxígeno por WINKLER, clorofila de acuerdo a las técnicas descritas por STRICKLAND y PARSONS (*op.cit.*) y contajes de fitoplancton de acuerdo a UTERMÖHL (1958).

RESULTADOS

Los resultados aquí expresados cubren un período de

13 meses (junio 1979-junio 1980) en dos estaciones, y un período de 6 meses (febrero-julio 1980) en la tercera estación. Se encontaban ubicadas de oeste a este en las siguientes posiciones; estación 1 en la conexión del Golfo de Cariaco con el Mar Caribe, con una profundidad aproximada de 70 m, influenciada por la descarga del Río Manzanares y la penetración de aguas subsuperficiales al golfo. La estación 2 ubicada en la región central con una profundidad aproximada a los 90 m es representativa de lo que ocurre en casi todo el golfo con profundidades mayores de 30-40 m y las estaciones 3, situada en la región más oriental del golfo con una profundidad aproximada entre 25 - 30 m es representativa de las aguas someras donde se observan los procesos de surgencia con mayor intensidad.

Temperatura:

El desarrollo de la estructura térmica es bastante similar en las tres estaciones. En la estación 1 (Fig. 2a) la temperatura osciló entre 20,21 °C y 28,00 °C. Uno de los hechos más relevantes, entre junio y octubre de 1979 lo constituyó la serie de oscilaciones de la isoterma de 25 °C entre los 10 y 40 m de profundidad, luego se hundió, entre octubre y noviembre, por debajo de los 50 m, para luego reaparecer en las aguas superficiales en diciembre del mismo año, comenzando los movimientos ascendentes de la masa de agua que culminaron entre marzo y abril de 1980 cuando aguas de 22 °C alcanzaron la superficie. A partir de entonces, aparentemente se debilitaron los procesos de surgencia y comenzó el calentamiento de las aguas superficiales y el hundimiento de la masa de agua.

En la estación 2 (Fig. 2b) la temperatura osciló entre 19,45 °C y 28,10 °C, las aguas de 25 °C mostraron variaciones entre junio y diciembre de 1979, cuando ascendieron hasta la superficie. En 1980, entre marzo y abril aguas más frías, de 22 °C, alcanzaron la superficie, pero a partir de entonces volvió a hundirse esta isoterma y se observaron en la superficie aguas más cálidas. La estación 3 (Fig. 2c) se caracterizó por presentar la menor amplitud de temperatura, 21,0 °C a 24,8 °C y se observaron contínuos movimientos ascendentes entre marzo, abril y mayo. A partir de junio se observó el debilitamiento de los procesos de surgencia, cuando las aguas superficiales presentaron temperaturas mayores de 24,0 °C. Entre junio y julio hubo algunos movimientos ascendentes de la masa de agua que no llegaron a la superficie.

Salinidad:

El desarrollo de la estructura salina, estudiada solamente en las estaciones 1 y 2, si mostró diferencias, debido a la influencia del Río Manzanares en la primera de ellas.

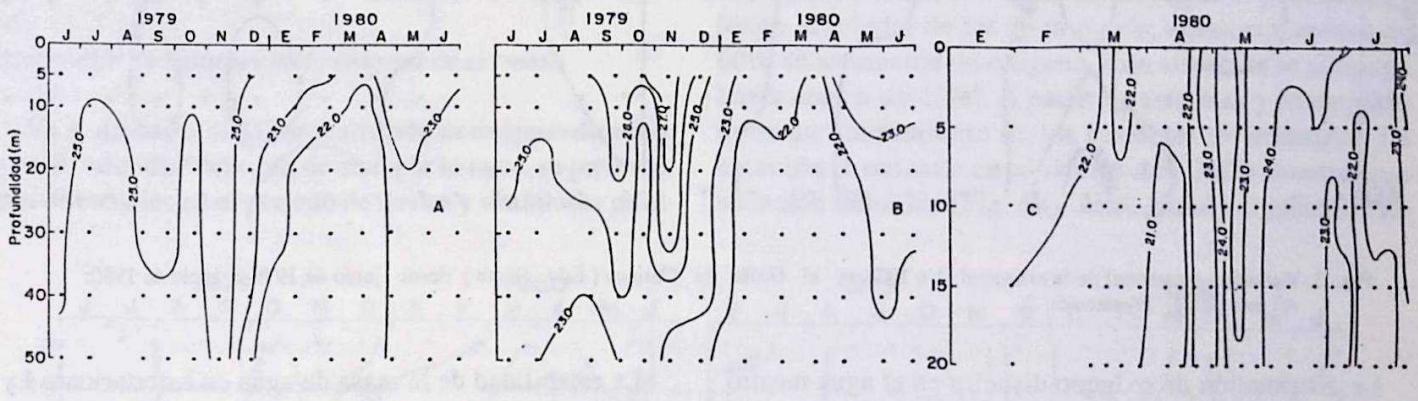


Fig. 2. Estructura térmica (°C) del Golfo de Cariaco (Edo. Sucre): A) estación 1; B) estación 2; C) estación 3.

La estación 1 (Fig. 3a) fuertemente influenciada por la descarga del Río Manzanares en las aguas superficiales, así como por las aguas sub-superficiales que penetran de la fosa al Golfo de Cariaco, osciló entre 36,18 x 10^3 y 38,00 x 10^3. Desde junio a diciembre de 1979, época de lluvias se observaron lentes de diferentes salinidades en aguas subsuperficiales de 37,00 y 38,00 x 10^3 y más bajas (36,6 x 10^3) en las aguas superficiales. Entre enero y abril de 1980 hubo salinidades más elevadas (36,8 x 10^3) que luego disminuyeron. En la Est. 2 (Fig. 3b) no se observaron tantas

variaciones de salinidad, entre otras causa porque no hay cerca ninguna descarga de agua dulce de importancia.

Entre junio y julio de 1979, la salinidad de las aguas superficiales fue de 36,8 x 10^3 para hundirse y dar paso a salinidades menores hasta enero de 1980, lo que puede ser atribuido a las precipitaciones atmosféricas. En agua entre 30 y 50 m se observaron salinidades mayores como producto de la penetración de aguas subsuperficiales desde la Fosa de Cariaco. En junio desaparecieron las aguas de más alta salinidad.

Oxígeno disuelto en el agua:

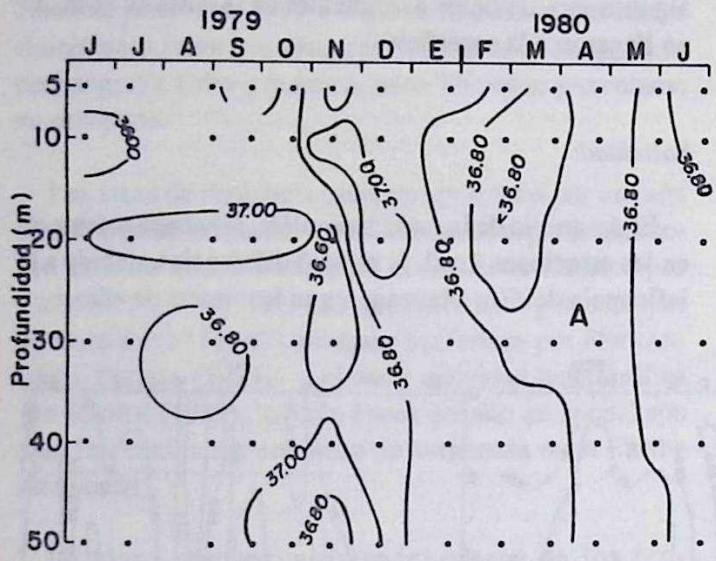
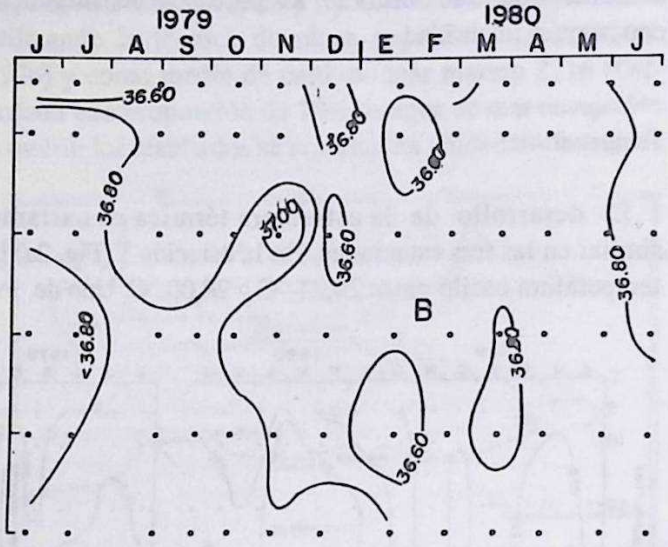


Fig. 3. Variación estacional de la salinidad (1 x 103) en el Golfo de Cariaco (Edo. Sucre) desde junio de 1979 a junio de 1980: A) estación 1; B) estación 2.

La distribución de oxígeno disuelto en el agua mostró diferencias y similitudes entre las 2 primeras estaciones, pero diferente de la estación 3. En la estación 1 (Fig. 4a) se observó un elevado tenor de oxígeno durante todo el año y su contenido varió de 2,78 a 4,96 ml.l^{-1}. Entre julio y octubre de 1979 las aguas se mostraron homogéneas en su contenido de oxígeno disuelto, pero a partir de diciembre de 1979 hasta el final del período de muestreo se observó la formación de una oxiclina entre 5 y 10 m de profundidad y, entre abril y junio se evidenció un hundimiento de las aguas más oxigenadas hasta por debajo de los 30 m. En la (Fig. 4b) se observa el comportamiento de la concentración de oxígeno disuelto en la región central del Golfo (Est. 2), de junio a diciembre de 1979 se encontraron aguas oxigenadas hasta los 50 m de profundidad, en este último mes la isopleta de 3,5 ml.l^{-1} alcanzó las aguas superficiales y se mantuvo hasta el final del período de muestreo. En esta estación se obtuvieron valores menores en la concentración de oxígeno disuelto que en la ubicada en la conexión del golfo con la Fosa de Cariaco y osciló entre 1,02 y 4,68 ml.l^{-1}. En la región oriental del golfo (Est. 3), el tenor de oxígeno osciló entre 0,06 y 5,40 ml.l^{-1} (Fig. 4c) con bolsas oxigenadas superiores a los 3,0 ml.l^{-1} entre la superficie y los 50 m y hasta los 20 m se observaron las concentaciones menores.

Densidad de la masa de agua:



La estabilidad de la masa de agua en las estaciones 1 y 2 presentó también similitudes y diferencias debido a las diversas influencias que las afectan. La densidad del agua en la estación 1 (Fig. 5a) tuvo un componente bastante acentuado por la salinidad. Durante el año 1979 se observaron aguas menores de 24,5 g.ml.l^{-1} cercana a la superficie, y solo en junio hasta los 30 m de profundidad. En diciembre la isopicnal de 25,0 g.ml-1 marcó de manera evidente el inicio de los movimientos ascendentes de la masa de agua, alcanzando las aguas superficiales entre enero y marzo de 1980. Aguas más densas ascendieron entre marzo y abril, pero a partir de este mes no se observaron más movimientos ascendentes. La densidad de la masa de agua de la estación 2 (Fig. 5b) estuvo claramente influenciada por la temperatura. Durante el año 1979 las

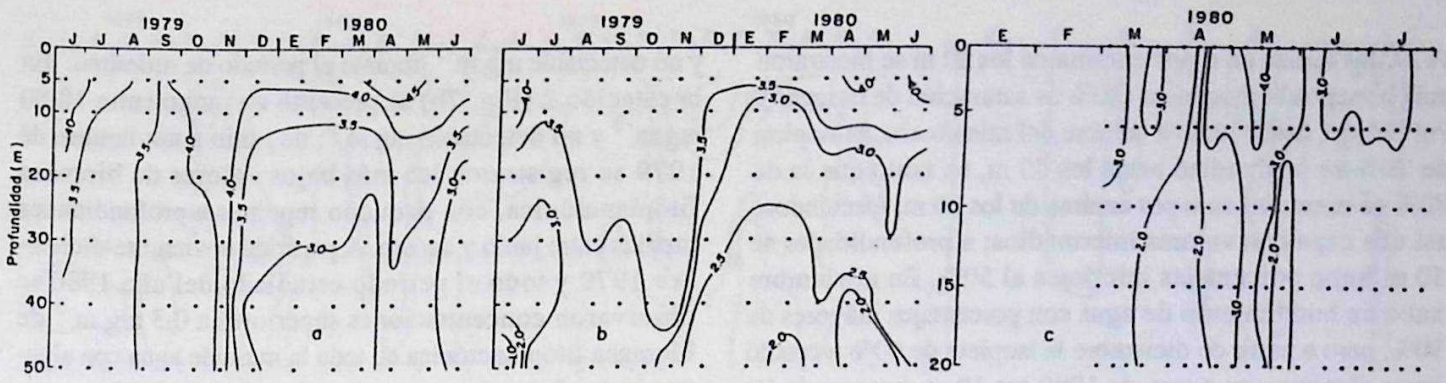


Fig. 4. Distribución vertical del oxígeno disuelto (ml. O2.1-1) en el Golfo de Cariaco (Edo. Sucre): A) estación 1; B) estación 2; C) estación 3.

aguas menos densas ocuparon las capas superficiales, formando bolsas, en algunos casos hasta más de 30 m de profundidad, como ocurrió en noviembre de 1979. La isopicnal de 25,0 g.ml^{-1} alcanzó la superficie en enero de 1980 y aguas más densas (25,5 g.ml^{-1}) afloraron entre marzo y abril del mismo año. A partir de este mes se observó un hundimiento y reaparecieron aguas menos densas en la superficie.

Porcentaje de saturación de oxígeno en el agua:

Va a depender de la concentración de oxígeno disuelto y de la salinidad del agua de mar, por lo tanto, se presentó con diferencias en el período de lluvias y similitudes en el período de verano. La estación 1 (Fig. 6a) presento valores de porcentajes de saturación de oxígeno mayores que la estación 2. Entre junio y septiembre de 1979 las aguas superficiales hasta los 20 m se mostraron homogéneas con porcentaje superiores a 80%, pero por debajo, fueron menores de 60%. Desde entonces y hasta diciembre se homogeneizaron las aguas y, a partir de este mes comenzó a delimitarse la oxiclina que ya comentamos, entre 5 y 15 m de profundidad, con aguas de más de 70% por encima y luego alrededor de los 30 m o más, aguas con menos de 60% de saturación de oxígeno, esta situación se prolongó hasta marzo de 1980. A partir de este mes y hasta junio hubo un hundimiento de las isopletas de muestreo. La estación 2 ubicada en el centro del Golfo mostró una situación diferente (Fig. 6b), entre junio y septiembre de

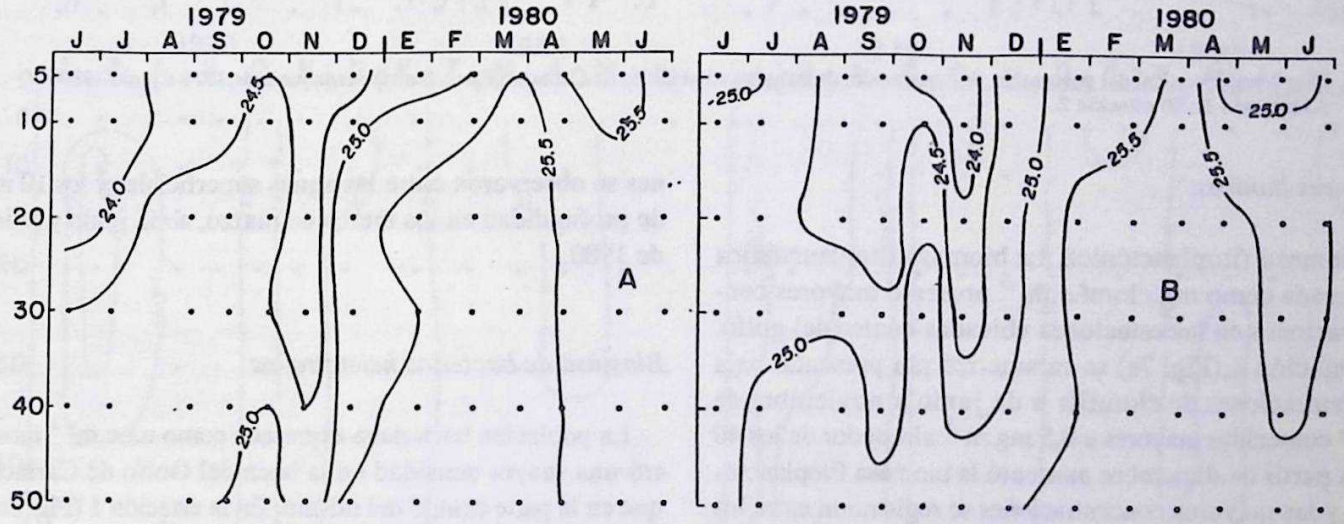


Fig. 5. Distribución vertical de la densidad (g.ml-1) en el Golfo de Cariaco (Edo. Sucre) desde junio de 1979 a junio de 1980: A) estación 1; B) estación 2.

1979, las aguas en o por encima de los 20 m se mostraron más o menos homogéneas (80% de saturación de oxígeno). Por debajo, desde junio a octubre del mismo año, la isopleta de 70% se profundizó hasta los 40 m, en tanto que la de 80% se mantuvo en o por encima de los 20 m, formándose así una capa con valores intermedios; a profundidades de 50 m hubo porcentajes inferiores al 50%. En noviembre hubo un hundimiento de agua con porcentajes mayores de 90%, pero a partir de diciembre la isopleta de 60% ascendió hasta alcanzar, en enero de 1980 los 10 m, separando las aguas superficiales más oxigenadas de las más profundas con bajo porcentaje de saturación de oxígeno. En mayo se observaron valores menores de 40% hasta los 20 m, y luego un hundimiento de las isopletas con aguas sobresaturadas en la superficie.

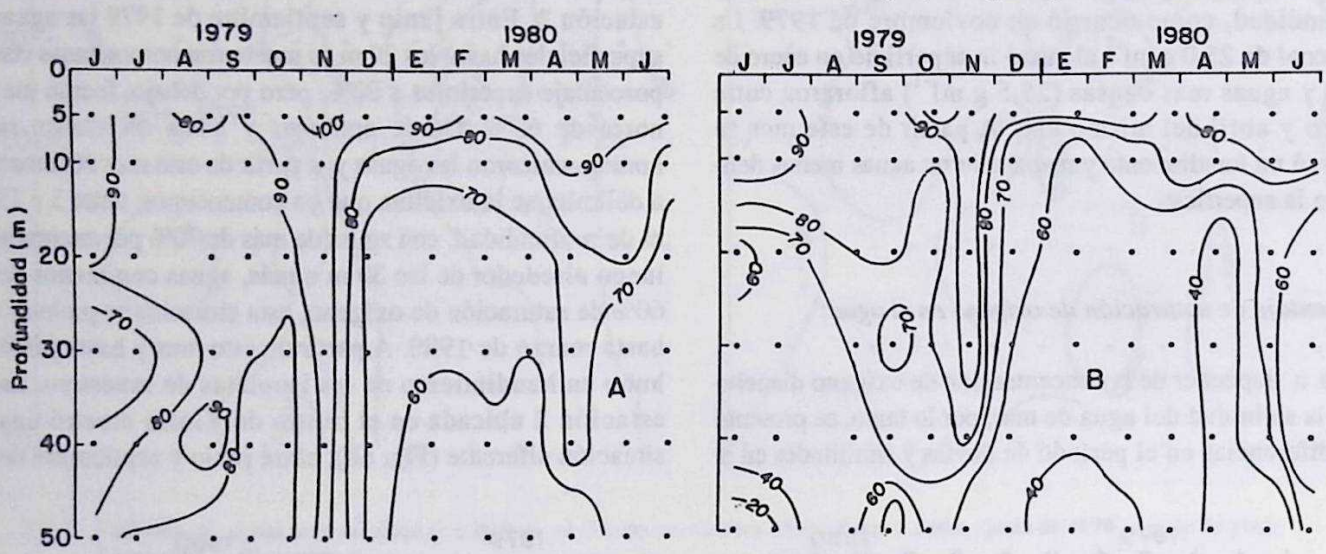


Fig. 6. Distribución vertical del porcentaje de saturación de oxígeno en el Golfo de Cariaco (Edo. Sucre) desde junio de 1979 a junio 1980: A) estación 1; B) estación 2.

Factores bióticos:

Biomasa fitoplanctónica. La biomasa fitoplanctónica expresada como mg.clorof.*a*.m.$^{-3}$ presentó mayores concentraciones en las estaciones ubicadas dentro del golfo. La estación 1 (Fig. 7a) se caracterizó por presentar baja concentraciones de clorofila *a* de junio a noviembre de 1979 con celdas mayores a 0,5 mg.m^{-3} alrededor de los 40 m. A partir de diciembre aumentó la biomasa fitoplanctónica y las mayores concentraciones se registraron entre los 10 y 30 m entre diciembre de 1979 y enero de 1980. La isopleta de 0.5 mg.m^{-3} delimitó las aguas con mayores concentraciones de biomas, esta osciló entre 8,54 mg.m^{-3} y no detectable mg.m^{-3} durante el período de muestreo. En la estación 2 (Fig. 7b) se presentó un rango entre 12,80 mg.m^{-3} y no detectable mg.m^{-3}; de junio a noviembre de 1979 se registraron los más bajos valores de biomasa fitoplanctónica, con pequeño repuntes a profundidades medias entre junio y agosto. A partir de noviembre-diciembre 1979 y todo el período estudiado del año 1980 se observaron concentraciones superiores a 0,5 mg.m^{-3} de biomasa fitoplanctónica en toda la masa de agua con algunas instrusiones de agua más pobres hasta los 30 m entre febrero y marzo y hasta los 20 m entre mayo y junio. La máxima concentración de biomasa se registró entre diciembre 1979 y enero de 1980 desde la superficie hasta 20 m de profundidad. La estación 3 (Fig. 7c) se caracterizó por presentar los más altos valores de biomasa que oscilaron entre 25,00 y 0,40 mg.m^{-3}, las máximas concentraciones se observaron entre las aguas superficiales y los 10 m de profundidad en los meses de marzo, abril, junio y julio de 1980.

Biomasa de bacterias heterotrofas:

La población bacteriana expresada como u.f.c.ml^{-1} mostró una mayor densidad en la boca del Golfo de Cariaco que en la parte central del mismo. En la estación 1 (Fig. 8a) la biomasa bacteriana osciló entre 71 x 10^{3} u.f.c.ml^{-1} y 90 u.f.c.ml^{-1}. La mayor concentración se observó de junio a agosto de 1979 entre los 10 y 30 m de profundidad, que se

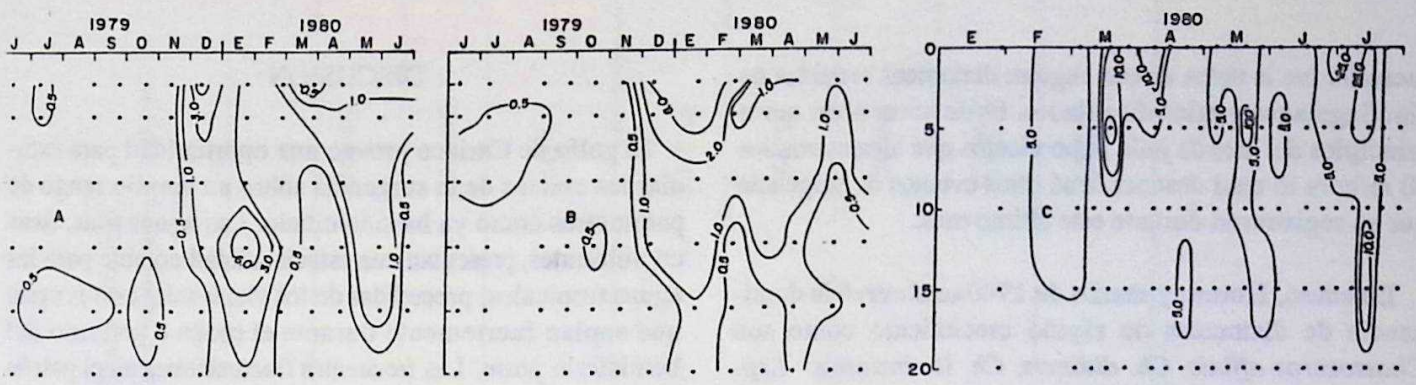


Fig. 7. Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica (mg.clor. a.m-3) en el Golfo de Cariaco (Edo. Sucre): A) estación 1; B) estación 2; C) estación 3.

corresponde con el inicio de la época de calma y de lluvias al disminuir de velocidad y cambiar de dirección los vientos alisios. Este núcleo de elevada densidad poblacional se rompió y en octubre y noviembre se homogenizó la columna de agua con 10 x 10^3 u.f.c.ml^{-1}. De enero a junio la población continuo disminuyendo aunque mantuvo su homogeneidad vertical, con excepción de abril y mayo cuando se observaron densidades superiores a 1 x 10^3 u.f.c.ml^{-1} desde la superficie hasta los 30 m, probablemente ocasionado por mezclamientos verticales o una pequeña surgencia localizada. La estación 2 (Fig. 8b) mostró un comportamiento muy regular, probablemente por ser este perfil solo de la capa oxigenada en el sector más profundo del golfo (90 m). La comunidad de bacterias heterotrofas osciló entre 3,5 x 10^3 y 4,0 x 10 u.f.c.ml^{-1}. La mayor densidad bacteriana se observó entre junio y agosto de 1979 con incrementos por debajo de los 30 m. En el mes de septiembre comenzaron a descender hasta alcanzar en octubre y noviembre la expresión mínima de la población. En diciembre aumentó la población, coincidiendo con el inicio de los vientos del este-noreste y la surgencia, manteniéndose en enero, febrero y marzo, cuando un núcleo de elevados valores se observó entre 30 y 50 m de profundidad y luego en mayo y junio se inició la formación de un núcleo de población bacteriana en las aguas superficiales.

Sucesión fitoplanctónica:

La sucesión planctónica dentro del Golfo de Cariaco ha sido estudiada por FERRAZ-REYES (1987,1989), en esta oportunidad se siguió su evolución durante los siete primeros meses de 1980 en la estación más oriental (est. 3). La

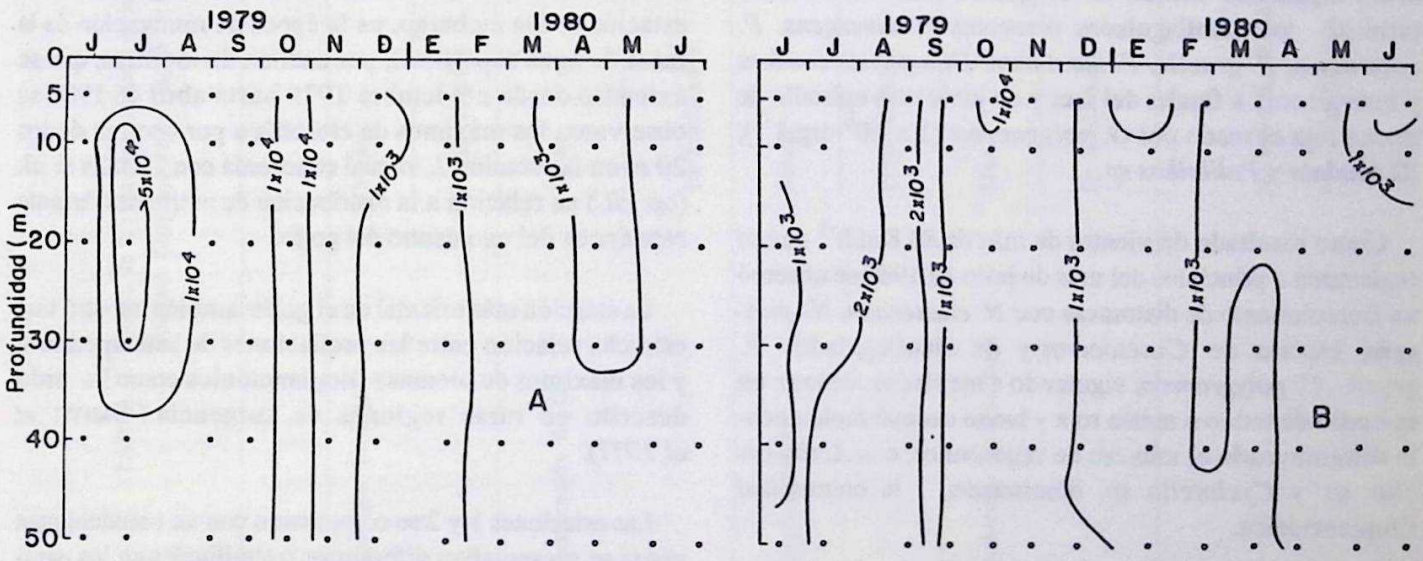


Fig. 8. Distribución vertical de las bacterias heterotrofas (u.f.c.ml-1) en el Golfo de Cariaco (Edo. Sucre) desde junio de 1979 a junio de 1980: A) estación 1; B) es- tación 2.

sucesión fue la típica de esta región: diatomeas seguidas de dinoflagelados y microflagelados. Es de hacer notar que a principios del mes de julio hubo vientos que alcanzaron los 80 m/hora lo cual desencadenó otros eventos de surgencia que se registraron durante este último mes.

En enero, febrero y marzo de 1980 se observó la dominancia de diatomeas de rápido crecimiento como son *Chaetoceros affinis, Ch. didimus, Ch. lorenzianus, Leptocylindrus danicus, Nitzschia closterium, Thalassiosira pseudonana, Coscinodiscus sp.* , entre los dinoflagelados: *Gonyaulax polygramma, Protoperidinium divergens, Protogonyaulax tamarensis*; dos o tres especies de *Gyrodinium*. Es de hacer notar que en febrero se observó un turbio causado por G. *polygramma* acompañado de *Scrippsiella trochoidea, P. divergens, P. oceanicum* con más de 2×10^6 orga.l^{-1}.

En abril y mayo se observó dominancia de dinoflagelados con la formación de un turbio con *G. polygramma* como organismo responsable de l mismo (3×10^6 org.l^{-1}), otros acompañantes fueron *S. trochoidea, Prorocentrum gracile, P. maximum.* Este turbio se observó durante todo el mes de abril y las diatomeas mostraron paredes pocos silicificadas y se presentaron en bajo número; a finales del mismo mes los filamentos de *L. danicus* se encontraron parasitados por el flagelado *Solenicola sp.* En mayo continuó la decadencia de la población de diatomeas ahora fuertemente parasitadas; por otra parte, hubo un repunte de dinoflagelados y del ciliado *Mesodinium rubrum* organismo común en el golfo como causante de turbios, los dinoflagelados presentes *P. divergens, P. oceanicum, P. gracile, P. maximum, Dinophysis caudata* y nuevamente a finales del mes y en junio otro episodio de marea roja causado por *G. polygamma* (1×10^6 org.l^{-1}), *D.caudata* y *Polikrikos sp*.

Como resultado de vientos de más de 80 Km.h^{-1} que se registraron a principios del mes de julio de 1980 se observó un florecimiento de diatomeas con *N. closterium, N. pungens,* esporas de *Chaetoceros* y de dinoflagelados *P. gracile, G. polygramma,* siguiendo a mediados de mes un episodio de turbio o marea roja y luego decayó rapidamente disminuyendo el número de organismos, con *Actinocyclus sp. y Cyclotella sp.* dominando, la comunidad fitoplanctónica.

DISCUSION

El golfo de Cariaco provee una oportunidad para estudiar los efectos de la surgencia sobre un amplio rango de parámetros como ya ha sido citado. Las aguas frías, ricas en nutrientes, presentan una estacionalidad notable para las aguas tropicales, precedidas de los vientos del este-noreste que soplan fuertemente durante el otoño e invierno del hemisferio norte. Las frecuentes fluctuaciones en el patrón de los vientos causan cambios en la intensidad de la surgencia y en la distribución estacional, tanto de la biomasa fitoplanctónica como de la de las bacterias heterotrofas planctónicas.

Distribución del fito y bacterioplancton en relación a los parámetros físicos:

Evidentemente el fitoplancton presenta sus máximos dentro de la capa eufótica, sin embargo, en la estación 1 (Fig. 7) se observaron máximos importantes alrededor de los 30 m de profundidad, probablemente cercanos al 1% de luz incidente, FERRAZ-REYES (1987), lo cual coincide en cierta forma con la nutriclina observada por OKUDA *et al.* (1978b) para esta estación. Por otra parte, la penetración de aguas provenientes de la fosa entre los 10 y 40 m, durante la época de estancamiento evidenciado por las oscilaciones de la temperatura (Fig. 2), tanto a la entrada del golfo como en el centro del golfo, produjo un leve repunte de la biomasa fitoplanctónica alrededor de los 40 m en la estación 1, así como entre los 10 y 20 m de la estación 2. Sin embargo, en la época de renovación de la masa de agua superficial, por encima de los 50 m, que se extendió desde noviembre 1979 hasta abril de 1980 se observaron los máximos de clorofila *a* por encima de los 20 m en la estación 2, lo cual concuerda con OKUDA *et al.* (*op. cit.*) en relación a la distribución de nutrientes durante esta época del año dentro del golfo.

La estación más oriental en el golfo también mostró una estrecha relación entre las oscilaciones de la temperatura y los máximos de biomasa fitoplanctónica como ha sido descrito en otras regiones de surgencia (SMITH *et al* 1977).

Las estaciones 1 y 2 se compararon con un t-student para ver si se presentaban diferencias o similitudes en los parámetros estudiados. Así, no se observaron diferencias

TABLA 1.- Prueba de t_s para comparación de las medias $\overline{X}_1$ y $\overline{X}_2$ de los meses y las profundidades para las estaciones 1 y 2 del golfo de Cariaco. Biomasa fitoplanctónica ($mg.m^{-3}$); Biomasa bacteriana ($log.u.f.c.ml^{-1}$); Densidad del agua de mar ($gr.ml^{-1}$) y porcentaje de saturación de oxígeno.

Variables		$\overline{X}_1$	$\overline{X}_2$	S^2_1	S^2_2	Ts
Densidad del agua de mar	Meses	25,037	25,149	0,314	0,247	0,516 NS
	Profundidades	25,035	25,148	0,487	0,118	0,356 NS
Porcentaje saturación de O_2	Meses	78,085	66,647	73,128	125,369	2,812 *
	Profundidades	78,3133	66,688	102,224	228,695	1,562 NS
Biomasa fitoplanctónica	Meses	0,708	1,080	0,473	1,675	2,420 *
	Profundidades	0,731	1,093	0,104	0,741	0,965 NS
Densidad poblacional bacteriana	Meses	2,987	2,748	0,421	0,222	0,190 NS
	Profundidades	3,010	2,748	0,022	0,010	3,581 *

NS = No significativo

* = Significativo

significativas en la distribución vertical ni de la densidad del agua de mar, ni del porcentaje de saturación de oxígeno, tampoco fueron diferentes en el tiempo en cuanto a la densidad del agua de mar, la surgencia y los períodos de estancamiento se producen simultaneamente en ambas estaciones; pero no así el porcentaje de saturación de oxígeno, ya que la circulación dentro del golfo es más lenta y por debajo de los 70 m se producen fenómenos de anoxia en los períodos de estancamiento (OKUDA *et al* 1978b). El mayor porcentaje de oxígeno disuelto se observó en las aguas superficiales durante el período de renovación de la masa de agua, se explica por la actividad fitoplanctónica que de acuerdo a la biomasa observada, fué mayor que durante la época de estancamiento. Además las aguas a la entrada del golfo mostraron mayor contenido de oxígeno que en el interior del mismo; este fenómeno también fue notable en la estación 3, coincidiendo los más bajos tenores de oxígeno con bajas temperaturas y florecimientos del fitoplancton; en esta estación, a diferencia de las otras dos no se observó una oxiclina desarrollada durante esos meses. El crecimiento de esta oxiclina desde diciembre 1979 hasta el final del período de muestreo (Fig. 4) delimitó las aguas superficiales, donde hubo el florecimiento fitoplanctónico, de las aguas más profundas. El llamado período de estancamiento no fue claramente visible, ya que en cuanto a temperatura, como ya lo mencionamos, presentó débiles procesos de surgimiento de agua, y en cuanto a distribución del oxígeno fue bastante homogéneo hasta los 50 m en la estación 1. Las menores concentraciones de oxígeno disuelto dentro del golfo han sido ampliamente explicadas por OKUDA y sus colaboradores.

En cuanto a las comunidades estudiadas se observó que las bacterias heterotrofas planctónicas presentaron un comportamiento similar en el tiempo, sin embargo, ya hemos destacado que la biomasa heterotrofa mostró valores mayores en la estación 1 durante el período de estancamiento que en la época de surgencia. En cuanto a la biomasa fitoplanctónica si hubo diferencias significativas, ya que el interior del golfo presentó siempre mayores concentraciones de clorofila a que en el exterior del mismo. La distribución vertical de los organismos fotosintéticos no mostró mayores diferencias entre las dos estaciones: se ubicaron preferiblemente por encima de los 30 m de profundidad; en el caso del bacterioplancton si hubo diferencias significativas dentro y fuera del golfo: en la estación 1 se concentraron preferiblemente por debajo de los 10 m hasta los 30-40 m de profundidad.

Aun cuando las bacterias no mostraron ninguna relación significativa en su distribución vertical con los factores físicos estudiados, sin embargo, al analizar el desarrollo de la estabilidad de la columna de agua, observamos que en la boca del golfo (est. 1) la alta concentración de microheterotrofas planctónicas coincidió con el aparente hundimiento de una masa de agua de relativa baja densidad, que evidentemente provenía de la descarga del Río Manzanares, la cual debido a las alteraciones antropogénicas llega cargada de materia orgánica soluble o de fácil utilización por la población de bacterias heterotrofas marinas.

De acuerdo a HOBBIE (1988) la materia orgánica de origen dulceacuícola debe sufrir diferentes procesos de descomposición antes de poder ser utilizada por las heterotrofas planctónicas, sin embargo, como ya hemos puntualizado, la contaminación del Río Manzanares, sobre todo al atravesar la ciudad de Cumaná (FERNÁNDEZ, *datos no publica*dos) permite el desarrollo de altas densidades de bacterias heterotrofas. Por otra parte, HOBBIE (*loc.cit.*) habla de otra fuente de materia orgánica lábil, disuelta y particulada, que es fácilmente utilizada por las bacterias. La fuente de esta materia orgánica la constituyen el contenido celular y los fragmentos liberados de las células de algas muertas y de material disuelto liberado durante el crecimiento.

Las bacterias, además, responden a los más pequeños incrementos de materia orgánica, así en el centro del golfo respondieron a los procesos de surgencia, proba- blemente por el incremento de la biomasa fitoplanctónica. Es de hacer notar que el comportamiento de la población microheterotrofas en los primeros 50 m no mostró diferencias altamente significativas entre las dos estaciones, debido a que la estación 1 la mayor densidad ocurrió en los meses de la estación lluviosa (julio-agosto), por las razones ya expuestas; en tanto que en el centro del golfo (est. 2) dependió más de las condiciones de surgencia dentro del golfo. Así en diciembre de 1979 aumentó la población coincidiendo con el inicio de los vientos alisios y la surgencia que aportan nuevos nutrientes al haber intercambio o mezclamiento de masas de agua, de acuerdo a PARSONS y STRICKLAND (1961).

La formación de un núcleo de población bacteriana elevada entre abril y mayo en la capa más superficial (5-10 m) con concentraciones que sobrepasaron a 1 x 10^3 u.f.c.ml-1 fue probablemente ocasionado por un mayor

aporte de material orgánico, debido a procesos fotosintéticos (ATLAS y BARTA 1981). En esa oportunidad se detectó un turbio o marea roja en la zona.

Relación entre la biomasa fitoplanctónica y las bacterias heterotrofas:

Se presenta la relación entre estas dos comunidades y con la estabilidad de la columna de agua para la estación 1 (Fig. 9) en tres fechas escogidas. Durante el período muestreado en 1979 se observó una mayor estabilidad vertical debido a la disminución de los procesos de surgencia y a la presencia de la estación lluviosa que influyó relativamente en la salinidad de las aguas superficiales, generándose una estratificación más marcada en la masa de agua. En esta área, en la conexión del golfo con el mar abierto, la influencia del Río Manzanares se hizo más notable a los efecto de la distribución vertical de la densidad. La biomasa bacteriana (Fig. 9a) dio sus máximos por debajo de la picnoclina, al igual que la biomasa fitoplanctónica, su concentración fue muy baja y la relación entre ambas poblaciones baja (r = 0,20). Al avanzar el tiempo y realizarse los procesos de renovación de la masa de agua en los meses de noviembre y diciembre de 1979 (Fig. 9b), hubo también un florecimiento de fitoplancton que se tradujo en elevadas concentraciones de clorofila *a*, entre diciembre 1979 y enero 1980, por otra parte la biomasa de bacterias heterotrofas se contrajo y se produjo una relación inversa (r = -0,89) entre ambas comunidades, hay diferentes hipótesis para explicar estas relaciones; CASTELLVI y FERNÁNDEZ (1978), observaron una relación similar en la Fosa de Cariaco y expresan que toda molécula orgánica excretada al medio supone una energía disponible para la flora heterotrofa, por otra parte, la materia orgánica disuelta existente en un sistema será, por un lado, función de la excreción por parte de las células fitoplanctónicas y, por otro, del potencial heterotrófico existente. PARSONS Y TAKAHASHI (1977) describen esta situación diciendo que las bacterias aprovechan los exhudados del fitoplancton, así como también los productos del decaimiento del florecimiento del fitoplancton. Sin embargo, se ha demostrado que en algunas oportunidades las microalgas llegan a producir agentes bacteriostáticos que aparentemente inhiben el crecimiento de la población de microheterotrofas.

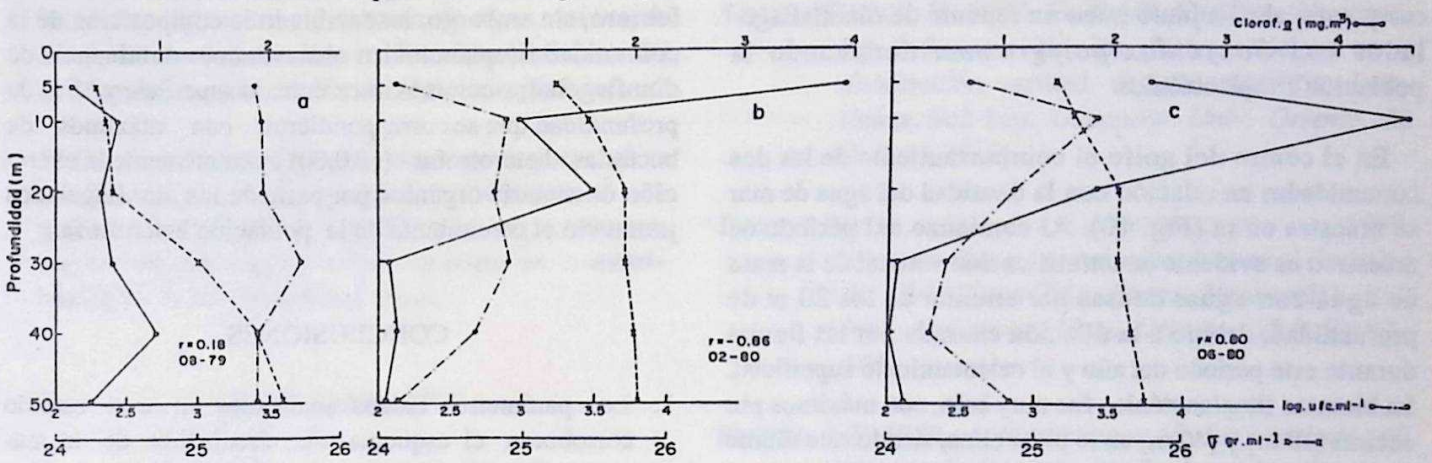


Fig. 9. Distribución vertical del gradiente de densidad x - - x (gr.ml-1) bacterias heterotrofas (log. u.f.c.ml-1) o----o y biomasa fitoplanctónica o-----o (mg. clor. a.ml-1) en la estación 1 durante: a) agosto 1979; b) febrero y c) junio 1980.

De la distribución observada en febrero de 1980, también podemos colegir que la lluvia de partículas se acentúan por debajo o alrededor de los 30 m cuando el fitoplancton produjo un máximo de relativa importancia; FERRÁZ-REYES (1989) demostró que la biomasa fitoplanctónica hasta los 20 m de profundidad que se correspondió con un aumento de las bacterias heterotrofas hasta los 30 m y que reveló una relación positiva entre las dos comunidades (r = 0,70). De nuevo las explicaciones varían, pero si tomamos en consideración que de acuerdo a HOBBIE (1988) el comportamiento ecológico de las bacterias planctónicas es similar en las marinas y dulceacuícolas, FERRAZ-REYES y FERNÁNDEZ (*1988*) han observado comportamientos similares a finales de la época de renovación de la masa de agua en el Embalse Clavellinos, es de hacer notar que en esta oportunidad (abril 1980) hubo un turbio que

evidentemente coadyuvó al aumento de la población planctónica heterotrofa.

Aun cuando la población fitoplanctónica no fue estimada cualitativa ni cuantitativamente en la estación 1 ni en la estación 2 si lo fué en la estación 3 y de acuerdo a estudios realizados con anterioridad podemos concluir que las poblaciones fitoplanctónicas varían con el tiempo, pero que son similares en el golfo, sobre todo en la época de mayores procesos de surgencia. De acuerdo a los resultados obtenidos en la región oriental del golfo durante el período de surgencia, las diatomeas dominaron de enero a marzo con especies de *Chaetoceros. Nitzschia* y *Leptocylindrus danicus* y entre abril a junio hubo un repunte de dinoflaflagelados con *Gonyaulax polygramma* dominando la población fitoplanctónica.

En el centro del golfo el comportamiento de las dos comunidades en relación con la densidad del agua de mar se muestra en la (Fig. 10). Al comienzo del período de muestreo es evidente la estratificación vertical de la masa de agua con aguas densas por encima de los 20 m de profundidad, debido a la dilución causada por las lluvias durante este período del año y al calentamiento superficial. La biomasa fitoplanctónica fue muy baja, con máximos por encima (10 m) y (40 m) en la picnoclina, siendo este último más importante que el primero. Las heterotrofas planctónicas aparentemente fueron independientes de la densidad y dieron un máximo a los 30 m en la picnoclina por encima del máximo fitoplanctónico. La relación entre ambas poblaciones fue escasa (r =0.18). En febrero de 1980, al disminuir la estabilidad de la columna de agua y con una población fitoplanctónica dominada por diatomeas, que son organismos de alta tasa de crecimiento poblacional, pero que no pueden mantener altas densidades poblacionales, o por los cambios ambientales o porque son suplantados por otras especies; esta es una definición de especie de KILHAM y HECKY (1988), que se adapta perfectamente a las poblaciones de diatomeas dentro del Golfo de Cariaco. Esta comunidad dió su máximos a 5 y 20 m, en tanto que las bacterias se comportaron de manera inversa (r =-0,86) con escasa biomasa y dando máximos justo por debajo de los del fitoplancton. En junio de 1980 la estratificación vertical de la masa de agua fue similar a la observada en febrero, sin embargo, ha cambiado la composición de la comunidad fitoplanctónica observándose dominancia de dinoflagelados con máximos entre la superficie y 15 m de profundidad que se correspondieron con máximos de bacterias heterotrofas (r= 0,80) aparentemente la excreción de materia orgánica por parte de los dinoflagelados promovió el crecimiento de la población heterotrofa.

CONCLUSIONES

1. Los parámetros físicos analizados en este estudio corroboran el esquema de circulación de la masa de agua en el Golfo de Cariaco que han propuesto varios autores. Un período de estancamiento y lluvias que abarca aproxima damente el segundo semestre del año, seguido de un período de renovación de las aguas, acompañado de los Vientos

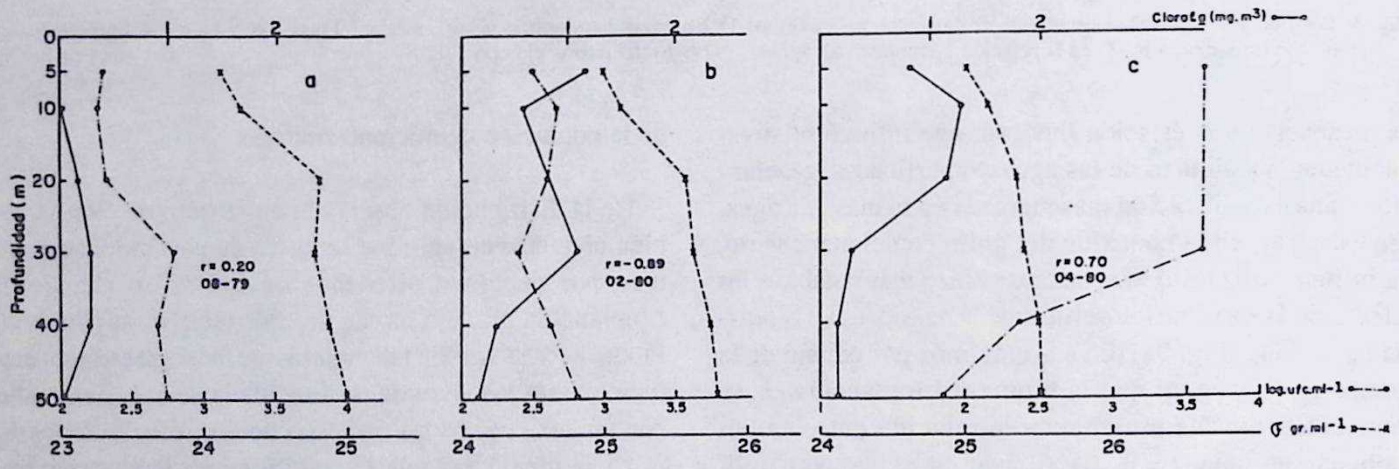


Fig. 10. Distribución vertical del gradiente de densidad x --- x (gr.ml-1), bacterias heterotrofas o---o (u.f.c.ml-1) y biomasa fitoplanctónica o-----o (mg. clor. a.m-3) en la estación 2 durante: a) agosto 1979; b) febrero 1980 y c) abril 1980.

Alisios del este-noreste.

2. El período de estancamiento se caracterizó, en la zona de conexión con el mar abierto (Est. 1) por presentar bajas concentraciones de biomasa fotosintética, pero muy elevada biomasa de microheterotrofas, mostrando la influencia del Río Manzanares. La estación ubicada en el centro del golfo presentó bajas concentraciones de biomasa fito y bacterioplanctónica durante este período del año.

3. Durante el período de renovación de las aguas, la biomasa fitoplanctónica respondió rápidamente a los enriquecimientos de la masa de agua, así como las bacterias heterotrofas a los florecimientos del fitoplancton y producción de materia orgánica.

4. El fitoplancton mostró sus máximos en o por encima de los 30 m de profundidad, aparentemente siguiendo la nutriclina descrita por otros autores. No se observó ningún patrón definido en la distribución de la bacterias heterotrofas.

AGRADECIMIENTOS

En especial al M. Sc. JOSÉ R. DÍAZ RAMOS por sus críticas al manuscrito. Al personal del Departamento de Oceanografía Química por la colaboración en la obtención de las muestras; a los señores WILFREDO PATIÑO y JOSÉ DE JESUS GARCÍA por el procesamiento en el laboratorio; a la señorita ROSAURA SILVA, Secretaria; al señor JESÚS HERNÁNDEZ, dibujante, y a todos aquellos que de una u otra forma hicieron posible la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

AARONSON, S. *1970. Experimental Microbial Ecology. Academic Press. New York and London. 236 pp.*

ATLAS, R. M. & R. BARTA 1981. *Microbial Ecology: Fundamentals and Applications. Addison Wesley Publ. Co. California.* 560 pp.

CASTELLVI, I. & E. FERNANDEZ 1978. Estudio microbiológico de la Fosa de Cariaco, Venezuela. *Bol. Ins. Oceanogr. Univ. Oriente* 17(1-2): 9-30.

FERNANDEZ, E. & T. OKUDA 1985. Poblaciones bacterianas en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 24 (1 & 2):145-161.

FERRAZ-REYES, E. 1987. Productividad Primaria del golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 27 (1 - 2): 89-104.

FERRAZ-REYES, E. 1989. Golfo de Cariaco (Venezuela). Influencia de los factores físicos en la distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 28 (1 & 2): 47-56.

FERRAZ-REYES, E. & E. FERNANDEZ A. 1988. Ciclo de fito y bacterioplancton en el Embalse de Clavellinos (Edo. Sucre, Venezuela). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 27 (1-2): 89–104.

HOBBIE, J. E. 1988. A comparison of the ecology of planktonic bacteria in fresh and salt water. *Limnol. Oceanogr.* 33 (4 parte 2): 750-764.

KILHAM, P. & R. HECKY 1988. Comparative ecology of marine and freshwater phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.* 33 (4 parte 2): 776-795.

MUÑOZ, G. 1980. Actividad heterotrófica y quimiosíntesis bacteriana en el Golfo de Cariaco. *Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Biología. UDO*, 86 pp.

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

OKUDA, T., A. GARCIA, B. GAMBOA & E. FERNANDEZ A. 1978b. Variación estacional de fósforo y nitrógeno inorgánico en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Oriente.* 17 (1-2): 89-104.

Oriente. 17 (1-2): 89-104.

PARSONS, T. R., M. TAKAHASHI & B. HARGRAVE 1977. Biological Oceanographic Processes. 2nd Ed. *Pergamon Press.* 1-XI-1-331 pp.

PARSONS, T. R. & J. D. H. STRICKAND 1961. On the production of particulate organic carbon by heterotrophic processes in sea water. *Deep Sea Res.* 8: 211-222.

SMITH, W., R. BARBER & H. HUNTSMAN 1977. Primary production of the coast of northwest Africa. Excretion of dissolved organic matter and its heterotrophic uptake. Deep Sea Res. 24 (1): 33-48.

STRICKLAND, J. D. H. & T. R. PARSONS 1972. *A practical handbook of seawater analysis. Fish Res. Bd. Canadá.* 167 pp.

UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervolkommunig der quantitativen phytoplankton *methodik. Mitt in verein theor angeiv. Limnol.* 9: 1-38.