

ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL FLORECIMIENTO DEL FITOPLANCTON EN EL FRENTE DEL RIO DE LA PLATA

I: LOS SISTEMAS NUTRITIVOS

por

JOSÉ IGNACIO CARRETO, RUBÉN MARIO NEGRI
Y HUGO RODOLFO BENAVIDES

Palabras claves: nutrientes - frentes - Río de la Plata.

Key words: nutrients - fronts - La Plata River.

SUMMARY

Some characteristics of phytoplankton blooming at the "Río de la Plata" maritime front. I. The nutritional systems.

During the spring survey (H-04/82; October 11-27, 1982) carried out by the Fishery Research Vessel "Dr. E. Holmberg", the distribution of temperature, salinity, nutrients concentration and photosynthetic pigments were studied at the "Río de la Plata" maritime front.

Three systems were defined within the said area on the basis of nutrient ratio ($\text{NO}_3^- : \text{PO}_4^{3-} : \text{SiO}_4$). These systems are: 1) ESTUARINE (2,5:1:139); 2) COASTAL (0,1:1:1,4) and 3) SUB-ANTARTIC (12:1:2,2). These systems are in correspondence with: 1) Estuarine waters of the Río de la Plata river; 2) Coastal waters of a Sub-Antartic origin, and 3) Continental shelf Sub-Antartic waters.

The influence of the Río de la Plata river is evident through a well-defined NNE direction that accounts for the fertilizing of the Northwestern end of the Estuarine System, where high superficial chlorophyll *a* concentrations (7,7 mg/m³) are noted, in association with a marked thermal and saline stratification. Phytoplankton production of the system is assumed to be regulated by the assimilable Nitrogen flow and by light penetration, while Silicate and Phosphate are in excess.

Silicate concentration is quite high ($> 40 \mu\text{M}$) and in fair correlation with salinity. However, Phosphate concentration (0,4 — 0,7 μM) is lower than could be expected from an estuarine system in physical-chemical equilibrium.

The Sub-Antartic System, characterized by high relative Nitrate concentrations, has its nucleus at the Southeastern end of the reviewed area, being its main source of Nitrogen. At this time of the year the system shows a high Nitrate ($> 12,0 \mu\text{M}$) and Phosphate ($> 1,0 \mu\text{M}$) availability, whereas that of Silicate ($< 5,0 \mu\text{M}$) is much lower. Highest chlorophyll *a* concentrations are not associated to its nucleus but rather to the Northern limit of its transition with the Coastal Systems, where 10,0 mg/m³ superficial concentration is recorded. The low temperature of these waters and the instability of the water column would seem to indicate a temporary delay in phytoplankton blooming.

The Coastal System occupies the largest portion of the reviewed area and is the poorest from a nutritional point of view, with the lowest absolute and relative Nitrate concentration ($< 1,0 \mu\text{M}$). However, Chlorophyll *a* concentration is relatively high at intermediate latitudes and deeper layers (10,0 mg/m³), where a large percentage of the Sub-Antartic type may be noted (2,3:1:2,4), thus assuming the System to be in the final stage of phytoplankton blooming.

The presence of Sub-Tropical coastal waters in only one station did not allow its characterization. Low Chlorophyll *a* concentrations were noted, in association with scarce concentration of nutrients and high Margalef index values.

INTRODUCCION

El área común Argentino-Uruguaya es un sistema hidrográfico sumamente complejo en el que confluyen masas de agua de diversos orígenes, produciendo sistemas frontales de gran variabilidad espacio-temporal y elevada productividad biológica, siendo el "hábitat" invernal de la anchoíta (*Engraulis anchoita*) y principal área de su desove primaveral (Ciechowski, et al., 1979).

En el sector costero, la descarga del Río de la Plata, y en menor extensión de la Laguna de Los Patos, en su mezcla con las aguas costeras originan un sistema frontal característico de un estuario. Aunque el flujo principal del Río de la Plata, presenta un arribamiento NNE, siguiendo la línea de la costa uruguaya (Lusquiños, 1969; Brandhorst y Castello, 1971, Castello y Müller, 1977; Hubold, 1980a; Lusquiños y Figueroa, MS), se han observado importantes fluctuaciones del mismo (Brandhorst y Castello, 1971). Periódicamente, la descarga del río, fluyendo desde cabo San Antonio se extiende a la región costera de la Provincia de Buenos Aires (Lusquiños, 1968; Lusquiños, 1969; Lusquiños,

1971; Carreto et al., 1982) habiéndose observado en la región costera de Mar del Plata fluctuaciones de salinidad comprendidas entre 33,45 ‰ y 34,10 ‰ (Carreto, 1968). Ocasionalmente su influencia se extiende sobre el talud hasta encontrarse con aguas subtropicales (Lusquiños, 1968) o se presenta aislada de su desembocadura, al norte de la costa uruguaya (Lusquiños, 1968; Lusquiños, 1969).

En el sector distal de la plataforma, las aguas subantárticas puras de la Corriente de Malvinas convergen con las aguas de la Corriente de Brasil originando fuertes discontinuidades en las propiedades físico-químicas del área. La zona de encuentro es considerada como el extremo oeste de la Convergencia Subtropical del Atlántico Sur (Deacon, 1937).

La dinámica de este frente es sumamente compleja, habiéndose observado fluctuaciones meridionales de la Corriente de Brasil (38° LS - 46° LS) con un escalor de tiempo de alrededor de dos meses (Legeckis y Gordon, 1982).

Otras discontinuidades menos marcadas se originan en el encuentro de las Aguas Subtropicales con las Aguas Subantárticas de Plataforma, y de estas últimas con el extremo oeste de la Corriente de Malvinas.

La elevada productividad biológica del área puede asociarse al flujo de nutrientes que origina la descarga del Río de la Plata (Meneghetti, 1973; Texeira, 1973; Castello y Müller, 1977; Hubold, 1980a) y especialmente al aporte que realizan las aguas Subantárticas de la Corriente de Malvinas (Mandelli y Orlando, 1966; Brandhorst y Castello, 1971). Sin embargo, una elevada disponibilidad de nutrientes no es condición suficiente para producir grandes florecimientos fitoplanctónicos. Concentración de metales y sustancias quelnates (Sunda et al., 1981), vitaminas, y otros factores de crecimiento (Bougis, 1976) temperatura (Eppley, 1972), estabilidad de la masa de agua (Pingree et al., 1975) y especialmente la proporción adecuada de cada variable, determinan la duración e intensidad del crecimiento fitoplanctónico. La combinación de altas concentraciones de nutrientes con escasa turbulencia, sólo se presenta en el mar en situaciones transitorias o asociadas a sistemas frontales (Margalef, 1978) como los que caracterizan esta área.

En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos en la campaña (Fig. Nº 1) de primavera realizada por el BIP "Dr. Holmberg" (H-

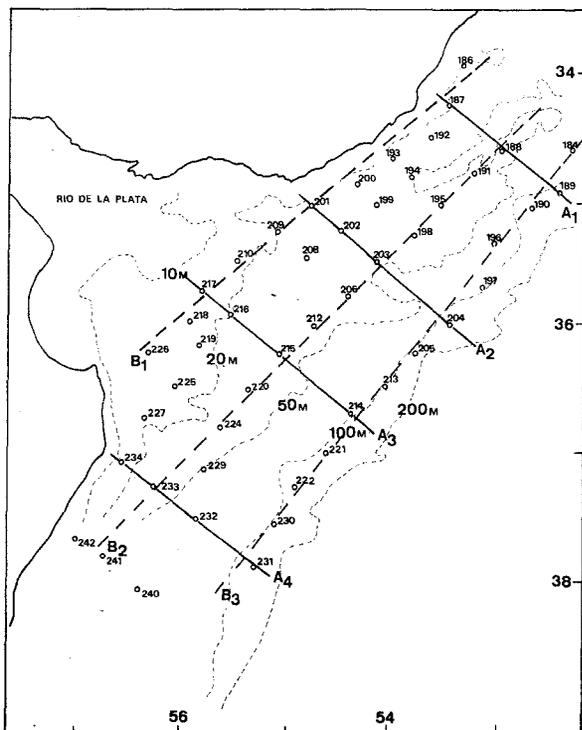


FIG. 1: Ubicación del área de estudio y distribución general de las estaciones de la campaña H-04/82.

04/82; 11-27 de octubre de 1982) en la que se estudió la distribución de temperatura, salinidad, concentración de nutrientes (NO_3^- ; PO_4^{3-} y SiO_4^{2-}) y clorofila *a*. En el mismo, se ensaya la posibilidad de utilizar las proporciones entre los nutrientes analizados ($\text{NO}_3^- : \text{PO}_4^{3-} : \text{SiO}_4^{2-}$) para caracterizar tres sistemas, asociando la distribución de clorofila *a*, con las características nutritivas de los mismos.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras fueron colectadas con botellas reversibles, del tipo no tóxicas, para la determinación de clorofilas. La determinación de nutrientes se realizó en el laboratorio, conservándose las muestras a -20°C , por medio de un autoanalizador (AA Technicon TM) siguiendo los detalles de técnicas decriptas en Grasshoff (1976).

La determinación de pigmentos fotosintetizadores se realizó por espectrofotometría, utilizándose para los cálculos de los diversos pigmentos las ecuaciones de SCOR-UNESCO (1966).

RESULTADOS

1. DISTRIBUCION DE TEMPERATURA Y SALINIDAD

La distribución de temperatura (Fig. Nº 2) y salinidad (Fig. Nº 3) y el diagrama TS conjunto para todas las profundidades de las estaciones estudiadas (Fig. Nº 4) indica que la mayor parte del área considerada está cubierta por aguas de origen subantártico, que de acuerdo a ciertas características particulares pueden clasificarse en varios subtipos (Lusquiños, 1969).

a) **Agua de Platatorma de Origen Subantártico.** Estas aguas presentan valores de temperatura y salinidad comprendidos dentro de los límites establecidos por Thompsen (1962) para las Aguas Subantárticas, pero presentan notables modificaciones respecto a las *Aguas Subantárticas Puras* transportadas por la Corriente de Malvinas, que se manifiesta por un *aumento de temperatura* y una *disminución de salinidad*. Se ha señalado, que

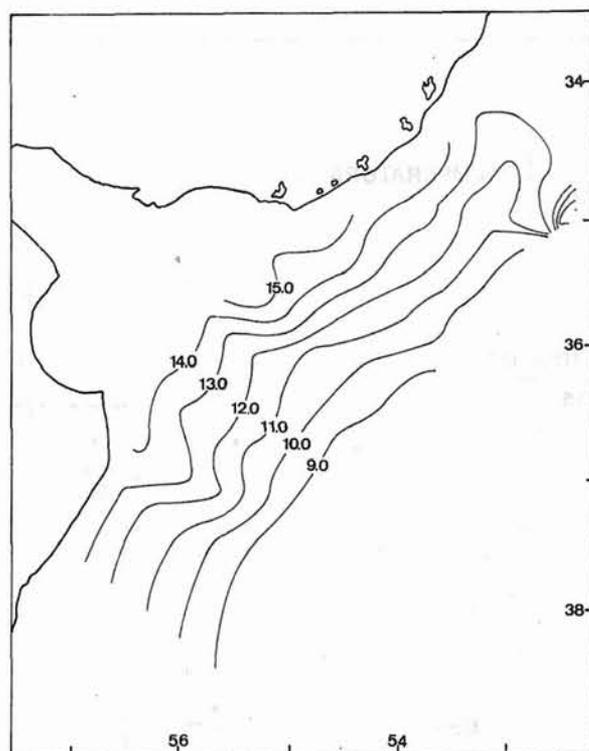


FIG. 2: Distribución superficial de temperatura ($^\circ\text{C}$).

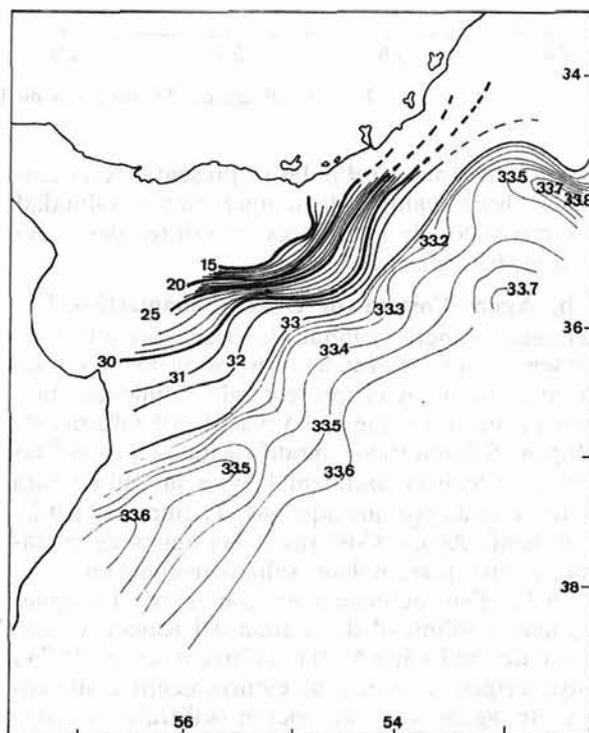


FIG. 3: Distribución superficial de salinidad (‰).

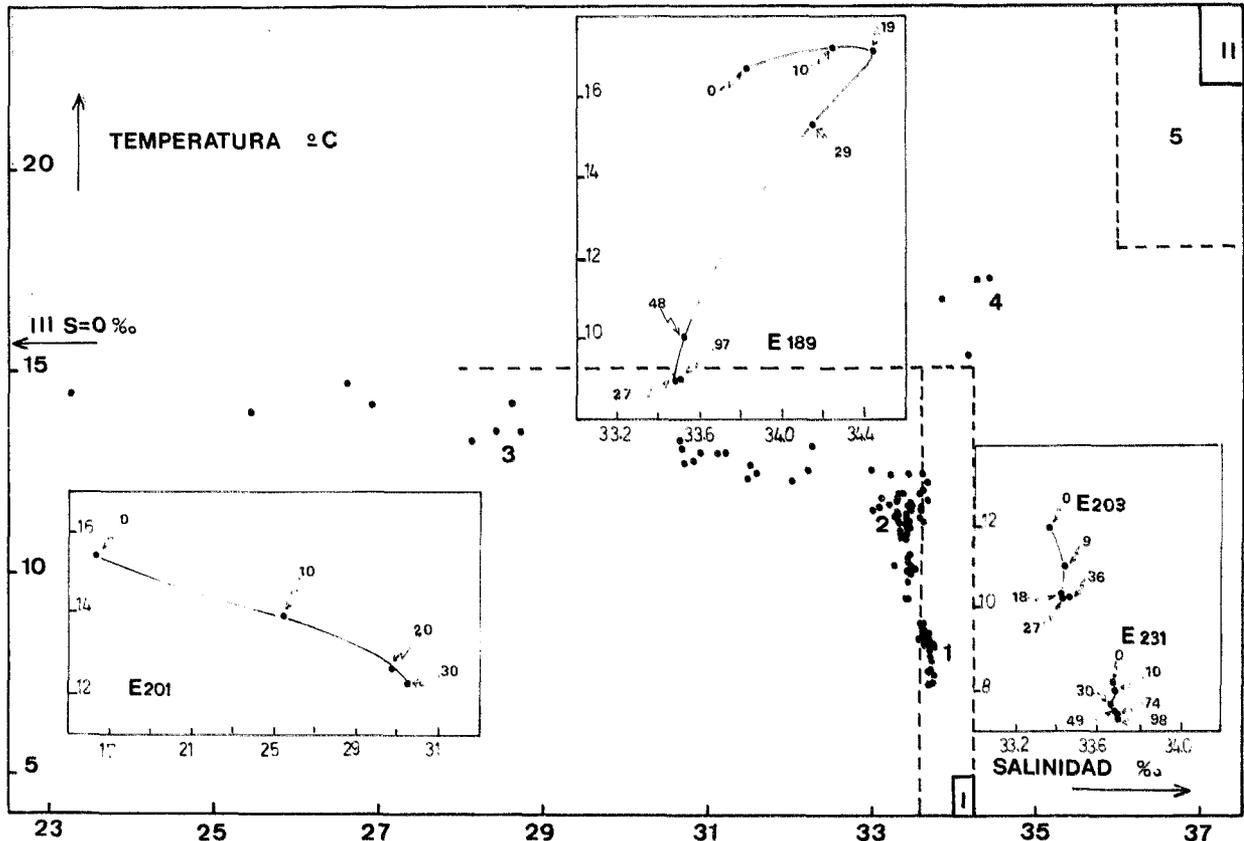


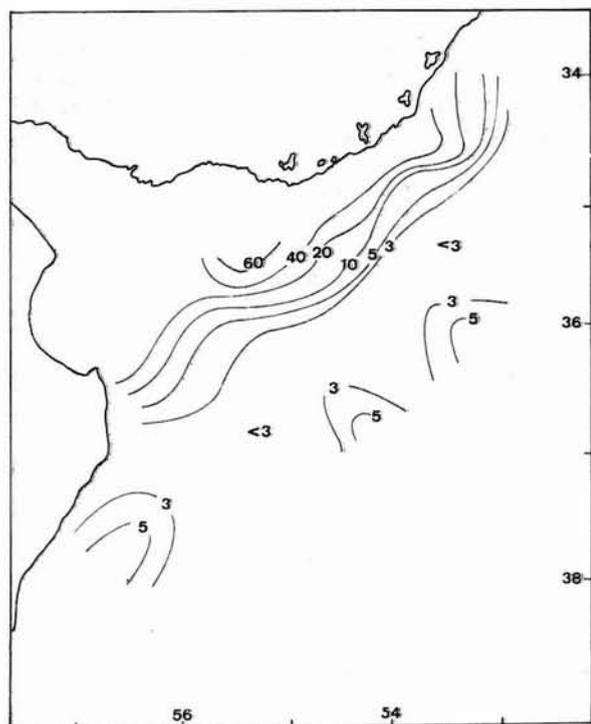
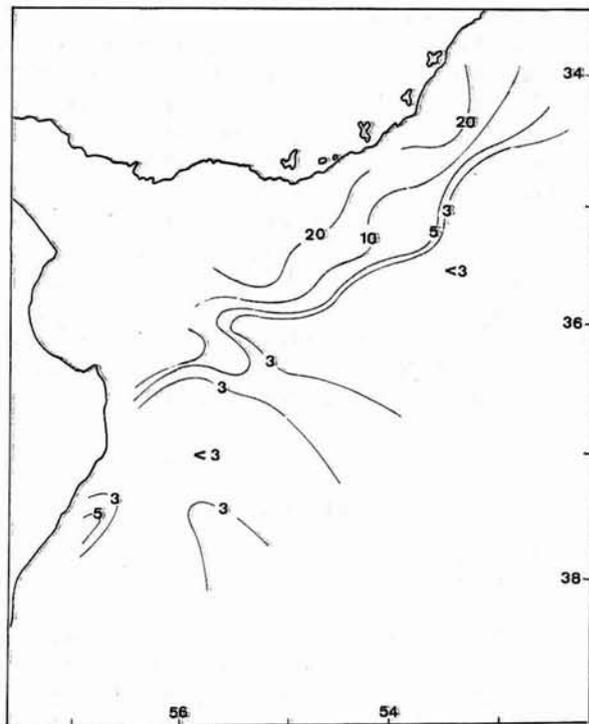
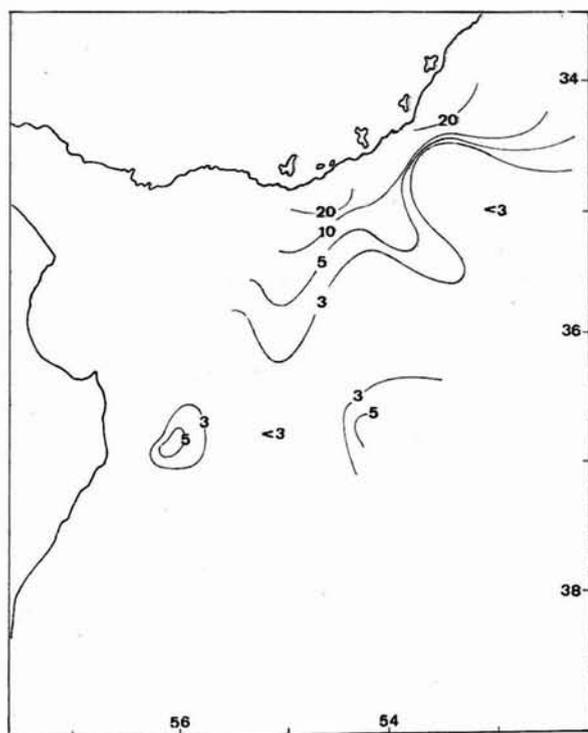
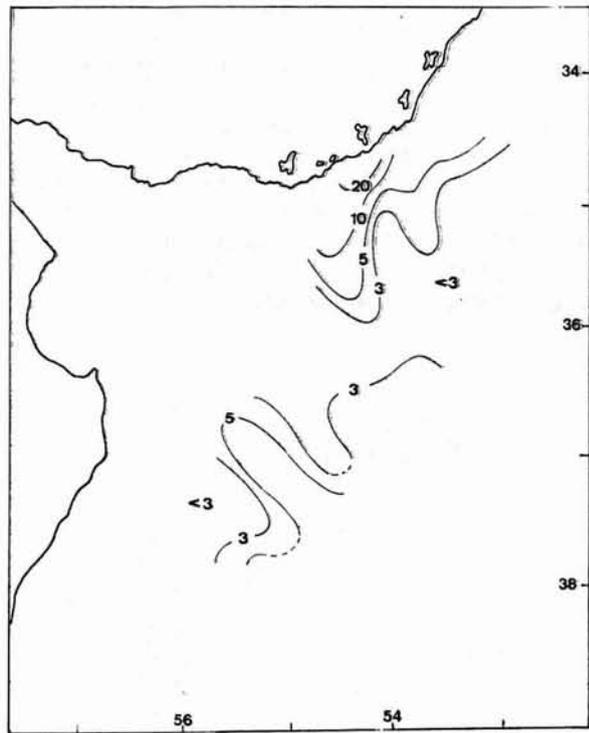
FIG. 4: Diagrama TS conjunto de las estaciones de la campaña H-04/82.

en sus capas más profundas se presenta cierta tendencia hacia valores de temperatura y salinidad característicos de los niveles superiores del Agua Intermedia Antártica.

b) **Aguas Costeras de Origen Subantártico.** Estas aguas someras aunque de origen subantártico, presentan una profunda transformación en toda la columna de agua, presentando salinidades mayores o menores que las Aguas de Plataforma de Origen Subantártico, modificaciones producidas por la influencia continental, pero su temperatura siempre es mayor que aquéllas. Thompsen (1962) denominó Aguas Costeras a las aguas de plataforma que presentaban salinidades menores de 33,6 ‰. Esta definición no comprende las aguas de mayor salinidad de la zona del Rincón y zona norte del golfo San Matías (Carreto, et al., 1974) cuyo origen se asocia al escurrimiento continental de aguas que atraviesan salitrales y cuya descarga incrementa la salinidad a valores superiores a 34,00 ‰ en cercanías de la costa, lle-

gando ocasionalmente hasta Mar del Plata (Carreto, 1968). En el área estudiada la principal modificación es la disminución de salinidad originada por el efecto diluyente del Río de la Plata, pero a diferencia de las aguas estuariales la distribución vertical de temperatura y salinidad es muy homogénea, lo que sugiere un mayor período de mezcla. En el extremo suroeste se evidencia también sobre la costa la influencia de las aguas de mayor salinidad originadas en el Rincón.

c) **Aguas estuariales del Río de La Plata.** Estas aguas se producen por la mezcla de las Aguas del Río de la Plata, con las Aguas Costeras de Origen Subantártico y quedan definidas en el diagrama TS (Fig. N° 4) por la recta comprendida entre salinidades de 0 ‰ y 33,0 ‰ y temperaturas, para esta época del año, entre 13,0°C y 16°C. Una característica que las diferencia con las anteriores, es la elevada estratificación térmica y salina así como los elevados gradientes horizontales con que se distribuyen dichas propiedades, que en con-

FIG. 5a: Distribución superficial de silicatos (μM).FIG. 5b: Distribución de silicatos (μM) a 10 mts.FIG. 5c: Distribución de silicatos (μM) a 20 mts.FIG. 5d: Distribución de silicatos (μM) a 30 mts.

junto indican fenómenos de mezcla actual. Como luego se discutirá, las características nutritivas de estas aguas son muy diferentes a las de las aguas costeras y constituyen otro criterio diferencial. Un cuarto tipo de aguas, que sólo se evidencia en la estación Nº 169, muestra una importante influencia subtropical. Aunque presenta elevados valores de temperatura y salinidad, no puede considerarse como Agua Subtropical pura ya que la tendencia del diagrama TS indica su formación como resultado de la mezcla de Aguas Subtropicales con las Aguas Costeras de Origen Subantártico y caerían por lo tanto dentro de la categoría de Aguas Costeras Subtropicales.

2. DISTRIBUCION DE NUTRIENTES

2.1. Distribución de silicatos

En las figuras Nº 5a, 5b, 5c, y 5d se presenta la distribución horizontal de la concentración de silicatos en las profundidades de 0, 10, 20 y 30 m. En las mismas puede observarse que la concentración de este nutriente es muy elevada en la capa superficial adyacente a la zona central y norte de la desembocadura del Río de la Plata (Est. Nº 210 : $63,7 \mu\text{M}$) así como en la franja costera de la plataforma uruguaya en la que se encontraron concentraciones mayores de $40,0 \mu\text{M}$. A partir de esa franja, a medida que nos alejamos de la costa, se observa un fuerte gradiente de concentración, representado en las figuras mencionadas por isolíneas consecutivas decrecientes, que alcanzan en pocas millas valores de $5,0 \mu\text{M}$. En la zona central de la plataforma, las concentraciones de silicatos son menores de $3,0 \mu\text{M}$ evidenciándose un leve incremento de las mismas ($5,0 - 8,0 \mu\text{M}$) tanto hacia el este, como hacia el extremo central sur analizado.

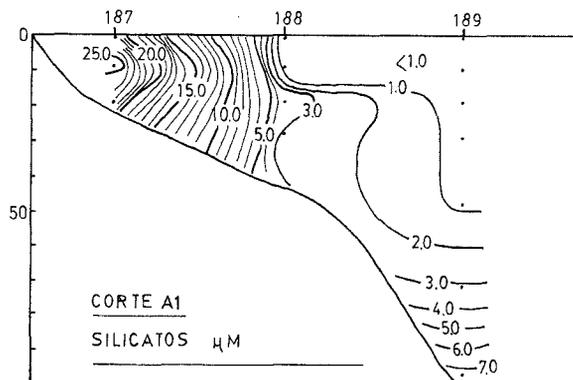


FIG. 6a: Distribución de silicatos en el corte A1.

Al analizar la distribución de este nutriente en las piernas A1, A2, A3 y A4 (Fig. 6a, 6b, 6c y 6d) resulta evidente que las mayores concentraciones de silicatos no se presentan en el eje del río (pierna A3), sino en el extremo norte de su desembocadura (pierna A2). También puede observarse que las concentraciones de silicatos en la estación costera de la pierna A1, son mucho mayores que las de la pierna correspondiente al extremo de la desembocadura del río (pierna A4.)

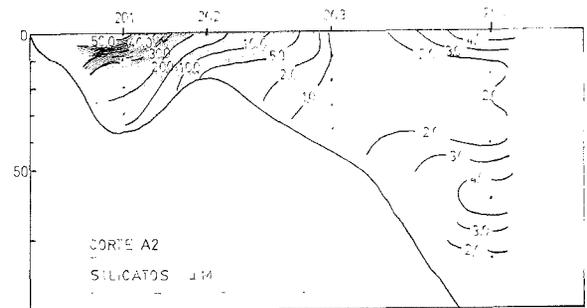


FIG. 6b: Distribución de silicatos en el corte A2.

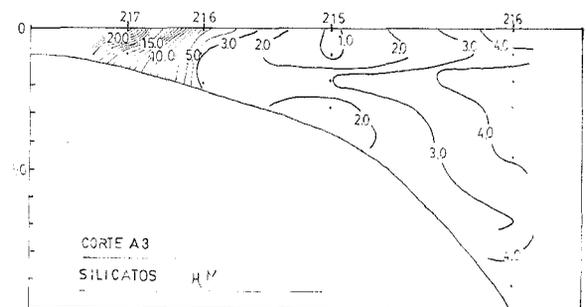


FIG. 6c: Distribución de silicatos en el corte A3.

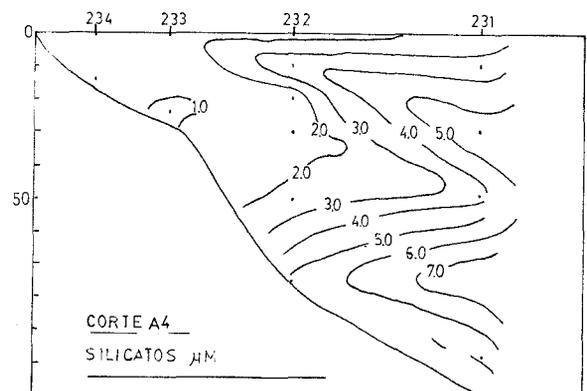


FIG. 6d: Distribución de silicatos en el corte A4.

Otro aspecto digno de mención es la diferencia que se observa en el sector más externo de la pierna A1 (Est. N° 189). Mientras que en las piernas A2, A3 y A4 se observa un mínimo de silicatos en el sector central, que se incrementa hacia el sector más externo, en la pierna A1 este mínimo de concentración ($1,0 \mu\text{M}$) incluye la estación más externa hasta la profundidad de 50 m en que se incrementa con la profundidad, siendo de $7,1 \mu\text{M}$ a los 100 m.

En la mayoría de los estuarios estudiados ha sido observada una relación lineal entre la concentración de silicatos y la salinidad (Liss, 1976). Para el estudio del Río de la Plata, esta correlación ha sido establecida por Moreira Da Silva y Aragno (1966). Aunque nuestros resultados son coincidentes con lo señalado, es dable destacar marcadas diferencias en los valores de las constantes halladas para la ecuación de la recta (Fig. N° 7). Diferencias estacionales en la carga del río y en la actividad biológica de los organismos, especialmente la elevada asimilación por el fitoplancton durante la primavera, podrían explicar estas diferencias.

De lo dicho resulta evidente que en la época en que se realizó esta campaña (Octubre de 1982) el Río de la Plata fluye preponderantemente en dirección NNE, a lo largo de la costa uruguaya,

a través de su rama principal, aportando a dicha zona importantes concentraciones de silicatos.

2.2. Distribución de nitratos

La distribución horizontal de la concentración de nitratos a las profundidades de 0, 10, 20 y 30 m se presentan en las figuras N° 8a, 8b, 8c y 8d, en las que puede observarse la existencia de una zona central de plataforma muy pobre en nitratos ($< 1,0 \mu\text{M}$).

Similarmente a lo observado para silicatos, la concentración de nitratos se incrementa tanto hacia el sector costero con influencia del Río de la Plata, como hacia el borde de la plataforma. En este caso sin embargo, las concentraciones observadas en la zona de influencia del Río de la Plata son relativamente pequeñas, si se las compara con las que presenta el estuario en su origen y la zona más externa de la plataforma. En general los valores superficiales son menores de $2,0 \mu\text{M}$ y contrariamente a lo señalado para la concentración de silicatos las concentraciones de este nutriente se incrementan con la profundidad (Fig. N° 9b), especialmente en las estaciones más profundas (Est. 100 y 201).

Las mayores concentraciones de nitratos corresponden a las estaciones situadas en la zona

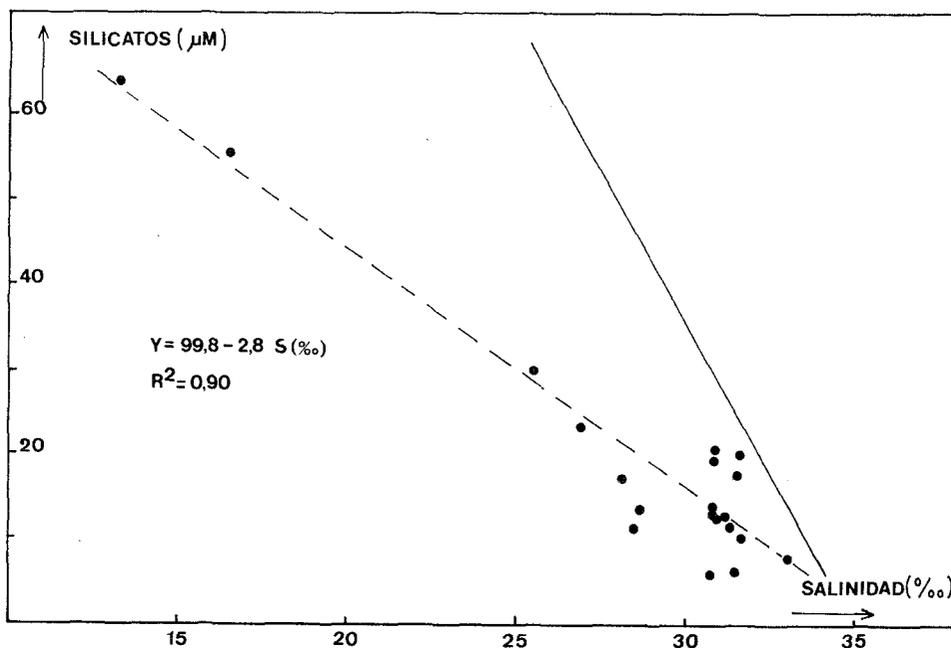
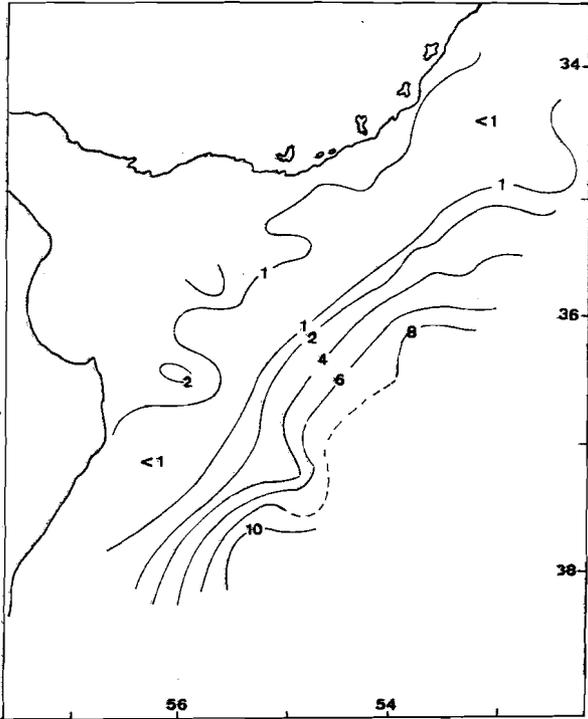
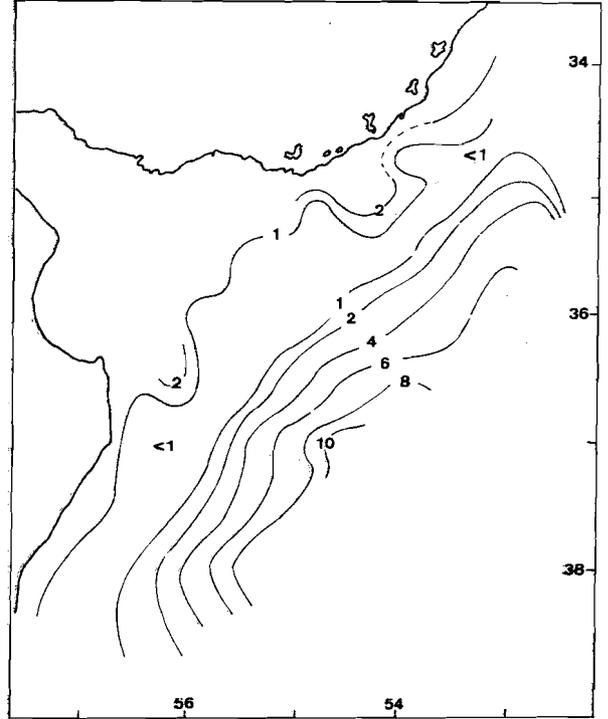
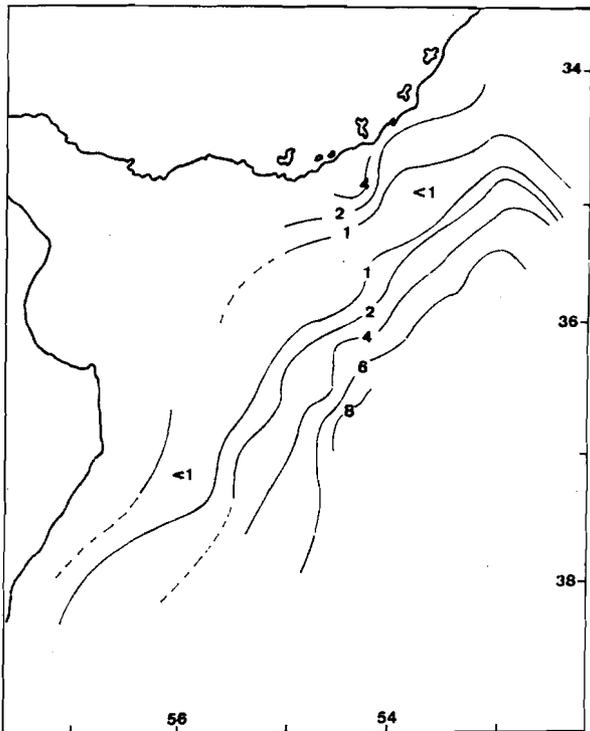
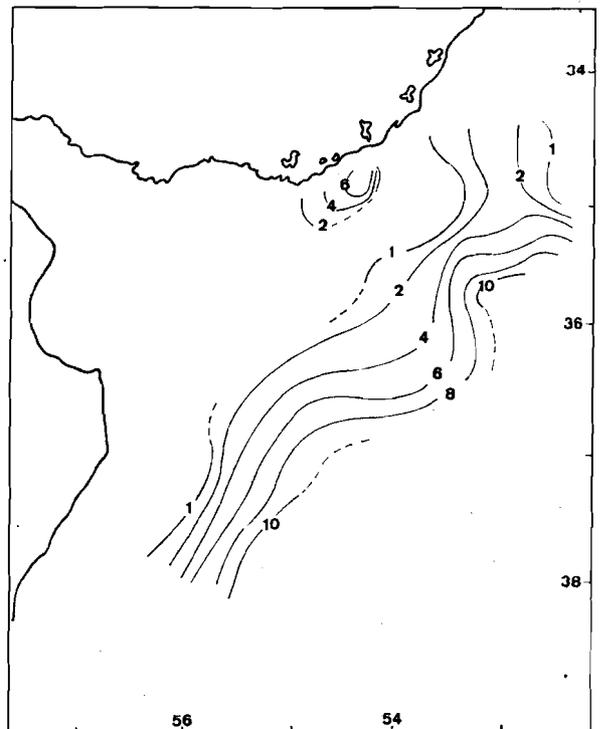


FIG. 7: Correlación silicatos vs. salinidad.

FIG. 8a: Distribución superficial de nitratos (μM).FIG. 8b: Distribución de nitratos (μM) a 10 mts.FIG. 8c: Distribución de nitratos (μM) a 20 mts.FIG. 8d: Distribución de nitratos (μM) a 30 mts.

más cercana al borde de la plataforma, siendo los valores observados característicos de las aguas subantárticas. La influencia de estas aguas ricas en nitratos tiene su máxima expresión superficial alrededor de los 38° LS, donde la estación N $^{\circ}$ 231 presenta una concentración de $12,6 \mu\text{M}$. Dicho valor disminuye en forma casi progresiva a medida que disminuye la latitud, siendo extremadamente baja en la estación más norteña (Est. N $^{\circ}$ 189) en que la concentración superficial es menor de $1,0 \mu\text{M}$.

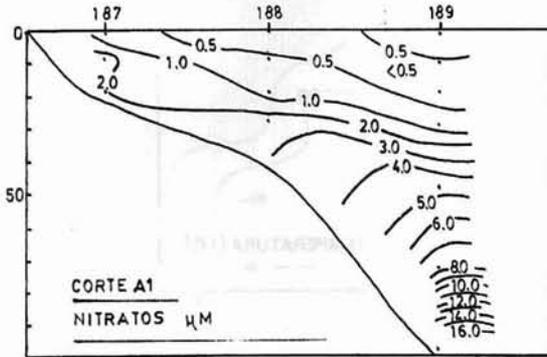


FIG. 9a: Distribución de nitratos en el corte A1.

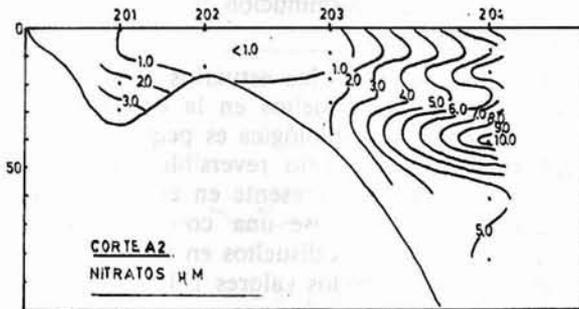


FIG. 9b: Distribución de nitratos en el corte A2.

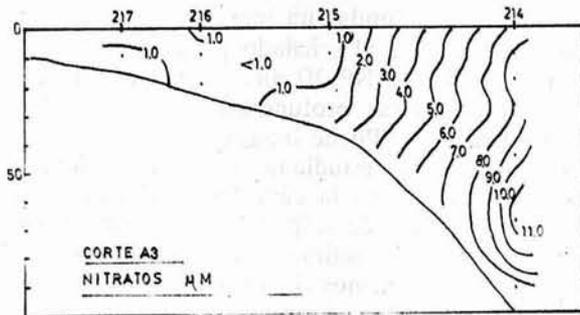


FIG. 9c: Distribución de nitratos en el corte A3.

La distribución de este nutriente en el plano vertical nos señala que en el extremo sur considerado (Est. N $^{\circ}$ 230 y 231) las concentraciones son elevadas y su distribución vertical es casi uniforme. En las estaciones centrales (Est. 205, 204) las concentraciones son aún elevadas en toda la columna de agua pero su distribución vertical es marcadamente irregular. Finalmente, la estación N $^{\circ}$ 189, presenta un notable gradiente de concentración, desde $0,72 \mu\text{M}$ en superficie, hasta $17,5 \mu\text{M}$ a los 100 m de profundidad. En las figuras N $^{\circ}$ 9a, 9b, 9c y 9d se presenta la distribución vertical de este nutriente en las cuatro piers consideradas.

Dado que la temperatura puede ser medida a través de sensores remotos abarcando en un escaso lapso un área muy extensa, se intentó establecer alguna correlación entre ésta y la concentración de nitratos. En la fig. N $^{\circ}$ 10 se observa que los valores obtenidos pueden agruparse en dos funciones exponenciales independientes.

Una de ellas, corresponde a la mayoría de los pares de valores correlacionados y se explica por la presencia de las aguas subantárticas de baja temperatura y elevada concentración de nitratos, que representa el mayor mecanismo de enriquecimiento del área. La segunda, según se hace notar, corresponde al sistema estuarial, donde en las estaciones más profundas (Est. 200 y 201) se observan concentraciones elevadas de nitratos. Este arreglo puede explicarse por la elevada turbidez y consecuente limitación de la penetración luminosa que impide a asimilación de nutrientes en capas relativamente superficiales (mayores de 10 m).

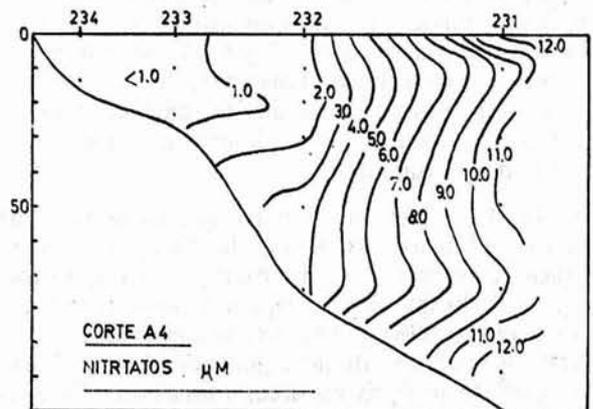


FIG. 9d: Distribución de nitratos en el corte A4.

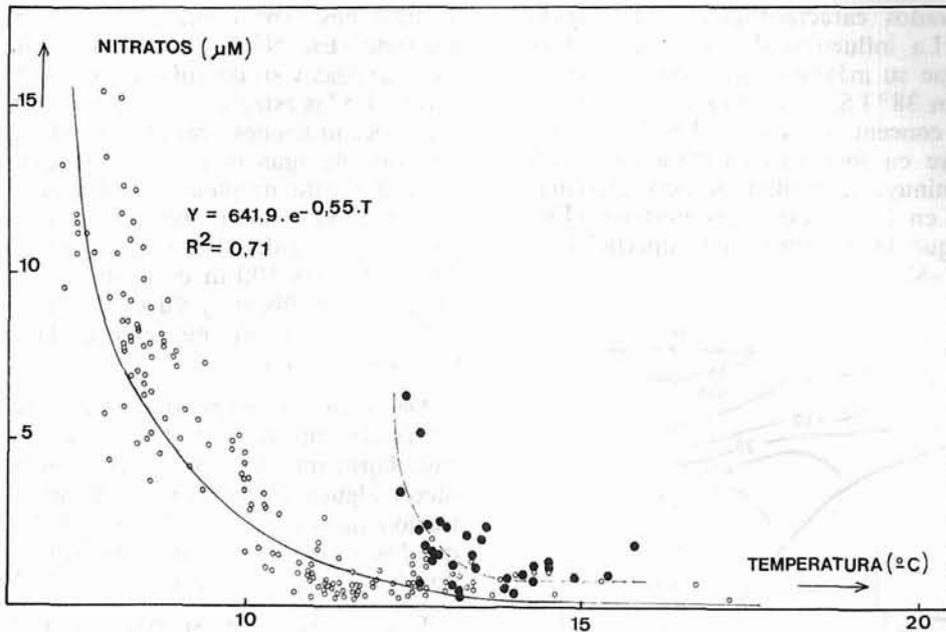


Fig. 10: Correlación nitratos vs. temperatura.

2.3. Distribución de fosfatos

En las figuras Nº 11a, 11b, 11c y 11d se representa la distribución horizontal de la concentración de fosfatos a las profundidades de 0, 10, 20 y 30 m.

En general, las concentraciones de este nutriente son relativamente elevadas en toda el área estudiada, especialmente si se las compara con las de nitratos anteriormente discutidas. La única excepción corresponde a las estaciones Nº 189 y 184, donde las concentraciones superficiales observadas fueron de 0,17 y 0,25 μM respectivamente. La distribución horizontal de este nutriente es algo más compleja que la señalada para los nitratos y silicatos, especialmente en superficie y 10 m de profundidad.

Resulta importante señalar que en la zona de mayor influencia del Río de la Plata, las concentraciones superficiales de fosfatos son mucho menores de lo que podría esperarse para el sistema. Esta observación podría explicarse si se consideran los mecanismos de regulación de la concentración de fosfatos en áreas estuarinas: 1) interacción de los fosfatos disueltos con los sedimentos y consecuente formación de un sistema regulador y 2) asimilación fitoplanctónica y conse-

cuento consumo y disminución de la concentración de este nutriente.

En la mayoría de los estuarios estudiados, el nivel de fosfatos disueltos en la época invernal en que la actividad biológica es pequeña, está regulado por el equilibrio reversible que se establece con el fosfato presente en el material particulado, manteniéndose una concentración casi constante de fosfatos disueltos en concentraciones comprendidas entre los valores 1,0 a 1,2 μM . Los valores observados en la capa superficial de la región estuarina estudiada, son mucho menores y están comprendidos entre 0,43 μM (Est. 209) y 0,70 μM (Est. 193), advirtiéndose en las estaciones más profundas un incremento con la profundidad similar al señalado para nitratos y que para la estación Nº 20 alcanza valores de 1,04 y 1,16 μM en las profundidades de 20 y 30 m respectivamente. Puede interpretarse por lo tanto, que en la época estudiada la actividad biológica del fitoplancton en la capa superficial es mayor que la velocidad de respuesta del sistema buffer, manteniendo este último el control de las capas más profundas menos iluminadas.

Una excepción a lo señalado lo constituyen las estaciones costeras cercanas al extremo sur de la desembocadura del Río de la Plata (Est. 226

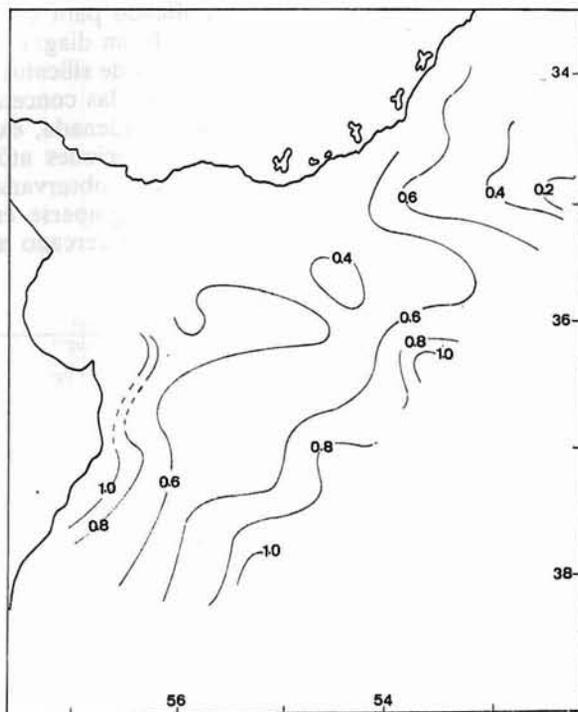


FIG. 11a: Distribución superficial de fosfatos (μM).

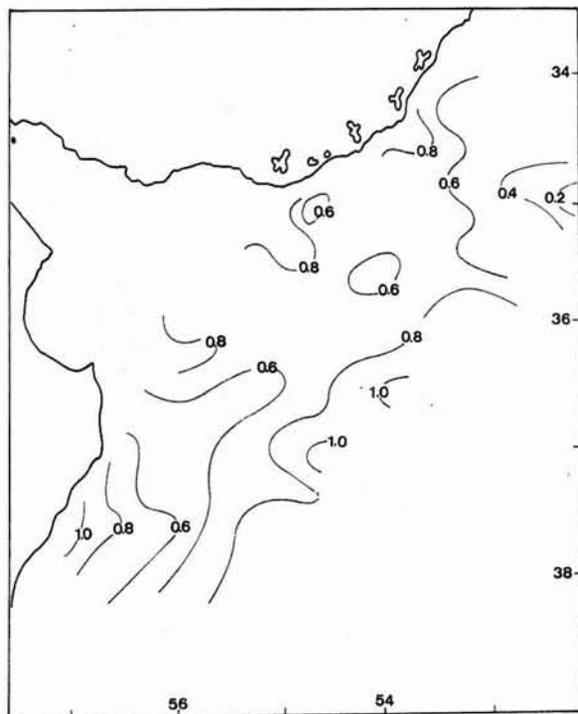


FIG. 11b: Distribución de fosfatos (μM) a 10 mts.

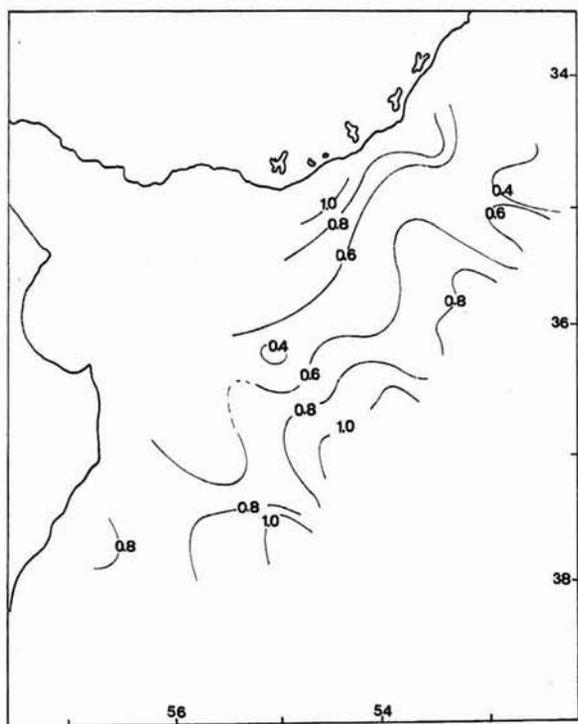


FIG. 11c: Distribución de fosfatos (μM) a 20 mts.

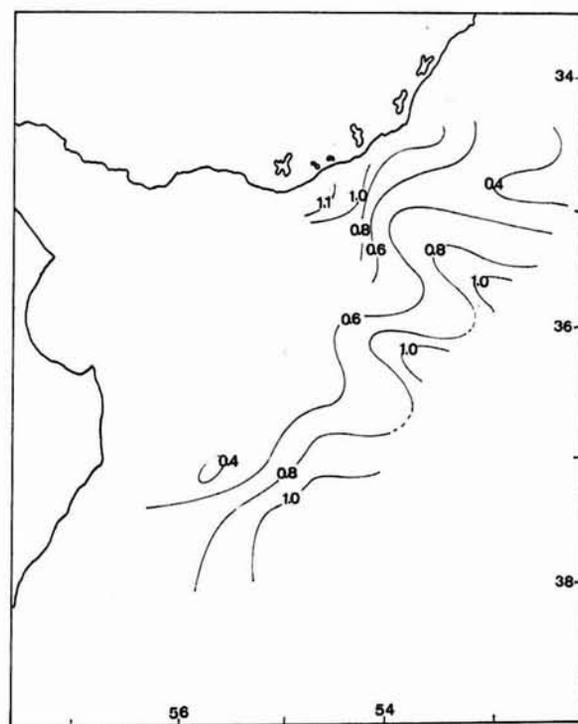


FIG. 11d: Distribución de fosfatos (μM) a 30 mts.

y Est. 234) donde las concentraciones superficiales de fosfatos son elevadas y cercanas al valor señalado para el sistema regulador: $1,04$ y $1,05 \mu\text{M}$ respectivamente.

Por lo demás, las concentraciones de fosfatos muestran una distribución (Fig. N° 12a, 12b, 12c y 12d) similar a lo expresado para los nitratos, evidenciándose la presencia de aguas ricas en fosfatos en el extremo sureste de la plataforma que alcanza su máxima expresión superficial en la estación N° 231 ($1,04 \mu\text{M}$) y que se manifiesta a niveles más profundos a medida que disminuye la latitud. Las menores concentraciones de fosfatos coinciden con elevados valores de salinidad ($34,40 \text{‰}$) y temperatura ($17,2^\circ \text{C}$) y nos informa de la presencia superficial de aguas subtropicales. A partir de esa profundidad la concentración de fosfatos se incrementa hasta alcanzar a los 100 m un valor de $1,33 \mu\text{M}$. En la zona central de plataforma las concentraciones de fosfatos son menores, aunque los valores observados son proporcionalmente más elevados que los señalados a nitratos.

3. PROPORCIONES RELATIVAS DE NUTRIENTES

Resulta interesante analizar las proporciones relativas de los distintos nutrientes determinados, ya que asumiendo que las poblaciones fitoplanctónicas asimilan dichos nutrientes en proporciones constantes y similares a su composición promedio (C:N:P = 106:16:1), las proporciones observadas nos pueden indicar el nutriente limitante del crecimiento fitoplanctónico, permitiendo estimar la evolución futura del ecosistema en estudio.

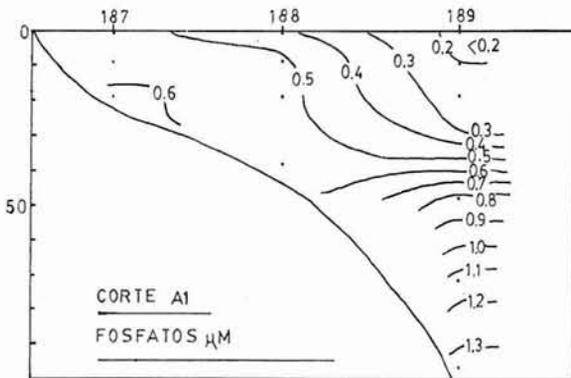


FIG. 12a: Distribución de fosfatos en el corte A1.

En la figura N° 13, se ha graficado para cada estación y profundidad, a manera de un diagrama TS, el cociente de las concentraciones de silicatos/fosfatos en la abscisa, y el cociente de las concentraciones de nitratos/fosfatos en la ordenada, expresando estos cocientes en concentraciones atómicas relativas. En la misma puede observarse que estos pares de valores pueden agruparse en dos rectas que confluyen en un punto cercano al

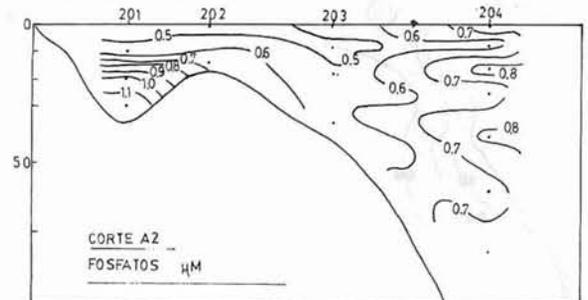


FIG. 12b: Distribución de fosfatos en el corte A2.

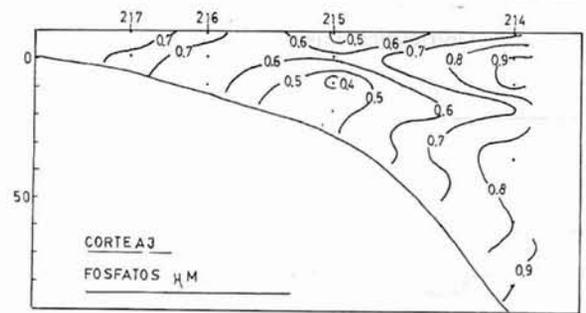


FIG. 12c: Distribución de fosfatos en el corte A3.

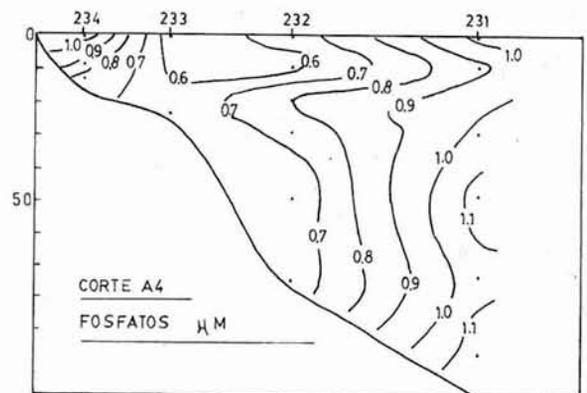


FIG. 12d: Distribución de fosfatos en el corte A4.

origen. Este punto de confluencia y los extremos de ambas rectas pueden interpretarse como "sistemas tipo" definidos por sus características nutritivas. Definimos así tres tipos (I, II y III) de aguas que se presentan en áreas bien delimitadas y que guardan correspondencia con: 1) Aguas Estuariales del Río de la Plata (Tipo I), 2) Aguas Costeras de Origen Subantártico (Tipo II) y 3) Aguas Subantárticas de Plataforma (Tipo III). Entre estos "Tipos" encontramos las mezclas I y II por un lado y de II y III por el otro. En la

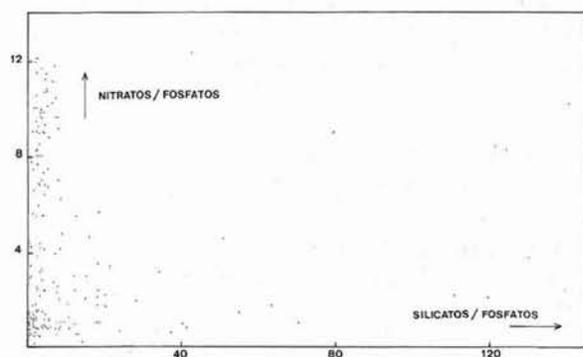


FIG. 13: Relación entre los cocientes de concentración (en átomos) $\text{NO}_3^-/\text{PO}_4^{3-}$ Vs. $\text{SiO}_3^{2-}/\text{PO}_4^{3-}$.

tabla Nº 1, se presentan los valores relativos de la concentración de nutrientes.

TABLA Nº 1: Proporciones de nutrientes para los sistemas tipo.

| TIPO I Razón | TIPO II Razón | TIPO III Razón |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| N : P : Si 2,5 : 1,0 : 139 | N : P : Si 1,0 : 1,0 : 1,4 | N : P : Si 12,1 : 1,0 : 2,2 |

Las aguas del estuario, presentan las mayores proporciones relativas de silicatos siendo las de nitratos relativamente bajas, en relación a la concentración de fosfatos tomada como unidad. Las aguas subantárticas que ocupan la región más cercana al borde de plataforma, presentan elevadas proporciones de nitratos, siendo las de silicatos, las menores del área considerada. Finalmente, en la zona central de la plataforma, las aguas costeras presentan las menores proporciones relativas de nitratos, siendo también pequeña su concen-

tración absoluta. La proporción de la concentración de silicatos es algo mayor que la correspondiente al área externa, pero sus concentraciones absolutas son las más pequeñas.

El triángulo de mezcla conformado con los tipos anteriormente definidos permitió calcular el porcentaje de cada sistema para todas las estaciones estudiadas. En las figuras Nº 14a, 14b y 14c se presentan las curvas de isoporcentajes, hasta el valor del 60%. Resulta claro que los núcleos de cada tipo señalado se presentan respectivamente en: 1) la región nor-noreste de la desembocadura del Río de la Plata (Tipo I), 2) en la región central (Tipo II) y 3) en la región este-sureste del área estudiada (Tipo III). También puede apreciarse que la mayor parte del área está cubierta por las aguas del tipo II.

El análisis realizado, como se indicó anteriormente, es congruente con la naturaleza de las aguas tipificadas por su temperatura y salinidad, ya que aunque los constituyentes utilizados no son de carácter conservativo, todo lo contrario, están sujetos a los procesos de asimilación y regeneración biológica, sus proporciones relativas parecen guardar cierta constancia (Redfield et al.,

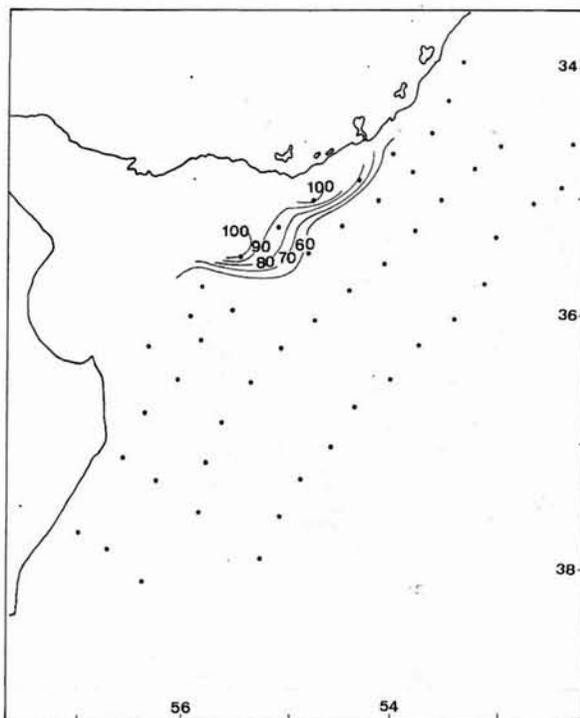


FIG. 14a: Isolíneas del porcentaje del sistema estuarial.

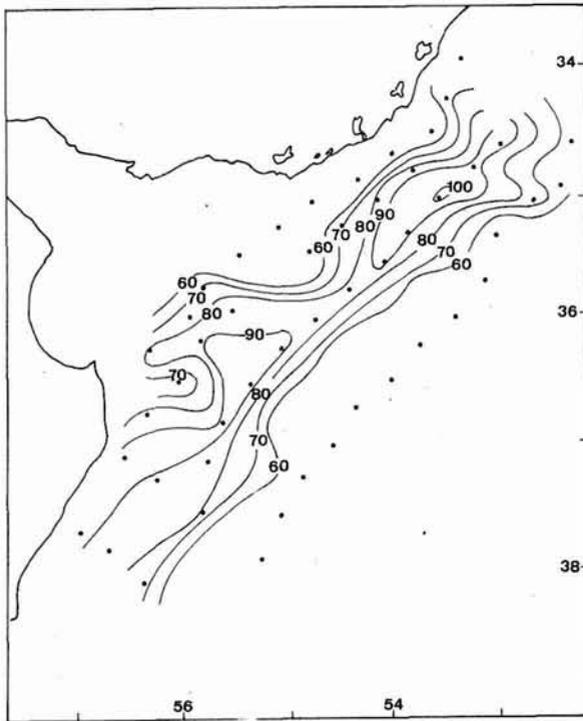


FIG. 14b: Isolíneas del porcentaje del sistema costero.

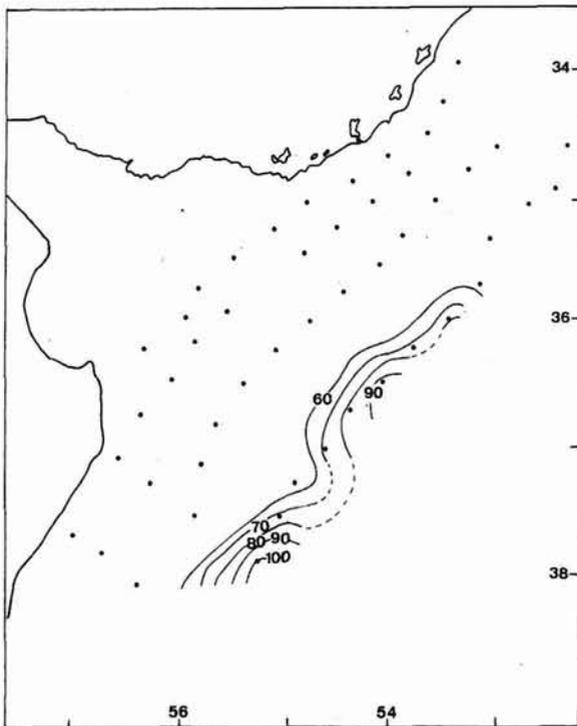


FIG. 14c: Isolíneas del porcentaje del sistema subártico.

1963). Cabe sin embargo señalar que la estación N° 189, presentando en los primeros 30 metros superficiales Aguas Costeras Subtropicales, no pudo separarse como unidad diferenciada por medio de este análisis y que las proporciones de nutrientes indicaron una afinidad del 64 % con las aguas definidas como tipo II. Los valores de concentración absoluta, sin embargo indican el origen de esas aguas.

La tipificación realizada, si bien es congruente con la definición de masas de agua, tiene otros alcances ya que supone la existencia de tres unidades ecológicas bien diferenciadas, por la disponibilidad relativa de nutrientes.

4. DISTRIBUCION DE LA CONCENTRACION DE CLOROFILA *a*

En las figuras N° 15a, 15b, 15c y 15d, se presenta la distribución horizontal de la concentración de clorofila *a* a las profundidades de 0, 10, 20 y 30 metros. En los mismos puede observarse que salvo unas pocas excepciones los valores obtenidos son mayores de $1,0 \text{ mg/m}^3$, alcanzándose en algunas estaciones concentraciones de $10,0 \text{ mg/m}^3$, lo que indica que nos encontramos en el desarrollo del "floreamiento" primaveral característico de esta región.

Si como se indica en las figuras mencionadas, agrupamos los valores obtenidos en rangos de concentración ($> 7,0 \text{ mg/m}^3$, $5,0 - 7,0 \text{ mg/m}^3$, $3,0 - 5,0 \text{ mg/m}^3$, $1,0 - 3,0 \text{ mg/m}^3$ y $< 1,0 \text{ mg/m}^3$), resulta evidente que en superficie existen dos áreas de máxima concentración, separadas entre sí por una zona intermedia con valores comprendidos entre $1,0$ y $3,0 \text{ mg/m}^3$. Los centros de mayor producción fitoplanctónica se presentan en: 1) el área costera con mayor influencia del Río de la Plata, que como señalamos corresponde a la zona norte de su desembocadura y 2) el sector centro-norte de la franja más cercana al borde de plataforma, que se extiende irregularmente hacia el centro de la misma.

En el área estuarial la concentración de clorofila *a*, alcanza valores de $7,7 \text{ mg/m}^3$ (Est. 210), mientras que en el sector más externo el valor más elevado corresponde al observado en las estaciones N° 190 ($9,7 \text{ mg/m}^3$). Ambos centros se encuentran rodeados de áreas que presentan concentraciones sucesivamente decrecientes en los rangos de $7,0$ a $5,0 \text{ mg/m}^3$ y de $5,0$ a $3,0 \text{ mg/m}^3$. Sepa-

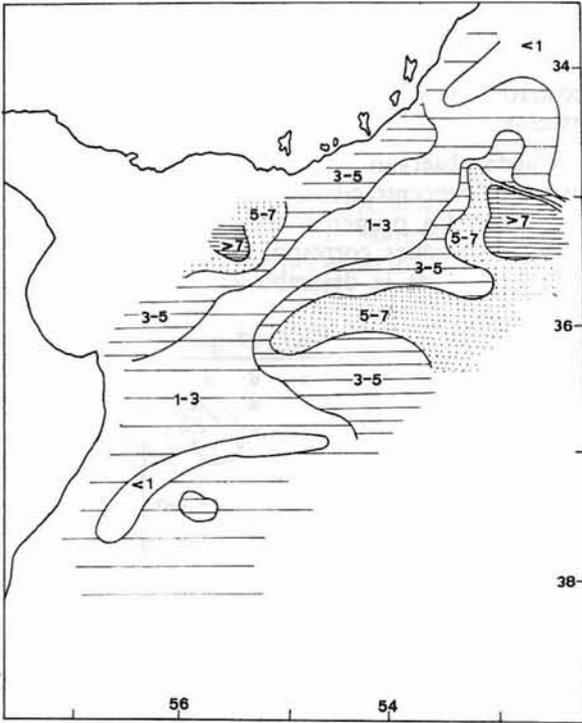


FIG. 15a: Distribución superficial de la concentración (mg/m³) de clorofila a.

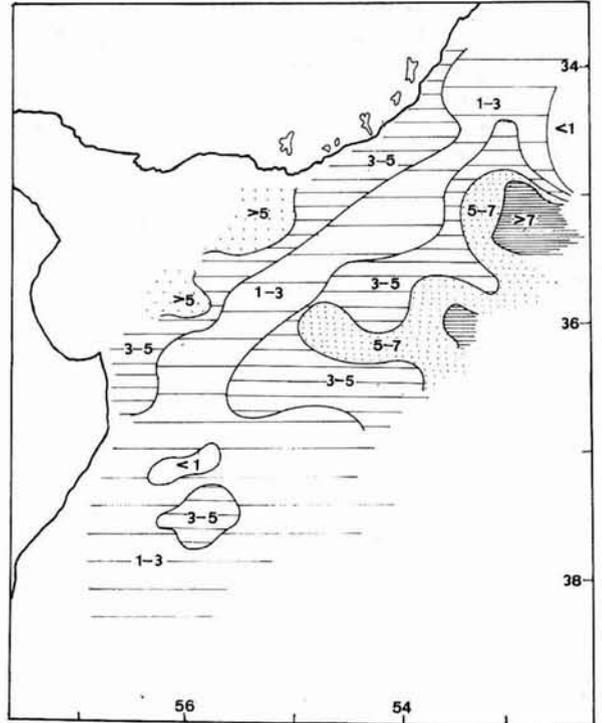


FIG. 15b: Distribución de la concentración (mg/m³) de clorofila a a 10 m.

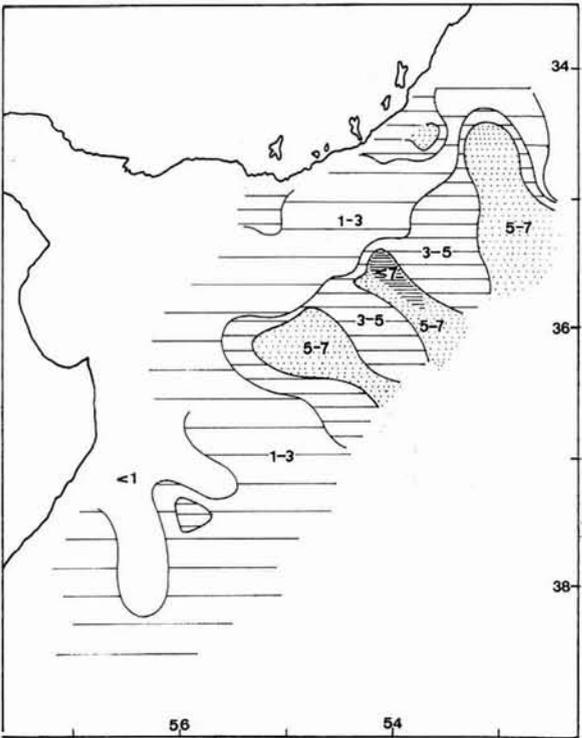


FIG. 15c: Distribución de la concentración (mg/m³) de clorofila a a 20 m.

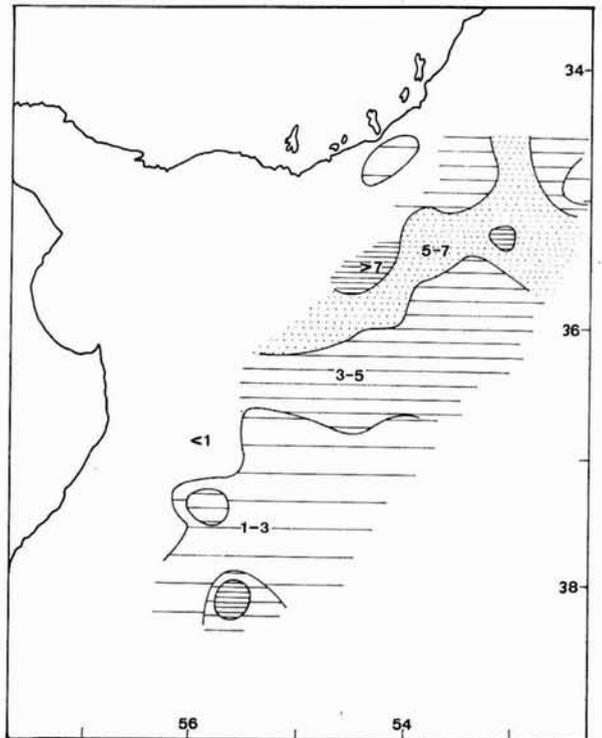


FIG. 15d: Distribución de la concentración (mg/m³) de clorofila a a 30 m.

rando ambos centros se presenta una zona intermedia con valores comprendidos entre 3,0 y 1,0 mg/m^3 , la que ocupa toda la plataforma a partir de los 37°LS . Finalmente, el área del sector norte que comprende a las estaciones N° 184, 189 y 187 y algunas estaciones del sector sur, presentan concentraciones menores de 1,0 mg/m^3 , correspondiendo los mínimos a las estaciones N° 184 y N° 189 (0,5 mg/m^3 y 0,3 mg/m^3 , respectivamente).

En las figuras N° 16a, 16b y 16c, se ha graficado la distribución vertical de clorofila en los perfiles B1, B2 y B3, correspondientes al sector costero, al centro de plataforma y a la región más externa.

Puede observarse que en el sector costero las mayores concentraciones de clorofila *a*, se presentan en los primeros diez metros superficiales de las estaciones correspondientes al sector central y norte de la desembocadura del Río de la

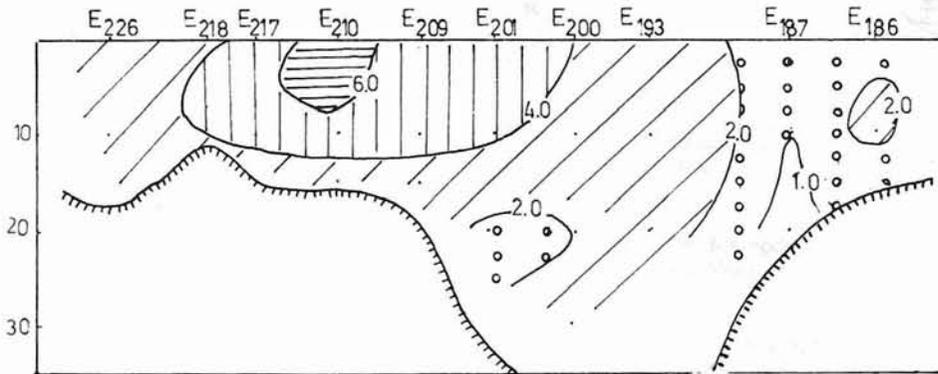


FIG. 16a: Distribución de la concentración (mg/m^3) de clorofila *a* en el corte B1.

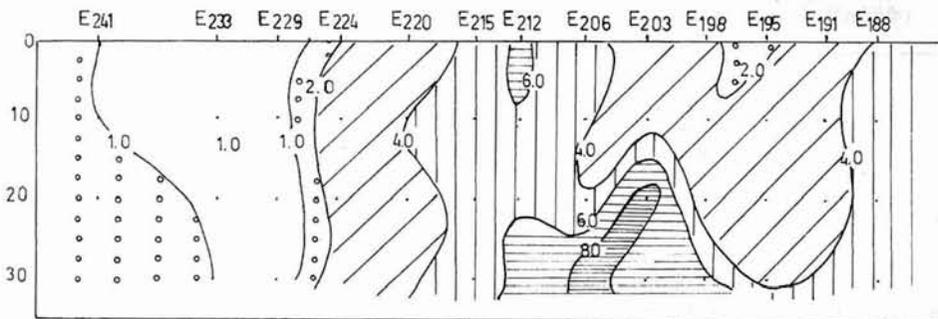


FIG. 16b: Distribución de la concentración (mg/m^3) de clorofila *a* en el corte B2.

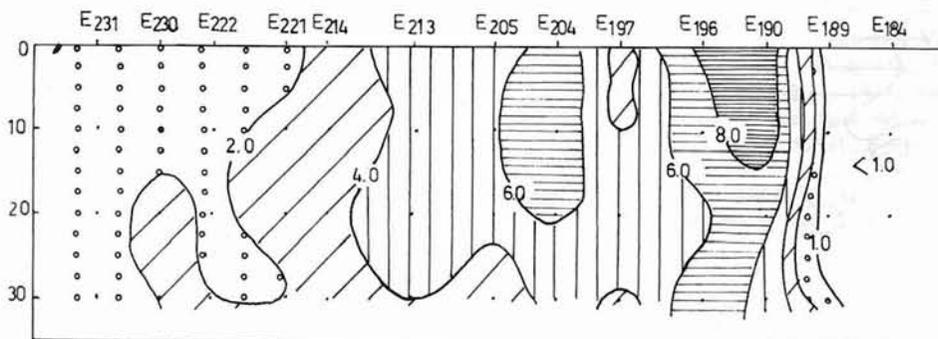


FIG. 16c: Distribución de la concentración (mg/m^3) de clorofila *a* en el corte B3.

Plata, disminuyendo con la profundidad y con la distancia, en ambos sentidos, al centro de alta producción observado en la estación con mayor influencia del Río de la Plata (Est. N° 210). Las menores concentraciones se observan en las estaciones situadas en el extremo norte del perfil, correspondiendo la mínima a la estación N° 187.

En la figura N° 17a, se presentan los valores calculados para el índice de Margalef correspondientes al sector costero (Perfil B1). Dicho índice

vo esta excepción, los elevados valores de biomasa fitoplanctónica están asociados con una elevada tasa de recambio.

En el sector central (Perfil B2), las mayores concentraciones de clorofila *a*, se presentan a latitudes intermedias y niveles más profundos. El máximo valor se detectó en la estación N° 203, a los veinte metros de profundidad (10,3 mg/m³) siguiendo en orden de importancia el valor hallado en la estación contigua (N° 206) a los

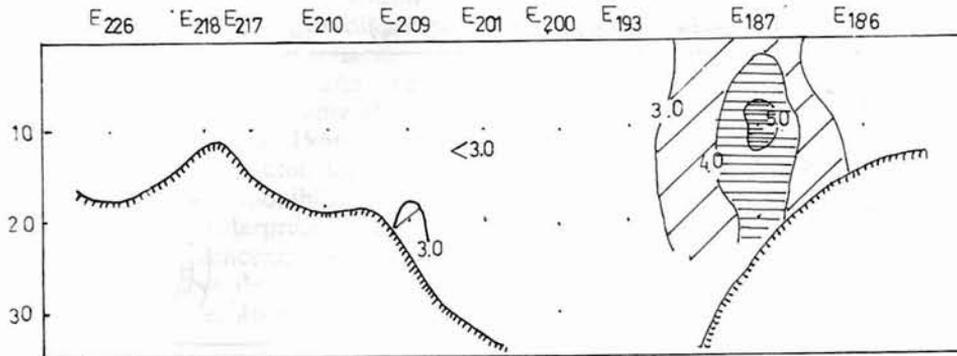


FIG. 17a: Distribución del índice de Margalef (A430/A663) en el corte B1.

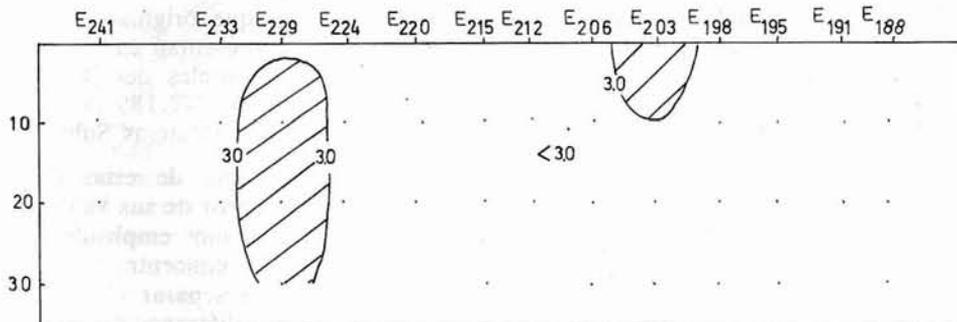


FIG. 17b: Distribución del índice de Margalef (A430/A663) en el corte B2.

ce (Abs. 430 nm/Abs. 663 nm) nos informa sobre el estado fisiológico de las poblaciones fitoplanctónicas, siendo muy elevada su tasa de recambio cuando los valores del mismo son menores de tres (2,2-3,0). Valores más elevados están relacionados con poblaciones menos activas, nutricionalmente limitadas, senescentes o francamente nos encontramos en presencia de detrito. En el sector costero, sólo la estación N° 187 presenta valores elevados de este índice, especialmente a las profundidades de diez (Abs. 430/Abs. 663 = 5) y veinte metros (Abs. 430/Abs. 663 = 4,2), por lo que podemos afirmar que sal-

treinta metros de profundidad (8,2 mg/m³). Superficialmente el valor máximo corresponde a la estación N° 212 (6,0 mg/m³), observándose en el perfil, una ligera disminución en sentido norte y muy marcada hacia el sur, en que se presentan concentraciones menores de 1,0 mg/m³. Es de hacer notar que en este sector del perfil la distribución vertical es casi uniforme, lo que contrasta con las estaciones centrales del mismo.

Los valores del índice de Margalef (Fig. N° 17b) nos indican que las poblaciones fitoplanctónicas son muy activas a excepción de la

estación N° 299 que también presenta las menores concentraciones de clorofila *a*.

En el perfil correspondiente a la zona más externa, las mayores concentraciones de clorofila *a* se presentan en superficie (Estaciones N° 196 y 190), aunque toda la columna de agua es muy rica en clorofila *a*. Contrastando con estas elevadas concentraciones de clorofila *a*, la estación adyacente (Est. 189) presenta los mínimos valores de concentración y los máximos del índice

tico ha sido definida como aquella que a pesar de presentar una modificación notable de la capa superficial, conserva en sus capas más profundas tendencia hacia valores de temperatura y salinidad características del Agua Intermedia Antártica, mientras que las Aguas Costeras de Origen Subantártico presentan una gran transformación en toda la columna de agua (Lusquiños, 1969). En esta área la mayor transformación de las Aguas Costeras tiene su origen en las Aguas del

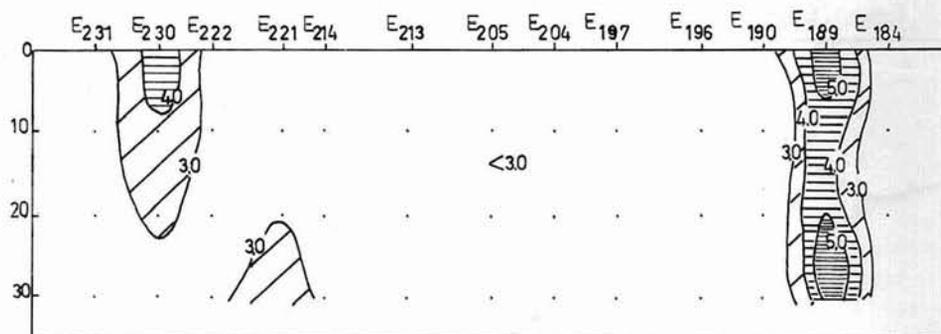


FIG. 17c: Distribución del índice de Margalef (A430/A663) en el corte B3.

de Margalef (Fig. N° 17c). Resulta evidente que estas aguas subtropicales presentan la menor productividad del área estudiada. En este perfil, puede observarse que la disminución de la concentración de clorofila *a*, desde la estación N° 190 hacia el sur es gradual, alcanzándose en el extremo del mismo valores comprendidos entre 1,0 y 2,0 mg/m³. La excepción a lo dicho se presenta en la estación N° 204, que presenta valores de 6,0 mg/m³ en los primeros veinte metros de profundidad. Como en el caso del perfil central, en las estaciones del extremo sur, se observan valores del índice de Margalef algo elevados (Est. 230 = 4,4).

Río de la Plata, que originan un sistema estuarial cuyas aguas presentan características particulares (Aguas Estuariales del Río de la Plata). Sólo en una estación N° 189 se ha observado la presencia de Aguas Costeras Subtropicales.

Independientemente de estas definiciones de masas de agua a partir de sus valores de temperatura y salinidad, hemos empleado las proporciones relativas de las concentraciones de nutrientes (en átomos), para separar el área estudiada en tres sistemas bien diferenciados por sus características nutritivas: 1) Sistema Estuarial; 2) Sistema Costero y 3) Sistema Subantártico.

El sistema estuarial es un típico sistema frontal en el que se presentan simultáneamente dos condiciones generalmente contrapuestas: relativa abundancia superficial de nutrientes y elevada estabilidad de la columna de agua. Estas condiciones se producen por el flujo superficial de las aguas del río que aportan al sistema los nutrientes esenciales para la producción del fitoplancton. En el período estudiado, el sistema presenta elevadas concentraciones absolutas y relativas de silicatos, siendo este nutriente un importante indicador de la influencia del río (Moreira da Silva y Aragón, 1966). Las concentraciones absolutas

DISCUSION

El área estudiada en esta campaña durante la primavera, está casi totalmente cubierta por aguas subantárticas que debido a transformaciones que las particularizan pueden dividirse en: 1) Agua de Plataforma de Origen Subantártico y 2) Agua Costera de Origen Subantártico (Lusquiños, 1969). El agua de plataforma de origen subantár-

de nitratos no son muy elevadas y su proporción con la concentración de fosfatos es también pequeña. Sin embargo dichos valores son mayores que los observados en el sistema costero adyacente, lo que indica la existencia de un importante flujo de nitrógeno. La producción fitoplanctónica de este sistema puede suponerse regulada por el flujo de nitrógeno, siendo excedente el aporte de silicio y fósforo. Las concentraciones de fosfatos sin embargo, no son muy elevadas y deben considerarse menores a las esperadas para un sistema estuarial en equilibrio físico-químico (Liss, 1976). Esta observación y las diferencias observadas en las constantes de correlación silicatos-salinidad para esta época del año (primavera) respecto de las obtenidas durante el invierno (Moreira da Silva y Aragno, 1966), indican la existencia de un elevado consumo biológico de nutrientes, regulado por la disponibilidad de luz y nitrógeno asimilable. Esta interpretación es coincidente con las elevadas concentraciones superficiales de clorofila *a* y tasa de renovación fitoplanctónica observadas en el área.

El máximo de clorofila *a*, se presenta en la superficie de la estación de menor salinidad, definida como "Tipo" del sistema estuarial, disminuyendo exponencialmente con el incremento del porcentaje de mezcla con el sistema costero (Fig. Nº 18a). Por lo contrario, las concentraciones sub-superficiales de clorofila *a*, muestran una correlación inversa (Fig. Nº 18b) relacionada probablemente con la penetración luminosa. La disminución de la concentración de clorofila *a* con la profundidad y el incremento paralelo de nutrientes en las estaciones más profundas —que para los fosfatos alcanza valores típicos del equilibrio físico-químico (Liss, 1976)— indican la existencia de una capa eufótica de poca extensión, limitada por la elevada turbidez que caracteriza a estas aguas estuariales.

Además de los aportes de nutrientes, la descarga del río aporta al sistema sustancias orgánicas disueltas, tales como vitaminas, hormonas, ácidos húmicos, fúlvicos, etc., cuya acción estimulante del crecimiento fitoplanctónico es bien conocida (Mankoura, 1981). Aunque su concentración no ha sido valorada puede suponerse en exceso a los requerimientos del sistema estuarial, y en un mayor escalar de tiempo capaz de enriquecer el sistema costero adyacente.

La elevada productividad observada en este sistema durante la primavera, es coincidente con

lo observado por otros autores que señalan concentraciones de clorofila *a* tan elevadas como 10,0 mg/m³ (S.H.N., 1968a), 28,0 mg/m³ (S.H.N., 1968c) y 22,4 mg/m³ (Hubold, 1980a).

Es conocido que en los estuarios relativamente profundos y térmicamente estabilizados, los ciclos anuales de la producción fitoplanctónica son similares a los descriptos para aguas costeras tem-

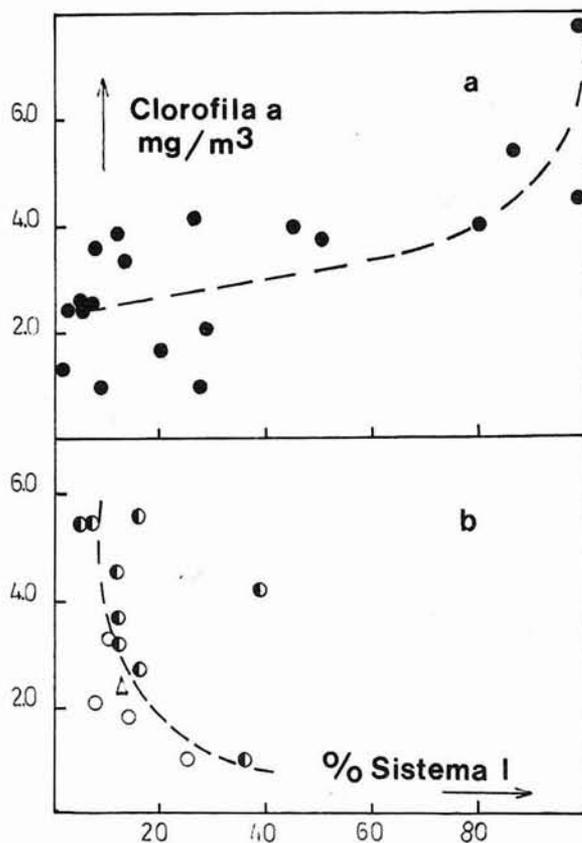


FIG. 18a y b: Correlación entre la concentración de clorofila *a* vs. porcentaje de mezcla de los sistemas I y II. a) superficie (●) y b) conjunto de profundidades (●); 10 m. (○) 20 m y (△) 30 m.

pladas, en las que se observa un ciclo bimodal con florecimientos durante la primavera y el otoño. En los estuarios de menor profundidad con elevadas velocidades de flujo y gran amplitud de mareas, suele observarse un solo florecimiento fitoplanctónico a mediados o fines del verano (Williams, 1980). Aunque los datos existentes son insuficientes para caracterizar el ciclo anual del fitoplancton en el sistema estuarial del Río de la Plata, puede suponerse bimodal con un máximo

floreCIMIENTO durante la primavera y un máximo secundario durante el otoño, ya que las concentraciones de clorofila *a* observadas durante el otoño han sido de 4,0 mg/m³ (Aksleman et al., M.S.), 5,7 mg/m³ (Carreto et al., R.S.P.) y 3,0 mg/m³ (Hubold, 1982b).

En el período estudiado, el flujo principal del Río de la Plata presenta un arrumbamiento NNE,

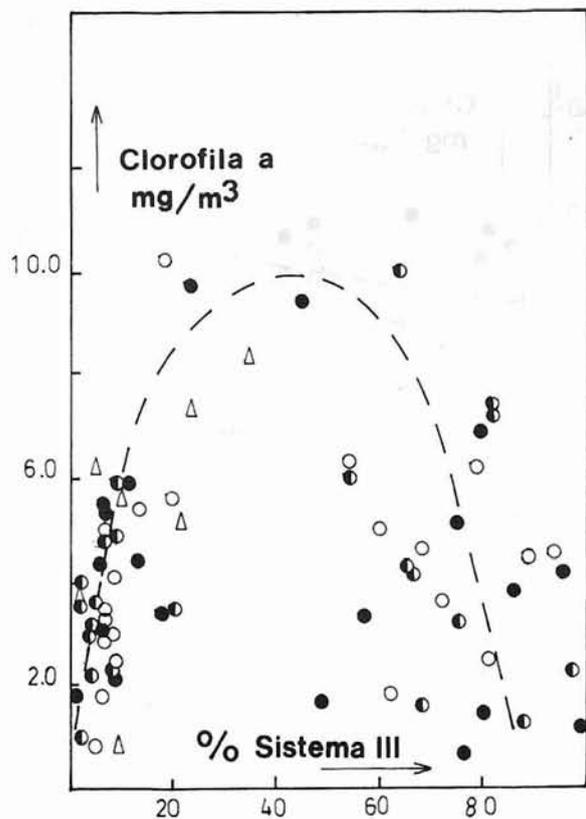


FIG. 19: Correlación entre la concentración de clorofila *a* vs. porcentaje de mezcla de los sistemas II y III. (●): superficie; (●): 10 m; (○): 20 m y (Δ): 30 m.

siguiendo la línea de la costa Uruguay, por la que el sistema estuarial aquí definido presenta su máximo desarrollo en esa área. Si bien ésta parece ser la dirección principal del flujo del río (Lusquiños, 1969; Brandhorst y Castello, 1971; Castello y Müller, 1977; Hubold, 1980a; Lusquiños y Figueroa, 1983), se han observado importantes fluctuaciones (Brandhorst y Castello, 1971; Lusquiños, 1968, 1969, 1971; Carreto et al., 1982; Akselman et al., 1983), que indican cierta variabilidad espacio temporal del sistema estuarial.

El sistema costero es por su dimensión el más importante del área estudiada y su núcleo se presenta en el centro de la misma cubriendo toda su extensión latitudinal. Sus Aguas Costeras son de origen subantártico (Lusquiños, 1969) aunque se encuentren profundamente modificadas, siendo notoria la disminución de salinidad producida por el efecto diluyente del Río de la Plata. A diferencia del sistema estuarial, el sistema costero no presenta una marcada estratificación térmica o salina, lo que indica un mayor tiempo de mezcla. Como sistema nutritivo es el más pobre de los considerados ya que las concentraciones de nitratos y silicatos son pequeñas siendo mucho mayor la proporción relativa de fosfatos (NO_3^- : PO_4^{3-} : SiO_3 0,1 : 1,0 : 1,4). La producción fito-

planctónica en este sistema costero, parece estar limitada por la disponibilidad de compuestos asimilables del nitrógeno (Carreto et al., 1982). Si tomamos las concentraciones de nutrientes observadas durante el invierno, como índice de la capacidad productiva total del sistema, podemos deducir que la misma —en ausencia de regeneración— es pequeña, siendo las concentraciones de nitratos del orden del 1,0 a 3,0 μM , y su proporción respecto a la concentración de fosfatos y silicatos del orden de 2,0 : 1,0 : 8,0 (S.H.N., 1968). Dado que las concentraciones de clorofila *a* observadas son relativamente elevadas, puede suponerse para el sistema, una situación temporal cercana a la culminación del florecimiento de primavera, ya que el estado fisiológico del fitoplancton no muestra signos de deficiencia nutritiva. Los máximos valores superficiales de clorofila *a* así como los integrados para la columna de agua no se presentan en el núcleo del sistema, sino en las estaciones (Nº 190 y Nº 196) donde la influencia del sistema subantártico (24 % y 45 %, respectivamente) implica un enriquecimiento de la mezcla con el nutriente que señalamos como limitante de la producción del sistema costero. En las estaciones centrales, la influencia de las aguas subantárticas sólo se manifiesta a mayores profundidades, donde también se observan elevadas concentraciones de clorofila *a*.

El sistema subantártico, presenta la máxima potencialidad productiva, observándose en su núcleo elevadas concentraciones de nutrientes en una proporción mejor balanceada y cercana a la proporción señalada por Redfield (1958) como "normal". Contrastando con esta disponibilidad nutritiva, la biomasa fitoplanctónica es relativamente

pequeña, si se la compara con la observada en la zona de transición con el sistema costero.

Del análisis de la Fig. Nº 19, resulta evidente la existencia de una clara correlación entre la concentración de clorofila *a* y los porcentajes de mezcla del sistema costero con el sistema subantártico, por lo que es válido suponer la existencia de aportes diferenciales de cada sistema, incapaces por sí mismos de sostener una elevada producción fitoplanctónica, que parece dependiente de la mezcla de ambos.

De lo discutido anteriormente puede afirmarse que el principal aporte del sistema subantártico a dicha mezcla está representado por los nitratos, ya que sus aguas son muy ricas en este nutriente y han sido estimados como limitantes para el sistema costero. Más difícil de definir o identificar es el aporte del sistema costero, ausente en las aguas subantárticas o la condición particular originada en la zona de transición. Diversos factores físicos tales como estabilidad de la masa de agua (Pingree y col. 1976), temperatura (Eppley, 1972), químicos (disponibilidad de otros micronutrientes) y aun biológicos, tales como el "precondicionamiento" (Barber y Ryther, 1969) de las aguas por productos ectócrinos de otras especies, pueden ser considerados alternativamente como factores concurrentes que expliquen la elevada producción característica de estas zonas de mezcla.

Es interesante mencionar, que en las aguas recién surgidas del sistema de afloramiento del Perú, muy ricas en nutrientes, con bajas concentraciones de carbono orgánico disuelto y por lo tanto ricas en ión cúprico, el crecimiento del fitoplancton, se incrementaba notablemente por agregado de EDTA o extractos de zooplancton capaces de complejar al ión cúprico, reduciendo su efecto tóxico. El efecto tóxico del cobre, en las aguas surgentes, puede ser revertido total o parcialmente por adiciones apropiadas de manganeso o hierro habiéndose interpretado que el ión cúprico puede ser un inhibidor competitivo en la nutrición del manganeso (Sunda et al., 1981).

Algunas observaciones coinciden en señalar la elevada productividad fitoplanctónica del flanco ceste de la Corriente de Malvinas, en relación con la que se observa en el seno de la misma (Brandhorst y Castello, 1971; Hubold, 1980; Roa et al., 1974) por lo que puede suponerse la existencia de un fenómeno de complementación nutricional.

Sin embargo, los elevados valores de clorofila

a (14,2 mg/m³) y de asimilación de ¹⁴C (1,0 gC/m²/día) observados por Mandelli y Orlando (1966) en el seno de la Corriente de Malvinas al comienzo de su estabilización, pareciera indicar lo contrario.

Las menores concentraciones de clorofila *a* observadas en el núcleo del Sistema Subantártico, en relación con las que presenta la zona de su

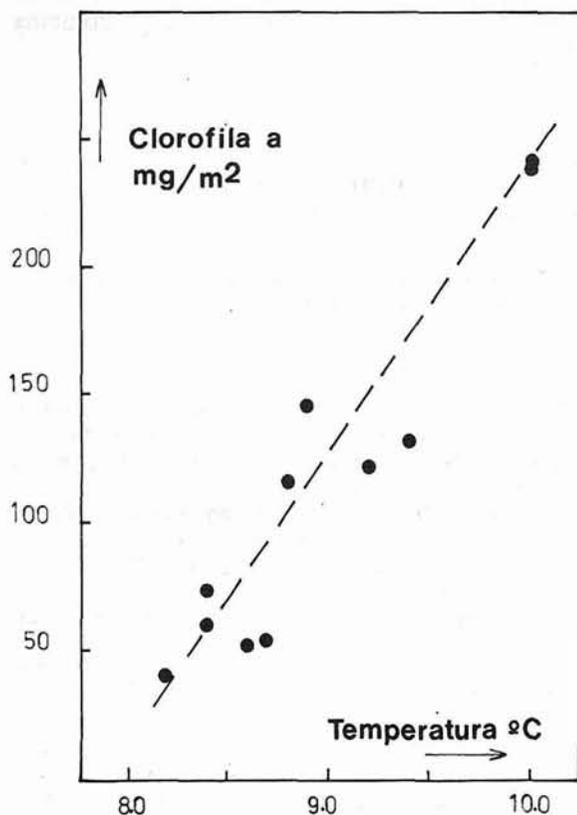


FIG. 20: Correlación entre la cantidad de clorofila *a* (mg/m²) con la temperatura superficial, en las estaciones del corte B3, pertenecientes al sistema subantártico.

mezcla con el Sistema Costero, podría estar determinado por el grado de estabilización de la columna de agua, ya que en este sistema la profundidad de la columna de agua es mayor que la profundidad crítica, y el florecimiento presenta un desplazamiento temporal como ha sido anteriormente señalado (Carreto et al., 1982). Los resultados obtenidos parecen apoyar esa hipótesis, ya que la cantidad de clorofila *a* por metro cuadrado que presentan las distintas estaciones del sistema subantártico parece ser una función lineal de la

temperatura superficial de dichas estaciones (Fig. 20), aunque las diferencias de temperatura observadas son pequeñas para suponer marcadas modificaciones de la velocidad de crecimiento del fitoplancton.

Puede concluirse por lo tanto, que en la zona de mezcla de los Sistemas Costero y Subantártico, el florecimiento fitoplanctónico detectado está determinado por el aporte de nitratos que realizan las ricas aguas subantárticas y las condiciones de mayor temperatura y estabilidad de la columna de agua.

BIBLIOGRAFIA

- AKSELMAN, R.; CARRETO, J. I.; LUSQUIÑOS, A. y RAMÍREZ, F. (MS). Hidrografía y plancton de la plataforma bonaerense, otoño de 1981.
- BARBER, R. J.; DUGDALE, R. L.; MAC ISAAC, J. J. y SMITH, R. L. 1971. Variations in phytoplankton growth associated with the source and conditioning of upwelling water. *Inv. Pesq.*, 35, 171-193.
- BOUGIS, P. 1976. Marine Plankton Ecology. North-Holland. Netherlands, 355 pp.
- BRANDHORST, W. y CASTELLO, J. P. 1971. Evolución de los recursos de anchoíta (*Engraulis anchoita*) frente a la Argentina y Uruguay. I. Las condiciones oceanográficas, síntesis del conocimiento actual sobre anchoíta y el plan para su evaluación. Proyecto Des. Pesq., Mar del Plata, Ser. Inf. Tec., (29), 63 pp.
- CARRETO, J. I. 1968. Variaciones de la biomasa fitoplanctónica en aguas costeras de Mar del Plata. FAO/CARPAS, Río de Janeiro. Doc. Tec. N° 34, 15 pp.
- CARRETO, J. I.; RAMÍREZ, F. C.; ROA, B. H. y VERONA, C. A. 1972. Plancton y condiciones ecológicas en las aguas de la plataforma bonaerense, frente a Mar del Plata. II. Campaña Transección II (julio 1972). Proyecto Des. Pesq. Mar del Plata, Doc. Inf. N° 30, 24 pp.
- CARRETO, J. I.; CASAL, A. B.; HINOJAL, A.; LÁBORDE, A. y VERONA, C. A. 1974. Fitoplancton, pigmentos y condiciones ecológicas del Golfo de San Matías. I/III. Anales Com. Invest. Cient., Prov. Bs. As., N° 10, 75 pp.
- CARRETO, J. I.; NEGRI, R. M. y BENAVIDES, H. R. 1982. Fitoplancton, pigmentos y nutrientes. Resultados Campañas III y VI del B/I "Shinkai Maru". 1978. En: ANGELESCU, V. (Ed.) Campañas de Investigación Pesquera realizadas en el Mar Argentino por los B/I "Shinkai Maru" y "Walter Herwig" y el B/P "Marburg". Años 1978 y 1979. Resultados de la Parte Argentina. Contr. INIDEP N° 383, 181-201.
- CASTELLO, J. P. y MÜLLER, Jr. O. O. 1977. Sobre as condições oceanográficas no Río Grande do Sul. Atlántica. Fund. Univ. Río Grande, 2: (2), 1-119.
- CIECHOMSKI, J. D. de; SÁNCHEZ, R. P.; EHRLICH, M. D. y LASTA, C. A. 1979. Distribución de huevos y larvas de anchoíta (*Engraulis anchoita*) en el Mar Argentino en diferentes épocas del año y evolución de sus efectivos de adultos desovantes. INIDEP, Contr. N° 379, 14 pp.
- DEACON, G. E. R. 1937. The hydrology of the Southern Ocean. Discovery Reports, Vol. XI, Cambridge, 1-124.
- EPPLEY, R. W. 1972. Temperature and phytoplankton growth in the sea. *Fish. Bull. (U.S.)* 70, 1063-1085.
- GRASSHOFF, K. 1976. Methods of sea water analysis. Verlag chemie, New York, 317 pp.
- HUBOLD, G. 1980 (a). Hydrography and plankton off Southern Brazil and Río de la Plata; Aug. Nov. 1977. Atlántica, Fund. Univ. Río Grande, 4, 1-21.
- HUBOLD, G. 1980 (b). Second report on plankton off Southern Brazil and Río de la Plata, autumn cruise, April-June 1978. Atlántica. Fund. Univ. Río Grande, 4, 23-42.
- LEGESKIS, R. y GORDON, A. L. 1982. Satellite observations of the Brazil and Falkland currents - 1975 to 1976 and 1978. *Deep-Sea Res.*, 29: (3A), 375-401.
- LISS, P. S. 1976. Conservative and non-conservative behavior of dissolved constituents during estuarine mixing. En: BURTON, J. O. y LISS, P. S. (Eds.) Academic Press London, 93-130.
- LUSQUIÑOS, A. J. 1968. Descripción y resumen del ambiente físico. En: (S.H.N. Ed.). Datos y resultados de las campañas. Pesquerías II; III; IV y V. Proyecto Des. Pesq. Ser. Inf. Tec. N° 10/II; 10/III; 10/IV y 10/V.
- LUSQUIÑOS, A. J. 1969. Idem - Pesquerías VII y VIII.
- LUSQUIÑOS, A. J. 1971. Idem - Pesquerías IX.
- LUSQUIÑOS, A. J. y VALDEZ, A. J. 1971. Aportes al conocimiento de las masas de agua del Atlántico Sudoccidental. Serv. Hidrog. Naval, Buenos Aires, Público H-659, 42 pp.
- LUSQUIÑOS, A. J. y FIGUEROA, M. O. (M. S.) Influencia del Río de la Plata en el Mar Epicontinental Argentino.
- MANTOURA, R. F. C. 1981. Dissolved organic constituents in estuaries. En: MARTÍN, J. M.; BURTON, J. D. y EISMA, J. (Eds.) River inputs to Ocean Systems. Proc

- of SCOR/ACMRR/ECOR/IAHS/UNESCO/CMG/IABO/IAPSO. Roma, 259-265.
- MANDELLI, E. F. y ORLANDO, A. M. 1966. La producción orgánica primaria y las características físico-químicas de la corriente de Malvinas. Bol. Serv. Hidrogr. Naval, Buenos Aires, 3, 99-104.
- MARGALEF, R. 1978. Life forms of phytoplankton survival alternatives in an unstable environment. *Oceanol. Acta*, 1: (4), 493-509.
- MENEGHETTI, J. O. 1973. Zooplankton from Southern Brazil. Quantitative aspects. *Iheringia Ser. Zoologia*. Porto Alegre, Mus. Riogrand. C. Nat. 43, 60-74.
- MOREIRA DA SILVA, P. y ARAGNO, F. J. 1966. Significativa relación entre los valores de salinidad y silicatos en la desembocadura del Río de la Plata. Bol. Serv. Hidrogr. Naval, Buenos Aires. 3: (2), 99-104.
- PINGREE, R. D.; PUGH, P. R.; HOLLIGAN, P. M. y FOSTER, G. R. 1975. Summer phytoplankton blooms and red tides along tidal fronts in the approaches to the English Channel. *Nature*, 258: (5537), 672-677.
- REDFIELD, A. C. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. *Am. Sci.* 46, 205-221.
- REDFIELD, A. C.; KETCHUM, B. M. y RICHARDS, F. A. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. *En: HILL, M. N. (Ed.) The Sea*. Interscience. New York. V. 2, 26-77.
- ROA, B. H.; VERONA, C. A.; CARRETO, J. I. y RAMÍREZ, F. C. 1974. Plankton y condiciones ecológicas de las aguas de la plataforma bonaerense frente a Mar del Plata. III. Campaña Transección IV (octubre, 1972). Proyecto Des. Pesq. Mar del Plata, Doc. Inf. Nº 40, 38 pp.
- SCOR-UNESCO, 1966. Determination of photosynthetic pigments in seawater. Report of Working Group Nº 17, Monographs on Oceanographic Methodology Nº 1, 66 pp.
- SUNDA, W. G.; BARBER, R. T. y HUNTSMAN, S. A. 1981. Phytoplankton growth in nutrient rich seawater, importance of copper-manganese cellular interactions. *J. Mar. Res.* 39, 567-585.
- TEIXEIRA, C. 1973. Estudo preliminar sobre a distribuição de clorofila *a* o potencial de produção. *En: Relatório sobre a segunda pesquisa oceanográfica e pesqueira do Atlântico sul entre Torres e Maldonado (29°S-31°S)*. Programa Río Grande do Sul - II. Publ. esp. Inst. Oceanogr. São Paulo, 3: (1), 2-27.
- THOMSEM, M. 1962. Masas de agua características del Océano Atlántico (parte Sudoeste). Serv. Hidrogr. Naval, Buenos Aires, Publ. H 632, 1-27.
- WILLIAMS, P. J. 1981. Primary productivity and heterotrophic activity in estuaries. *En: MARTIN, J. M.; BURTON, J. A. y EISMA, J. (Eds.) River inputs to ocean systems*. Proc. of SCOR/ACMRR/ECOR/IAHS/UNESCO/CMG/IABO/IAPSO. Roma, 243-258.