

## PROLIFERACION DE PRIMAVERA DEL FITOPLANCTON EN LA BAHIA DE VALPARAISO. II. DINAMICA DE LAS COMUNIDADES

Adolfo Alvial M.\* y Sergio Avaria P.\*\*

ABSTRACT. The phytoplankton dynamics and its relation to meteorological and oceanographic variables is studied using 85 net and water samples collected weekly at a bio-oceanographic station in Valparaíso Bay from September to December 1977.

The dynamics of the communities is regulated indirectly by the wind and directly by the stability of the water column. An intermitent Spring bloom was observed and its regulatory mechanisms are discussed. In response to vertical mixing 80% of the phytoplankton lies between the surface and ten meters depth. The starting period of a bloom is earlier in as much as the preceeding values of solar radiation are higher.

The persistence of stability conditions in the water column stimulated a rapid succession of phytoplankton up to a community of dinoflagellates. This process follows correspondance to a "continuum" r-K. The formation of an oceanic community was related to the effects derived from the action of an intense north wind.

## INTRODUCCION

Continuando con una serie de estudios dirigidos a precisar las características y los factores que regulan la proliferación de primavera del fitoplancton en la bahía de Valparaíso, en el presente trabajo se abordan aspectos relativos a la dinámica de las comunidades fitoplanctónicas durante la primavera de 1977 teniendo como complemento el conocimiento de las

\* Departamento de Ciencias del Mar, Instituto Profesional de Iquique, Casilla 121, Iquique, Chile.

\*\* Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso, Casilla 13-D, Viña del Mar, Chile.

condiciones meteorológicas y oceanográficas asociadas a esta área y período (Alvial y Avaria 1981).

Los antecedentes básicos de que se dispone derivan del conocimiento general del período de primavera en el contexto de los estudios del ciclo anual del fitoplancton en la bahía de Valparaíso (Avaria 1971, Avaria 1975, Avaria y Orellana 1975) así como del comportamiento hipotético del fitoplancton deducido a partir de la fluctuación de las variables físicas y químicas del ambiente (Pizarro 1973, Pizarro 1976). Otros antecedentes son aportados por estudios de ecología fitoplanctónica efectuados en áreas adyacentes a la bahía (Ramírez 1975, Ramírez y Uribe 1976, Uribe 1978) y por los estudios oceanográficos mencionados en Alvial y Avaria 1981. En las investigaciones efectuadas en torno al ciclo anual del fitoplancton en la bahía de Valparaíso se ha constatado que éste se asemeja al esquema típico de fluctuación en los mares templados, presentando durante primavera-verano un fuerte incremento fitoplanctónico y la presencia de un fitoplancton de baja diversidad y con acentuado predominio de las diatomeas sobre los demás grupos (Avaria 1975, Avaria y Orellana 1975).

Este comportamiento se encontraría asociado a las condiciones oceanográficas que derivan de la intensificación del viento S-SW (Pizarro 1976), de modo que los procesos de surgencia o afloramiento causados por el viento, generarían favorables condiciones de nutrientes para el incremento fitoplanctónico e implicarían el sostenimiento de un fitoplancton muy productivo que se mantiene en estado inferior de madurez (Avaria 1975). La prolongación de la proliferación del fitoplancton a través de la primavera y el verano sería atribuible a la surgencia causada por el viento, la cual aseguraría la renovación de nutrientes en los niveles superficiales (Pizarro 1976). Los factores decisivos en la regulación de las poblaciones fitoplanctónicas serían el viento, actuando indirectamente y la estabilidad de la columna de agua, actuando directamente; pudiéndose suponer además, que tendrían participación en el origen de la proliferación conjuntamente con el incremento de la radiación solar (Pizarro 1976). Dos estudios efectuados acerca de fenómenos de discoloración del mar (Avaria 1970, Avaria 1976) permitieron apreciar con mayor claridad el impacto de la variación de los vientos y la radiación solar sobre las condiciones oceanográficas y el comportamiento del fitoplancton. En

zonas adyacentes a la bahía se ha observado que el crecimiento de las poblaciones fitoplanctónicas se encuentran asociadas a condiciones de surgencia (Ramírez 1975, Ramírez y Uribe 1976). Asimismo, se ha señalado que, conjuntamente con el estímulo para una alta tasa de producción primaria, se observa una baja diversidad específica y una modificación en la estructura de las comunidades, correspondientemente con la evolución del proceso de surgencia (Uribe 1978).

El objetivo de esta investigación es conocer la dinámica de las comunidades fitoplanctónicas en relación con la fluctuación de variables meteorológicas y oceanográficas durante el período de primavera en la bahía de Valparaíso. Para tal efecto, se intentará establecer la relación existente entre las fluctuaciones cuantitativas y cualitativas del fitoplancton con el comportamiento de dichas variables abióticas analizadas en el primer trabajo de la serie (Alvial y Avaria 1981).

#### MATERIAL Y METODOS

Entre el 1° de septiembre y el 29 de diciembre de 1977 se colectaron 85 muestras de agua con botellas van Dorn para análisis cuantitativos del fitoplancton conforme a la metodología descrita en Alvial y Avaria (1981). Simultáneamente se colectaron muestras de red para análisis cualitativos del fitoplancton y zooplancton; en el primer caso se hicieron arrastres horizontales de 15 minutos de duración con una red standard de 71 micrones de tamaño de mallas y en el segundo se efectuaron arrastres oblicuos desde 30 metros a superficie con una red standard de 333 micrones de abertura de mallas.

En el laboratorio se procedió a identificar las especies fitoplanctónicas y a consignar el estado fisiológico aparente de las células y estado de división por observación directa al microscopio de las muestras de red. Cuando hubo dificultades en la identificación de las diatomeas se empleó el método de oxidación lenta (Muller-Melchers y Ferrando 1956). Para la identificación de las especies se usaron claves y descripciones de los trabajos de Cupp (1943), Hendey (1964), Avaria (1965), Rivera (1968), Hermosilla (1973), Jiménez (1976) y

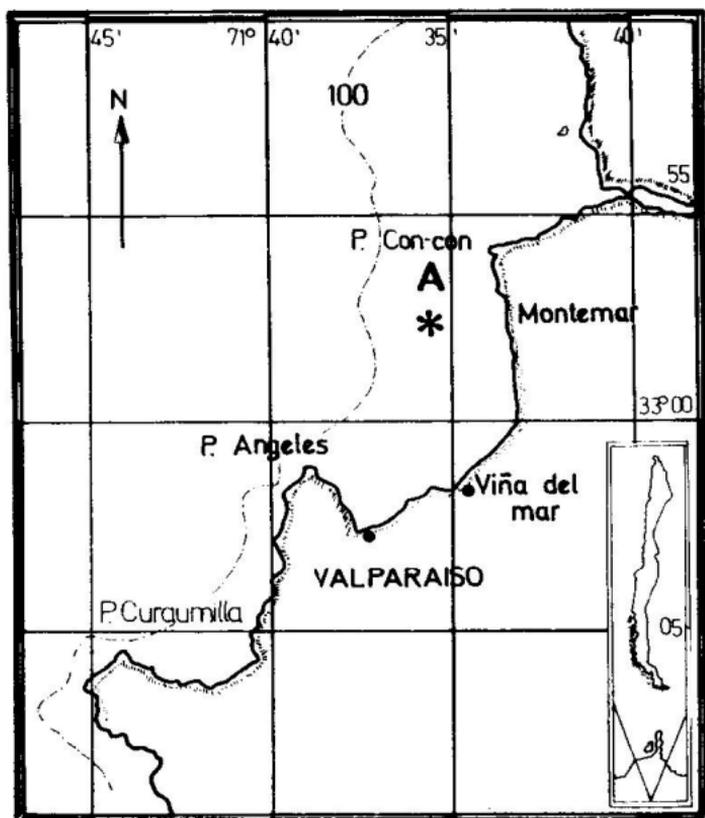


Fig. 1. Bahía de Valparaíso. El punto A indica la estación donde se efectuaron las colectas periódicas de plancton. (Tomada de Alvial y Avaria 1981).

Pesantes (1978). En la precisión de la nomenclatura y para reubicaciones taxonómicas recientes se consultó además a Sournia (1968), Hasle (1972), Balech (1974), Hasle (1974), Hendei (1974), Simonsen (1974), Taylor (1976) y Rivera (1981). En el análisis cuantitativo del fitoplancton se utilizó el recuento de células por especie, conforme a Utermöhl (1958), tomando en cuenta las consideraciones estadísticas y las

observaciones al método formuladas por el propio Utermöhl (1958), Lund *et al.* (1958), Herrera y Margalef (1963), Uehlinger (1964), Smayda (1965), Jacques (1968), Travers y Travers (1969), Avaria (1975) y Unesco (1978). La concentración de clorofila *a* se determinó según el método descrito en Strickland y Parsons (1968) y la determinación de volúmenes de zooplancton se realizó conforme a Kramer *et al.* (1972).

El fitoplancton se expresó cuantitativamente en términos de densidad o concentración celular (número de células por litro) como volumen celular ( $\text{mm}^3/\text{l}$ ), y como superficie celular ( $\text{cm}^2/\text{l}$ ); la concentración de clorofila *a* se expresó en  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Para las estimaciones de la producción actual (standing crop) así como para el cociente superficie/volumen, se tuvo en consideración el trabajo de Smayda (1965). La medición de, al menos, 20 ejemplares por especie en cada muestra, permitió estimar la superficie y el volumen promedio de las especies de acuerdo a la aproximación geométrica de las formas características a cilindros, esferas, conos o una composición de éstas, según el caso. El resultado de multiplicar el valor promedio de la superficie o el volumen de la especie por su concentración celular, permitió obtener la superficie o el volumen específico por litro. La suma de los valores específicos permitió calcular finalmente, el valor de volumen o superficie fitoplanctónica total en cada muestra. Para transformar el volumen calculado a peso algal se supuso un peso específico de 1.0, haciendo la equivalencia de  $1 \text{ mm}^3/\text{l}$  a  $1 \text{ mg}/\text{l}$  (Smayda, 1965, Avaria 1975).

El índice de diversidad específica utilizado es el propuesto por Margalef (1956). Dicho índice toma en cuenta el número real de individuos por el cual cada especie está representada en la muestra.

Los métodos estadísticos empleados fueron correlación simple, regresión lineal y test "t" de significancia, utilizando las tablas de Fisher y Yates (1963). Todas las correlaciones que se mencionan en los resultados fueron significativas a un nivel de confianza igual o superior al 95% al ser evaluadas con el test "t". Todos los cálculos se efectuaron con apoyo de microprocesadores. También se aplicó el análisis factorial de correspondencias (Briane *et al.* 1974), utilizándose como una técnica para la asociación de especies y rangos de variables físicas y químicas en función de su distribución en las

muestras, y de estas últimas en función de las anteriores. La representación gráfica simultánea de ambas asociaciones permitió una interpretación rápida de los resultados. Para los efectos de su aplicación se construyó una matriz de contingencia de  $85 \times 145$  y el procesamiento se efectuó en un computador IBM/370 - 125.

En razón de la simultaneidad espacial y temporal en la toma de muestras y registros, los datos de este estudio son complementarios con los correspondientes a las variables meteorológicas y oceanográficas tratadas en el primer trabajo de la serie (Alvial y Avaria 1981), y se analizan en forma conjunta. Para fines comparativos y de generalización se recurrió a información derivada de muestras de las primaveras de los años 1970, 1971 (parciales) y 1972, 1974 y 1975, analizadas por personal de Laboratorio de Fitoplancton del Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso.

Los datos se presentan destacando los valores de las variables por profundidad, cuando interesa su distribución vertical, y como promedio de la columna de superficie a 30 metros, cuando interesa su distribución temporal. En este último caso se empleó la fórmula propuesta por Hasle (1969).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Aspectos generales

La composición específica del fitoplancton se caracterizó por un alto número de especies de las cuales sólo unas pocas tuvieron importancia cuantitativa. Se identificaron 95 taxa, 80 de ellos fueron reconocidos hasta nivel específico y 15 hasta nivel genérico. De éstos, 58 correspondieron a diatomeas, 34 a dinoflagelados, 2 a cianófitas y uno a silicoflagelados (Anexo 1). Las diatomeas fueron ampliamente dominantes, representando el 99,9% del fitoplancton en términos de concentración celular y en un 96% en términos de volumen celular. Las especies más importantes fueron: *Chaetoceros socialis*, *Detonula pumila*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros compressus* y *Chaetoceros debilis*, alcanzando valores de 88,5% y de 70% en

términos de concentración celular y volumen celular respectivamente. Las especies más frecuentes fueron: *Nitzschia pseudoseriata*, *Chaetoceros compressus*, *Nitzschia longissima*, *Chaetoceros debilis*, *Chaetoceros socialis* y *Thalassiosira aestivalis*, cada una de ellas presente en más del 50% de las muestras (Tabla 1). Las proliferaciones principales fueron producidas por: *S. costatum*, *C. socialis* y *D. pumila*, en orden cronológico. Los dinoflagelados más frecuentes fueron *Ceratium furca* y *Protoperidinium pellucidum*, siendo también el primero el de mayor contribución cuantitativa en el grupo.

La primavera de 1977 se caracterizó por una alta producción fitoplanctónica y por fuertes fluctuaciones cuantitativas en el tiempo. Los valores promedio de superficie a 30 metros, expresados como concentración celular, variaron entre  $0.0093 \times 10^6$  y  $5.3 \times 10^6$  cél/l, con un promedio para el período de  $1.277 \times 10^6$  cél/l. La concentración de clorofila *a* varió entre 0.9 y 18 mg/m<sup>3</sup>, con un promedio para el período de 4.8 mg/m<sup>3</sup>. El volumen celular varió entre 0.08 y 18.5 mm<sup>3</sup>/l, con un promedio de 2.5 mm<sup>3</sup>/l, y la superficie celular varió entre 0.49 y 55.27 cm<sup>2</sup>/l, con un promedio para el período de 9.2 cm<sup>2</sup>/l. La densidad y la concentración de clorofila *a* se encontraron correlacionadas, con un índice de 0.58, y con una recta de regresión definida por:

$Cl\ a = 1.78 + 1.519 \times 10^{-3}$  (c.c.), donde *Cl. a* es la concentración de clorofila *a* en mg/m<sup>3</sup> y c.c. la concentración celular en número de células por ml. Las fluctuaciones en el tiempo de ambas variables mantuvieron una estrecha relación (Figs. 2 y 3). Entre la superficie y el volumen celular se estableció un índice de correlación 0.92 y una recta de regresión definida por:

Vol. cel. =  $-0.384 + 0.314$  (Sup. cel.), donde vol. cel. es el volumen celular expresado en mm<sup>3</sup>/l y sup. cel. expresada en cm<sup>2</sup>/l. Tanto el volumen como la superficie celular estuvieron altamente correlacionadas con la concentración de clorofila *a*, con índices de 0.76 y 0.79, respectivamente (Fig.4). Las rectas de regresión en ambos casos quedaron definidas por:

$$\text{Vol. cel.} = 0.588 + 0.702 (Cl\ a)$$

$$\text{Sup. cel.} = 0.958 + 2.277 (Cl\ a)$$

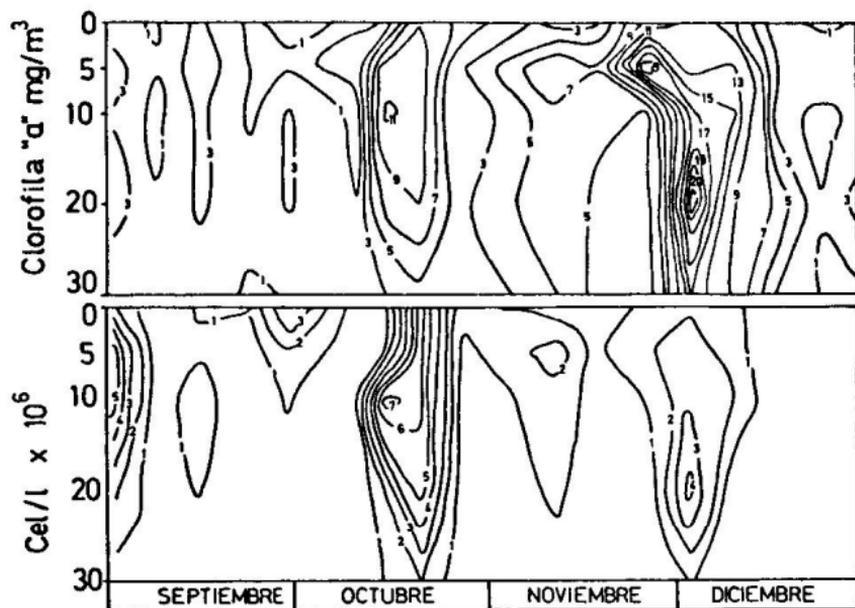


Fig. 2. Distribución vertical y en el tiempo de la concentración de clorofila *a* (en  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) y de la concentración celular (en  $\text{cél}/\text{l} \times 10^6$ ) en la primavera de 1977.

La concentración se correlacionó tanto con el volumen como con la superficie celular, con un índice de 0.6. Todas las estimaciones cuantitativas del fitoplancton estuvieron significativamente correlacionadas entre sí, lo que asegura una alta confiabilidad, tanto en la estimación cuantitativa del fitoplancton, como en el carácter de sus fluctuaciones.

El amplio predominio de las diatomeas, así como las características morfológicas de las especies dominantes, esto es, células pequeñas envueltas en mucílago y estructuras en cadena, está en correspondencia con la composición característica del fitoplancton en áreas de surgencia (Margalef 1978). De las

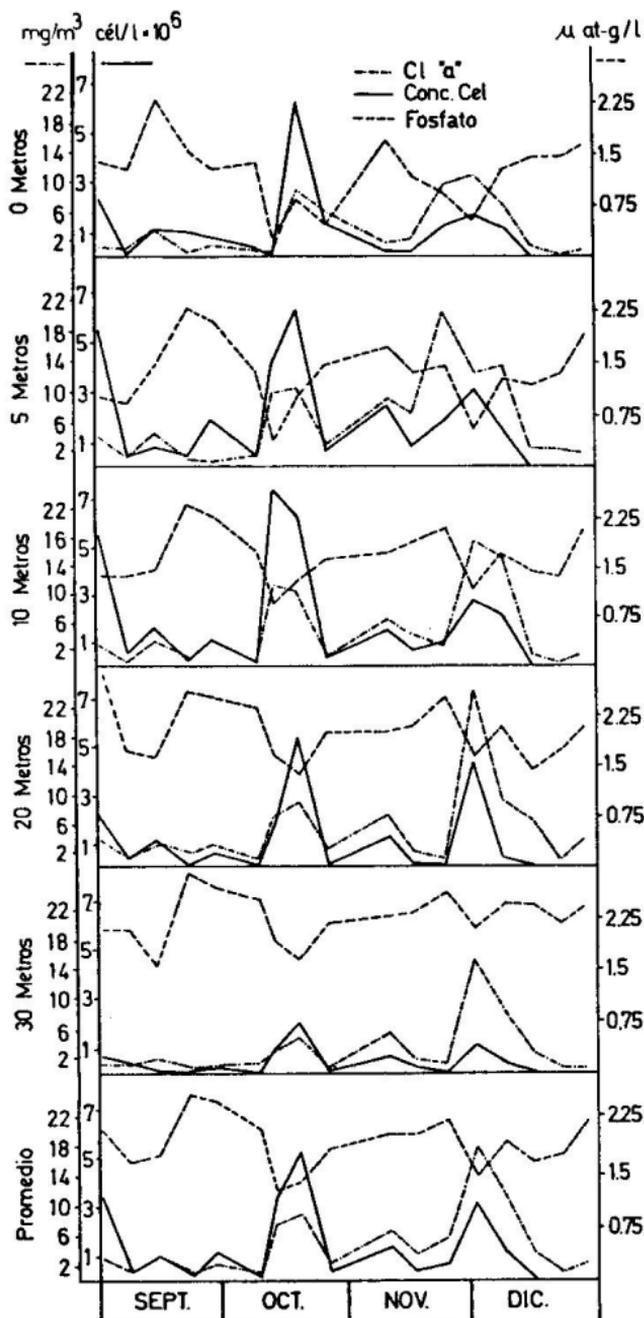


Fig. 3. Distribución en el tiempo y por profundidad de la concentración de clorofila  $a$  (en  $\text{mg/m}^3$ ), concentración celular ( $\text{cél/l} \times 10^6$ ) y concentración de fosfato (en  $\mu\text{-at P/l}$ ).

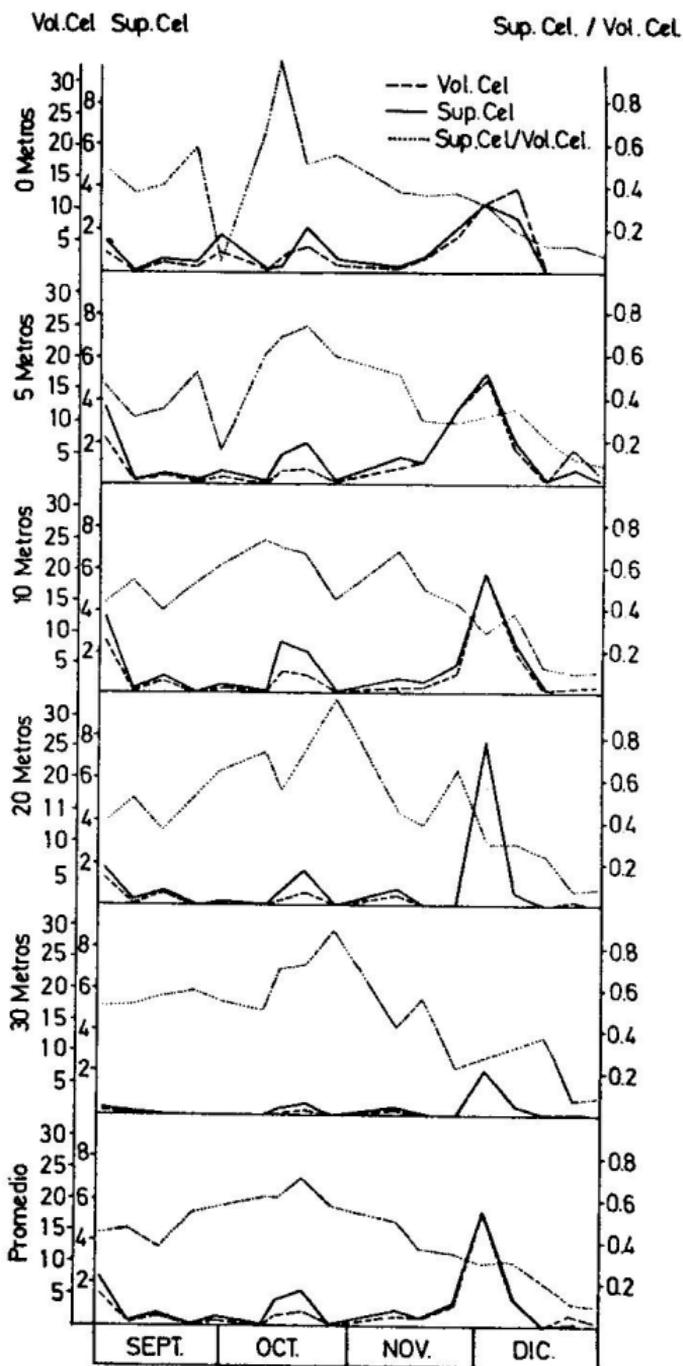


Fig. 4. Distribución en el tiempo y por profundidad del volumen celular (en  $\mu^3/l \times 10^9$ ), superficie celular (en  $\mu^2/l \times 10^9$ ) y cuociente Superficie celular/volumen celular (en  $1/\mu$ ).

5 especies principales, 4 de ellas: *C. socialis*, *D. pumila*, *S. costatum* y *C. debilis*, fueron también indicadas como características de la comunidad costera, durante un proceso de surgencia en la zona adyacente a Punta Curaumilla (Uribe 1978). En particular, *D. pumila* es considerada una especie muy frecuente en áreas de surgencia (Sournia 1968) y *C. compressus*, *C. debilis*, fueron también indicadas como características de la comunidad costera, durante un proceso de surgencia en la zona adyacente a Punta Curaumilla (Uribe 1978). *C. compressus*, *C. debilis*, *C. socialis* y *S. costatum* se han identificado además como dominantes en la primera etapa de sucesión fitoplanctónica en estudios efectuados en dichas áreas (Blasco 1971, Margalef 1978). Los bajos valores de diversidad específica observados durante la primavera fueron aún menores que los observados en otro estudio en zonas de surgencia (Uribe 1978), y confirman la presencia en la bahía de un fitoplancton muy productivo y que se mantiene en estado inferior de madurez (Avaria 1975). Los altos valores del cociente superficie/volumen respaldan esta última afirmación (Guillard y Kilham 1977). La composición específica predominante y las características de las especies principales permiten suponer la existencia de una comunidad de surgencia durante la mayor parte de la primavera; situación que se alteraría sólo en condiciones de interrupción prolongada de los afloramientos o cuando se modifica drásticamente el régimen de corrientes del área.

Las especies *C. socialis*, *S. costatum* y *D. pumila*, parecen ser excluyentes entre sí, de modo que, característicamente sólo una de ellas es dominante en el fitoplancton, manteniéndose las otras en bajos valores de abundancia o bien sin ser detectadas. Avaria (1971) observó una relación de este tipo entre las dos últimas especies mencionadas. *N. pseudoseriata*, *C. compressus* y *C. debilis*, especies frecuentes durante esta primavera, se caracterizan por su prolongada permanencia en el plancton. Las especies *C. furca* y *D. lenticula* han sido indicadas como predominantes entre los dinoflagelados en estudios de ciclo anual (Avaria y Orellana 1975). Estas 2 especies y *P. pellucidum* fueron las más significativas entre los dinoflagelados en la primavera de 1977.

Al considerar las primaveras de los años 1970 y 1971, parcialmente registradas, y las de 1972, 1974, 1975 y 1977, se observa que las especies más frecuentemente dominantes en

el fitoplancton fueron, en orden decreciente: *D. pumila*, *C. socialis*, *N. pseudoseriata* y *S. costatum*. Estas especies consideradas en conjunto, dominaron en el 52,1% de las muestras durante el período de primavera en la bahía de Valparaíso. (Tabla 2).

## Dinámica del fitoplancton

### Variación cuantitativa en el tiempo.

Las fluctuaciones cuantitativas del fitoplancton en el tiempo tuvieron carácter oscilatorio y en 7 días se pudo observar cambios drásticos. En base a los valores promedio de la columna de agua de superficie a 30 metros, se pudo establecer seis pulsos fitoplanctónicos, tres de los cuales resultaron particularmente importantes por su magnitud, correspondiendo al 1° de septiembre, 20 de octubre y 2 de diciembre, las que se denominaron pulsos principales. Entre estos pulsos se observaron oscilaciones menores, las que disiparon después del último pulso principal en diciembre. Los seis pulsos alcanzaron valores de concentración celular superiores al millón de células por litro con una duración promedio de 17 días (Fig. 5).

### - Descripción

El primer pulso principal fue originado por *S. costatum* y cayó drásticamente a mediados de septiembre, momento en que se inició la fase de predominio de *C. socialis*. Esta última especie fue responsable de tres pulsos secundarios y del segundo principal. A pesar de las oscilaciones que presentó en su abundancia, mantuvo su vigencia por espacio de 2 meses, presentando su máximo el 20 de octubre. Desde el 25 de noviembre se inició la fase en que dominó *D. pumila* acompañada por *C. compressus*. El máximo de esta fase se alcanzó el 2 de diciembre y correspondió al tercer pulso principal. Con posterioridad el 9 de diciembre, dominó *C. compressus* relegando a *D. pumila* al segundo lugar de importancia. Desde el 16 de diciembre se observó una marcada disminución en la concentración fitoplanctónica, lo que se acentuó el 23 y el 29, del mismo mes circunstancia en que los dinoflagelados fueron dominantes. En

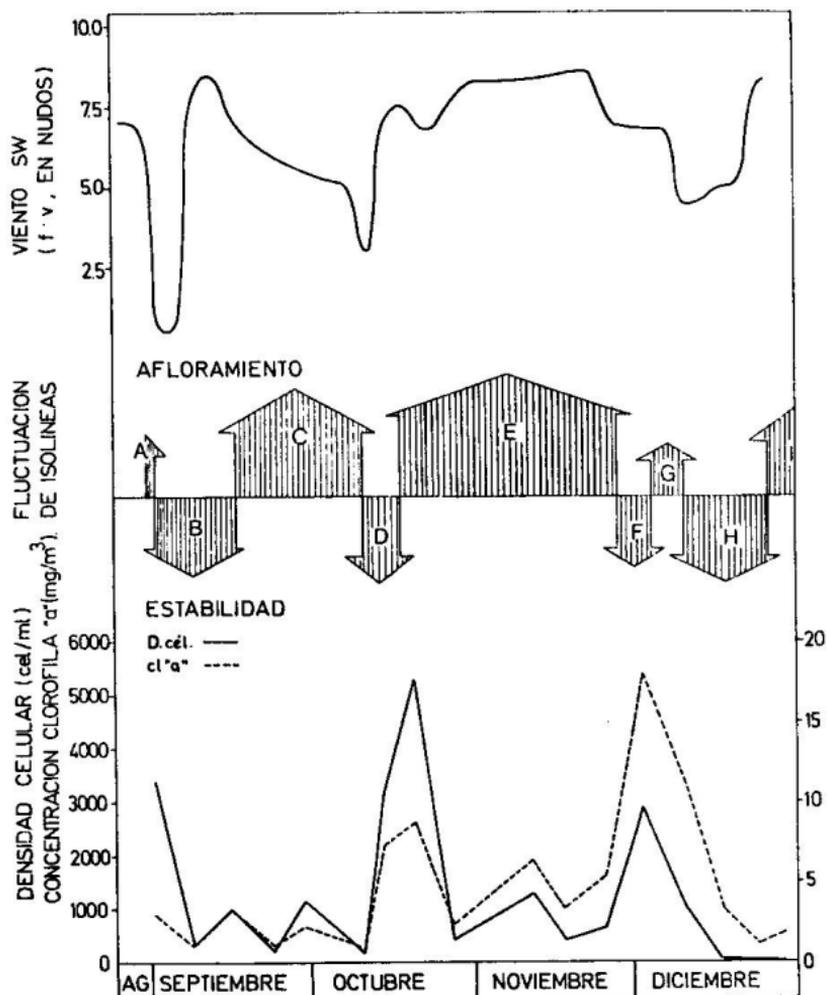


Fig. 5. Relación entre la variación del viento SW, propiedades oceanográficas y abundancia fitoplanctónica.

el análisis vertical y temporal de las tres especies principales de diatomeas se observó un gradual incremento de cada una hasta ser dominante. Este incremento fue importante en las fases iniciales a las menores profundidades, relegándose a las

mayores profundidades las poblaciones que dominaran previamente (Fig. 6). Estas últimas no se encontraban entonces en su óptimo estado fisiológico, como se constatare en la observación directa al microscopio.

- Relación con las fluctuaciones hidrológicas y meteorológicas

En el primer trabajo de esta serie (Alvial y Avaria 1981), se determinó que durante la primavera de 1977 se detectaron 5 períodos de intensificación del viento SW entre los cuales

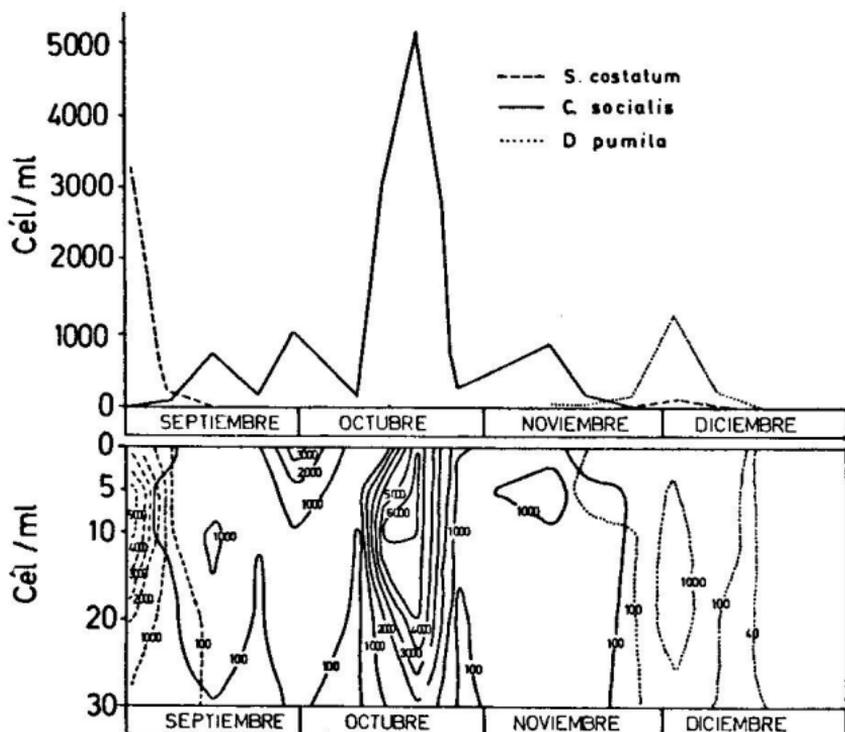


Fig. 6. Variación cuantitativa de las tres especies principales de diatomeas en la primavera de 1977 (en cél/ml).

mediaron fases de atenuación. Asimismo, se observó una relación de causa a efecto entre los períodos de intensificación del viento SW y al levantamiento de las isolíneas de las variables oceanográficas, lo cual sumado a los valores alcanzados por estas variables en condiciones de viento intenso, permitieron concluir que se desarrollan procesos de surgencia en correspondencia con la intensificación intermitente del viento SW. La máxima abundancia fitoplanctónica, indicada por los tres pulsos principales, estuvo relacionada con períodos breves de estabilidad en la columna de agua. Las oscilaciones secundarias se asociaron a su vez a los períodos de inestabilidad y afloramiento, en tanto la fuerte caída en la abundancia verificada en diciembre estuvo en relación con un período prolongado de estabilidad (Fig. 5).

#### - Regulación

El hecho de que en períodos de afloramiento no se alcancen los niveles de concentración fitoplanctónica observados en los pulsos principales, derivaría, además del pastoreo, del efecto negativo conjunto de la mezcla vertical y de la existencia de una corriente de deriva superficial. Johnson (1975) sostiene que el viento en una zona de surgencia opera produciendo mezcla intensa; la cual, como lo señala Ryther (1976) es un factor de reducción en la tasa de producción fitoplanctónica. Por su parte, y de acuerdo con los resultados obtenidos por Fonseca (1977), se podría estimar la existencia de una corriente de deriva superficial, la que sería responsable de la reducción de la abundancia "in situ" al transportar pasivamente una fracción significativa de las poblaciones hacia el océano. Estos dos factores dependientes de la acción del viento, operarían en los períodos de afloramiento y dejarían de actuar cuando los vientos dominantes del período sufren una interrupción. En este último caso, se generarían condiciones de estabilidad en la columna de agua favorecidas por la radiación solar en aumento, que permitirían el desarrollo de los pulsos principales.

Las fluctuaciones cuantitativas del fitoplancton se ajustan a un esquema en que se alternan condiciones de afloramiento, prevalecientes en el período, implicando oscilaciones menores y pulsos principales respectivamente, todo lo cual configura

una proliferación primaveral intermitente (Ryther 1976). La fluctuación de los nutrientes no permite suponer un efecto regulador de estos sobre las poblaciones, y menos explicar por su "agotamiento" la caída de los pulsos fitoplanctónicos (Pizarro 1976). Parece más lógico, de acuerdo a los resultados, suponer otro factor limitante de los pulsos. En este sentido, se observó que altas concentraciones de fitoplancton reducen la capa eufótica (Fig. 7), lo que en condiciones de vientos intensos implicaría que se establezca una mayor diferencia entre ésta y la capa de mezcla. Como resultado de ello, acontecería una caída violenta en la abundancia fitoplanctónica, al permanecer las células fuera del área suficientemente iluminada para la fotosíntesis por un tiempo relativamente

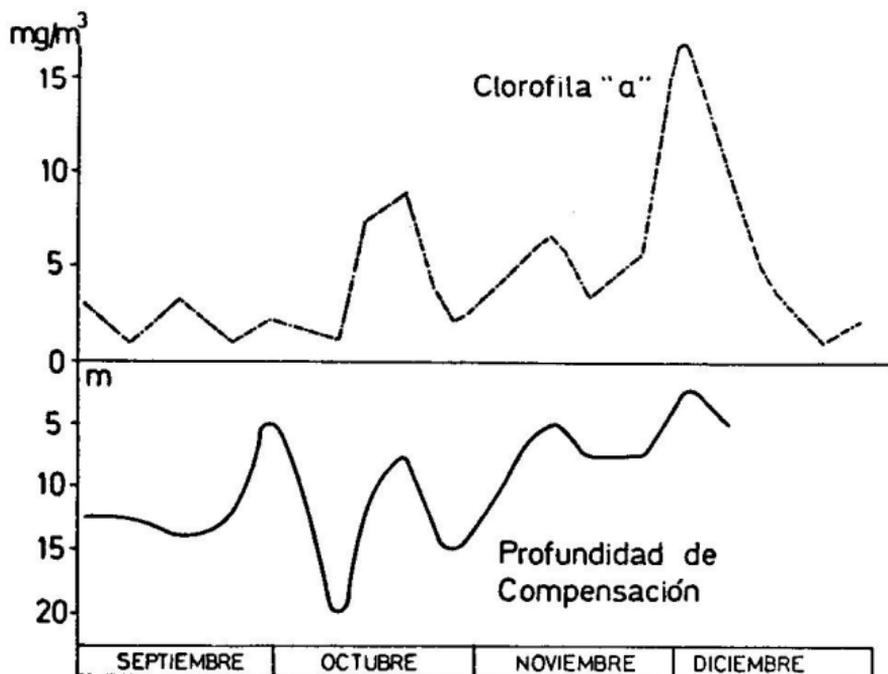


Fig. 7. Fluctuación en el tiempo de la concentración de clorofila a y de la profundidad de compensación.

prolongado (Ryther 1976). Es así que, cuando se desarrollan condiciones de estabilidad, el fitoplancton no cuenta para su crecimiento con la oposición de una capa de mezcla profunda y puede por lo tanto alcanzar altos niveles cuantitativos, sobre todo, si precedentemente se han desarrollado afloramientos que han transportado nutrientes hasta los niveles superficiales. Sin embargo, el incremento de las poblaciones fitoplanctónicas irá incidiendo en una fuerte reducción de la zona eufótica, disminuyendo consecuentemente las posibilidades de una producción creciente e implicando, finalmente, la reducción de las poblaciones.

En los períodos de afloramientos se observaron incrementos sólo hasta determinados niveles de densidad celular, lo que se debería a que a la reducción de la zona eufótica se sumaría una profundización de la capa de mezcla por efecto del viento, más la supuesta pérdida inducida por la corriente de deriva. Así, tanto para los pulsos principales como secundarios, la reducción de la zona eufótica sería un factor que incidiría en su caída y el cual comparativamente, tendría un fuerte efecto sobre las poblaciones en condiciones de mezcla vertical intensa (períodos de afloramiento), limitando su crecimiento a valores de aproximadamente un millón de células por litro en el promedio de la columna de superficie a 30 metros. Esta regulación permitiría explicar la diferencia observada entre los máximos de abundancia en condiciones de afloramientos y de estabilidad. A este mecanismo de regulación debe agregarse otro elemento que es el que deriva de las condiciones de estabilidad sostenida, como ocurrió en diciembre. En esos momentos se detectó una reducción en la concentración de nutrientes y un aumento en la temperatura del agua. Concomitantemente se observó el predominio de los dinoflagelados junto con una acentuada disminución de la abundancia fitoplanctónica total. En tal caso, la regulación cuantitativa encontraría su origen en las características biológicas de las especies predominantes, derivadas de la sucesión fitoplanctónica inducida por la estabilidad sostenida.

- Fluctuación de los nutrientes y de las poblaciones.

Las más altas tasas de renovación de fosfato se observaron con posterioridad a los pulsos principales y en coincidencia con

la reanudación de los afloramientos. Estos valores expresados como tasa diaria de incremento oscilaron entre un 4% y un 5,1%. Por su parte, las mayores tasas de declinación se asociaron con los pulsos principales, oscilando entre un 3.5% y 12,3%.

Las variaciones de las tasas de fosfato entre los pulsos principales fueron claramente menores. En relación con las mayores tasas de declinación de fosfato se observaron las más altas tasas diarias de incremento fitoplanctónico, las que alcanzaron hasta 1.3 divisiones por día (130% de incremento diario de las poblaciones). A su vez, las más altas tasas de declinación en las poblaciones coincidieron con las más elevadas tasas de renovación de fosfato, llegando hasta un 44% de disminución por día. Al igual que para la fluctuación del fosfato, las oscilaciones de las tasas fueron en general menores entre los pulsos principales (Tabla 3). Se observó, que la utilización de nutrientes está más relacionada con la densidad celular y el cociente superficie/volumen antes que con la biomasa (Vol. cel.). De esto se deduce que, proporcionalmente los requerimientos de nutrientes son mayores cuando dominan especies de diatomeas pequeñas con altas tasas de división y altos valores del mencionado cociente, lo cual caracteriza en la producción actual una respuesta fisiológica (Smayda 1965) al implicar una mayor fricción entre la célula y el agua y aumentar la tasa de absorción relativa (Fogg 1965).

- Análisis comparativo en tres primaveras.

Al comparar las fluctuaciones de la abundancia fitoplanctónica en el tiempo entre las primaveras de los años 1974, 1975 (datos no publicados) y 1977, se pudo establecer notables coincidencias en cuanto a la ubicación de los pulsos principales correspondientes a los meses de octubre y diciembre. Asimismo fue común una relativa disminución en la concentración celular en noviembre y una caída drástica en diciembre (Fig. 8). En base a los resultados de esas primaveras se obtuvieron curvas promedio de concentración celular, concentración de fosfato y temperatura (Fig. 9), las cuales representan con bastante aproximación a cada una de las primaveras, a pesar de no disponerse de información suficiente para los primeros días de septiembre y no constatarse por tanto en ellas el primer pulso

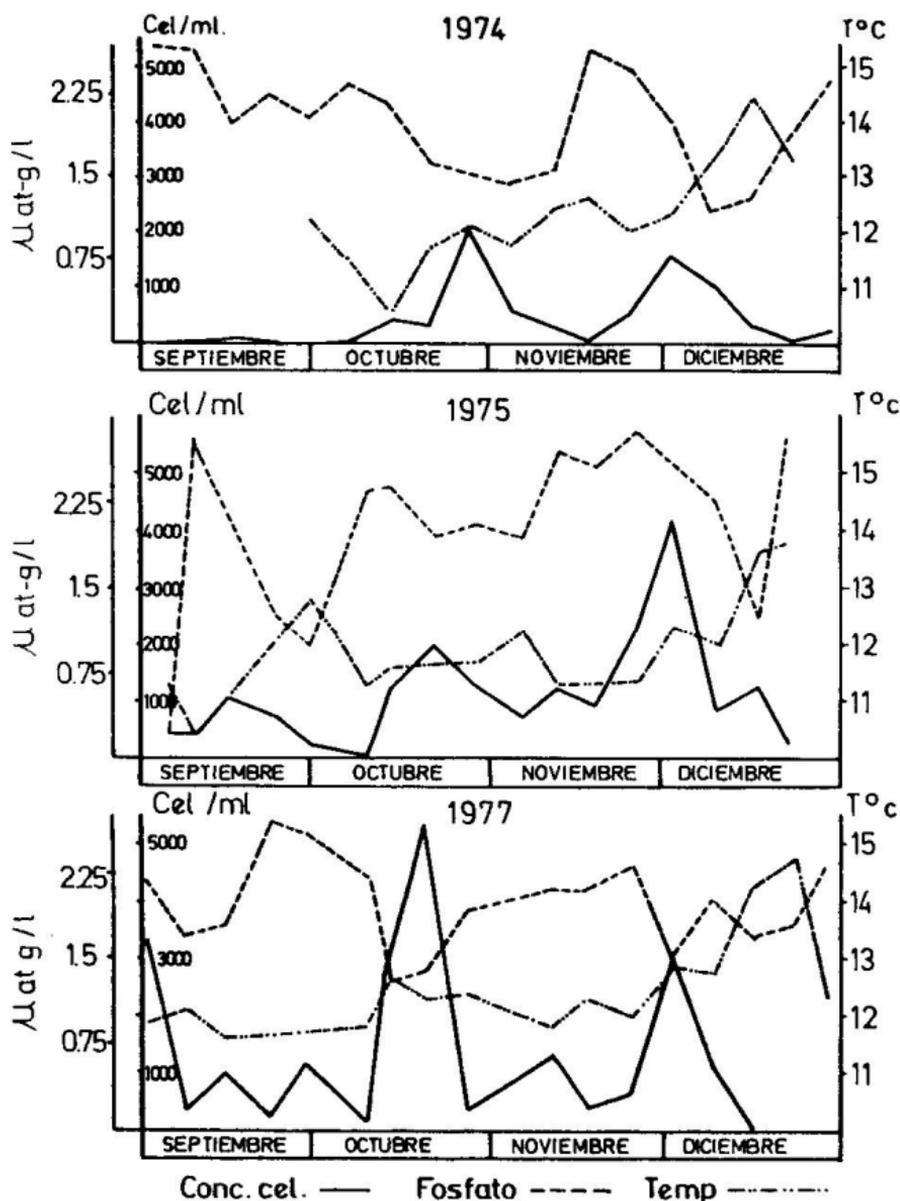


Fig. 8. Distribución en el tiempo de la concentración celular (en células/ml), concentración de fosfato (en  $\mu\text{g-at P/l}$ ) y temperatura (en  $^{\circ}\text{C}$ ) en tres primaveras.

de 1977. La concentración de fosfato oscila de modo que, las disminuciones son coincidentes con los máximos de abundancia fitoplanctónica y ligeros aumentos de temperatura, en tanto los aumentos guardan una relación inversa. La temperatura constituye una curva creciente, que alcanza la mayor pendiente en diciembre, correspondiéndose con un empobrecimiento fitoplanctónico y una relativa disminución del fosfato. Las coincidencias observadas sugieren correspondencias en las condiciones hidrológicas y meteorológicas en el tiempo entre las tres primaveras, e invita a suponer que las curvas promedio obtenidas representan en general la fluctuación de primavera de la concentración celular, concentración de fosfato y temperatura. Tal hipótesis requeriría en el futuro de un mayor número de observaciones y del registro exhaustivo de las variables involucradas.

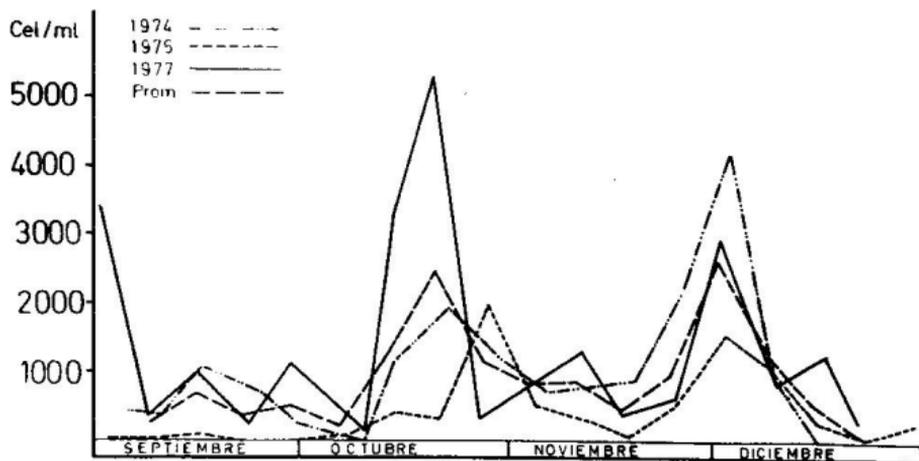


Fig. 9. Distribución de la concentración celular promedio (cél/ml) en el tiempo de las primaveras de 1974, 1975 y 1977. Se presenta también la distribución promedio en base a las tres primaveras

- Inicio de la proliferación de primavera.

Considerando las primaveras de los años 1971, 1972, 1974, 1975 (datos parcialmente publicados) y 1977, se intentó relacionar el tiempo de aparición de la proliferación fitoplanctónica con la evolución de la intensidad de radiación solar. Para ello se consideró la iniciación cuando aparece el primer pulso con un valor promedio en la columna de agua de superficie a 30 metros igual o superior a un millón de células por litro. El valor de concentración celular se estableció considerando que diferencia claramente los valores característicos de invierno de aquellos que exhiben los pulsos primaverales. El tiempo de inicio de la proliferación estuvo relacionado directamente a los valores de radiación incidentes previos, puesto que cuanto más altos fueron éstos, más temprana fue la aparición del primer pulso fitoplanctónico. Cuando el valor promedio de agosto fue claramente inferior a  $230 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$ , como ocurrió en 1971, 1972 y 1974, la iniciación se retardó al menos a octubre, observándose que las diferencias entre estas últimas primaveras se explican por el valor promedio de septiembre y octubre (Tabla 4). Un efecto similar de la radiación sobre la iniciación de la proliferación del fitoplancton ha sido observado por Sakshaug (1972) en Trondheimsfjord y por Sjoberg y Wilmot (1977) y por Edler (1978) en el mar Báltico.

En la bahía de Valparaíso, conjuntamente con el aumento de los valores de intensidad de radiación solar que acontecen a fines de invierno, se observa un fuerte incremento en la intensidad y frecuencia del viento SW entre fines de agosto y comienzos de septiembre (Pizarro 1973). Esto genera condiciones óptimas de luz y nutrientes en los niveles superficiales para estimular la iniciación de la proliferación del fitoplancton, pero aún es preciso considerar un tercer factor para su desarrollo efectivo, cual es la reducción de la capa de mezcla, de modo tal que sea igual o inferior a la profundidad de la zona eufótica (Ryther 1976). Así, una estabilización en la columna de agua, precedida por afloramientos y niveles de radiación crecientes, será el estímulo final para la iniciación de la proliferación primaveral. Consecuentemente, el viento puede retardar el inicio de una proliferación o interrumpir su curso, como lo sostienen Sjoberg y Wilmot (1977), produciéndose entonces proliferaciones secundarias o terciarias (Kaiser y Schulz 1978).

### Variación cuantitativa vertical

Las mayores densidades de células se observaron entre superficie y 10 metros, concentrándose como promedio en esa zona un 80% del fitoplancton total de la columna que alcanza hasta 30 metros. La distribución media fue de: 21% en superficie, 34% a 5 metros, 25% a 10 metros, 12% a 20 metros y 8% a 30 metros. De septiembre a diciembre la densidad relativa en superficie disminuyó del siguiente modo: 31%, 30%, 16% y 8%, para cada uno de los meses, en tanto la mayor concentración relativa para las profundidades de 20 y 30 metros se observó en diciembre (Fig. 10). En los períodos de afloramiento se registró un alto porcentaje de células en los niveles superficiales, lo que se modifica en condiciones de estabilidad de la columna, para dar paso a una distribución más homogénea en sus inicios o aún con máximos a 20 y 30 metros al sostenerse la estabilidad por algún tiempo. Los dinoflagelados, predominantes en este último caso por su movilidad, superan la decantación progresiva y se desplazan en la columna en busca de condiciones óptimas para su desarrollo. Bougis (1974a) señala que el mantenimiento de poblaciones fitoplanctónicas cerca de la superficie es ocasionado por turbulencias en la columna de agua, en oposición a las condiciones de estabilidad, cuando el hundimiento pasivo de las diatomeas implica que las más altas densidades se encuentran a menudo bajo los niveles de mayor producción. Sólo el predominio de mecanismos hidrodinámicos como la mezcla vertical y los afloramientos, posibilitan un esquema de distribución en el cual el 80% del fitoplancton se concentra entre superficie y 10 metros, más aún considerando que en la mayor parte del tiempo dominan ampliamente las diatomeas. Avaria y Orellana (1975) observaron que la mezcla repentina en la columna rompe el esquema de una distribución vertical homogénea en invierno e implica que la actividad del fitoplancton se ubique entre superficie y 5 metros, decayendo bruscamente hacia las mayores profundidades. Tanto los procesos de mezcla como de afloramiento proveen a la zona eufótica no sólo de células, sino también de nutrientes, lo que hace que las condiciones sean óptimas para una alta producción en esta zona, ordinariamente restringida en primavera. La progresiva declinación de la concentración celular relativa en superficie hacia el verano, podría estar en relación con una

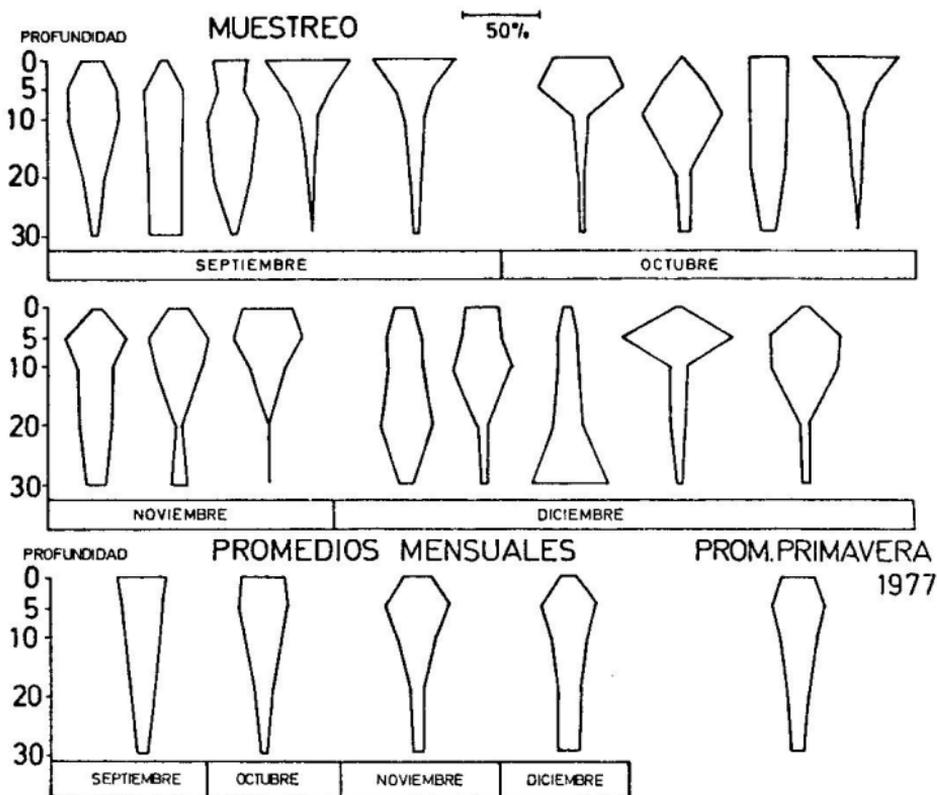


Fig. 10. Distribución vertical del fitoplancton durante el período de primavera de 1977.

inhibición de la fotosíntesis como consecuencia del aumento de la intensidad de radiación incidente (Pizarro 1973, Bougis 1974a) o ser la consecuencia de períodos más prolongados de estabilidad que favorecen la decantación. Una variación similar se observó desde octubre de 1972 a enero de 1973 (Avaria y Orellana 1975).

### Análisis preliminar de la relación fitoplancton-zooplancton en el tiempo

A pesar de las limitaciones del método empleado en la toma de muestras de zooplancton y de que las colectas se efectuaron sólo durante el día, es de interés hacer mención de los resultados obtenidos como una contribución preliminar para la determinación de la relación existente entre el fitoplancton y el zooplancton en esta área y período. Las fluctuaciones cuantitativas tendieron a relacionarse inversamente ( $r = -0.21$ , para un nivel de confianza del 60%).

Fue evidente que en condiciones de pulsos principales del fitoplancton, los valores de concentración de zooplancton fueron claramente bajos. Cada pulso principal de fitoplancton fue seguido por un pulso de zooplancton, variando esta situación sólo después del primero, cuando se detectaron dos pulsos zooplanctónicos. La última de las declinaciones en la abundancia del zooplancton no estuvo asociada con un pulso fitoplanctónico de gran magnitud, sino con un período relativamente prolongado de empobrecimiento de fitoplancton (Fig. 11). La tendencia a una relación inversa es concordante con el resultado obtenido por Uribe (1978) en la zona de surgencia de Punta Curaumilla, quien plantea la posibilidad de que la acción de metabolitos externos del fitoplancton resulten repelentes del zooplancton, sobre todo en circunstancias de alta concentración fitoplanctónica. Por otra parte se ha observado que antes de la proliferación primaveral se establece una correlación positiva entre la abundancia del fitoplancton y del zooplancton, la que luego se invierte al iniciarse este proceso (Riley y Bumpus 1946). Otra explicación dice relación con el consumo selectivo que puede condicionar los niveles cuantitativos de zooplancton, al encontrar este último dificultades para incorporar en su dieta especies que forman cadenas, colonias estrelladas, aglomeraciones celulares, etc. (Guillard y Kilham 1977) y que en definitiva son las formas dominantes, especialmente en los pulsos fitoplanctónicos. Precisamente, Riley *et al.* (1949) han señalado que sobre individuos del género *Chaetoceros* no se ejercería consumo significativo. Sin embargo, no puede descartarse la posibilidad de que la toma de muestras insuficiente, no haya detectado migraciones verticales significativas del zooplancton (Bougis 1974b), y que por

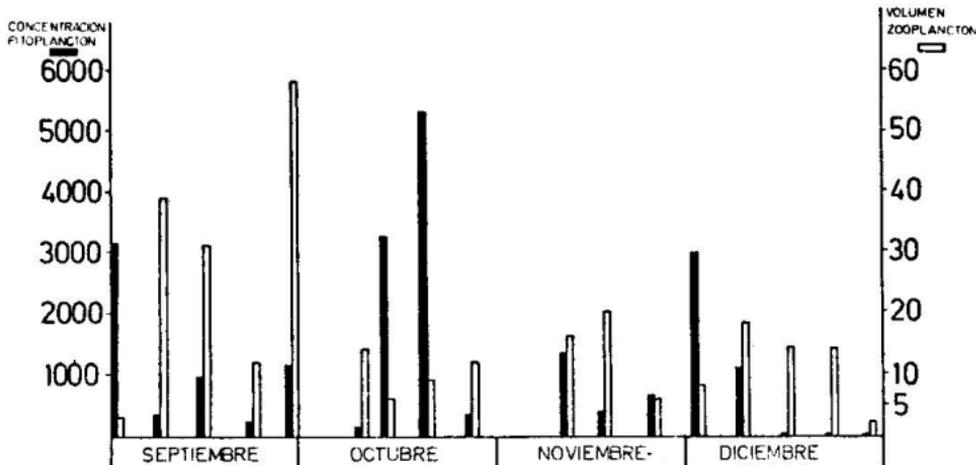


Fig. 11. Distribución en el tiempo de la concentración celular del fitoplancton (en células/ml) y del volumen del zooplancton (en ml) en la primavera de 1977.

lo tanto distorsionan la abundancia real de este último en relación con la proliferación fitoplanctónica.

#### Variación cualitativa en el tiempo

- Diversidad y cociente superficie celular/volumen celular

Los valores de diversidad específica fueron en general muy bajos, registrándose un valor promedio de 1.34 bits por célula. Los valores más bajos correspondieron al primero y segundo pulso principal (0.21 y 0.18 bits por célula). Los valores más altos se observaron en diciembre, coincidiendo con la aparición proporcionalmente más significativa de diatomeas grandes y de dinoflagelados, así como con la declinación drástica de la concentración celular. La diversidad específica estuvo inversamente relacionada con la concentración celular ( $r = -0.55$ )

y con el cociente superficie/volumen ( $r = -0.76$ ). Esta relación permite señalar que comunidades fitoplanctónicas de baja diversidad específica presentan altos valores de este cociente y alta concentración celular, lo que indica el predominio de una o pocas especies de pequeño tamaño y de rápido crecimiento. Sin embargo, esta situación claramente preponderante durante la primavera, puede modificarse como ocurre en diciembre, reemplazándose la comunidad anterior por otra, que presenta una mayor diversidad específica, bajos valores del cociente y baja concentración celular, deduciéndose la presencia de varias especies de significancia cuantitativa aproximadamente equivalente, de gran tamaño y bajas tasas de división. En base a este análisis es posible discriminar entre dos comunidades, aquella en que son preponderantes las diatomeas y otra en que dominan los dinoflagelados, restringiéndose esta última sólo a la segunda mitad de diciembre. La determinación de otras fluctuaciones y la corroboración y precisión de este análisis se intentó a través de la agrupación de especies y muestras, y rangos de algunas variables oceanográficas, al aplicarse el análisis factorial de correspondencias, cuyos resultados se exponen a continuación.

- Análisis factorial de correspondencias.

. Análisis de los ejes 1 y 2.

Se opusieron las primeras con las últimas muestras y las diatomeas con los dinoflagelados, observándose además un gradiente de menor a mayor temperatura en el mismo sentido. El eje 1 separó los dos grandes grupos y las primeras de las últimas muestras; el eje 2, permitió una cierta discriminación entre los dinoflagelados y entre las últimas muestras. Se pudieron constituir básicamente 2 conjuntos de puntos, uno integrado por las muestras 1 a 70, denominado grupo A, muy concentrado y que se ubicó fundamentalmente a la derecha de la ordenada y otro grupo muy amplio que integró a las muestras restantes (hasta la N°85), denominado grupo B y que se ubicó a la izquierda de la ordenada. Dentro de este último grupo y en virtud de su amplitud, se destacó un subconjunto de puntos que incluyó las muestras 71 y de la 81 a 85, denominado grupo B<sub>2</sub>. Al conjunto diferencia entre B y B<sub>2</sub>, se le denominó B<sub>1</sub> (Fig. 12, Tabla 5).

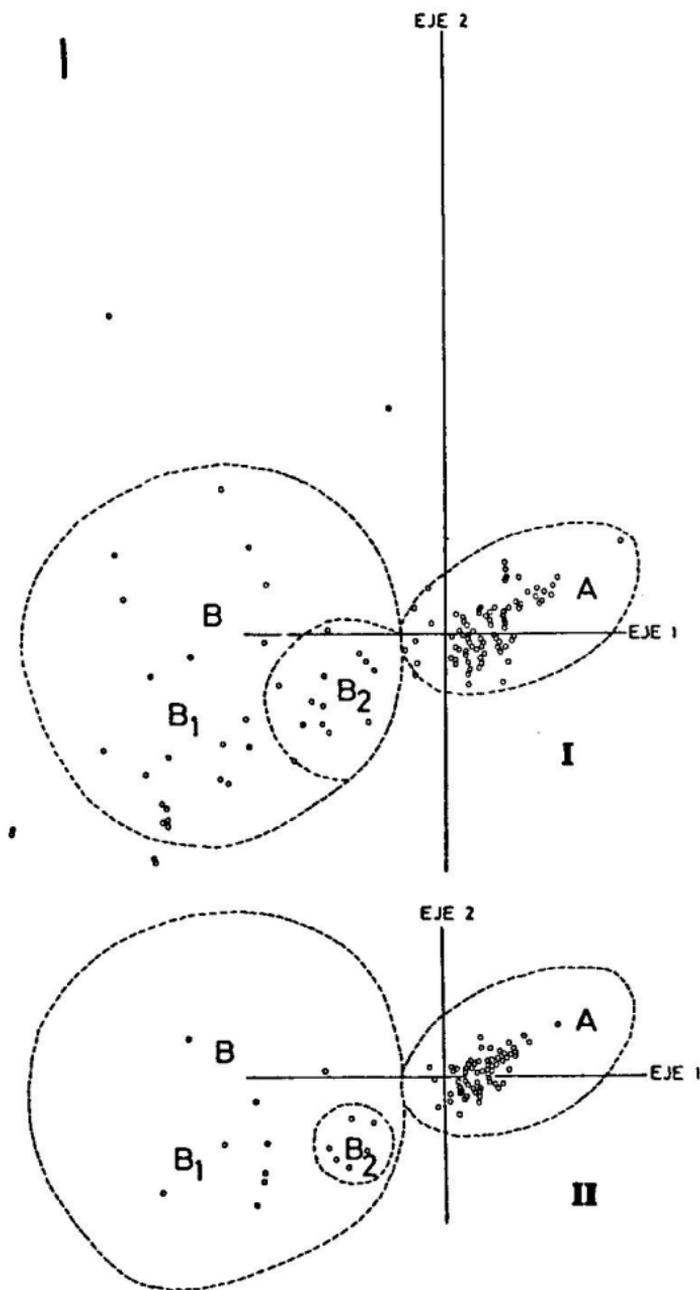


Fig. 12. Ejes 1 y 2 del análisis factorial de correspondencias. En el gráfico I se presenta la asociación de especies y rangos de los parámetros físico-químicos, el gráfico II la correspondiente a las muestras.

El grupo A estuvo presente durante la mayor parte del período de estudio, alcanzando hasta el 9 de diciembre. Se caracterizó por un amplio rango de concentraciones de nutrientes, derivado de las oscilaciones que éstos sufrieron por consumo durante el período que se presentó este grupo. Las temperaturas asociadas oscilaron entre 11°C y 14°C, en especial hasta 13°C, siendo éstos los rangos más bajos de temperatura incorporados al análisis. El oxígeno no aportó valores característicos para este grupo sino que se asociaron a él todos los rangos incorporados como consecuencia de las altas concentraciones, derivadas de la gran actividad fitoplanctónica en los pulsos, y del afloramiento de aguas pobres en oxígeno. En él se incluyeron prácticamente todas las diatomeas identificadas, además de cianofíceas poco frecuentes, y sólo una especie de dinoflagelados, *P. pellucidum*, aunque poco integrado a todo el conjunto. El grupo B<sub>1</sub> se caracterizó por concentraciones de nutrientes relativamente bajas y el más alto rango de temperaturas incorporado (entre 16 y 17°C) y correspondió en el tiempo al primer grupo de dinoflagelados. Su presencia se consignó entre el 16 y el 23 de diciembre, y agrupó dinoflagelados entre los que dominaron los géneros *Protopteridinium* y *Ceratium*, además de tres especies de diatomeas grandes. En el grupo B<sub>2</sub>, especialmente importante a fines de diciembre, se destacó el género *Ceratium*, sin encontrarse esta vez el género *Protopteridinium*. Por otra parte aparecieron especies correspondientes a los géneros *Gymnodinium*, *Gyrodinium* y *Prorocentrum* que no habían resultado importantes con anterioridad. En este grupo las diatomeas fueron definitivamente muy escasas, manteniéndose sólo una especie. Las condiciones ambientales que caracterizaron a este grupo fueron básicamente las mismas que para el anterior, aún cuando lo definieron bajos valores en la concentración de nitrato, menores que 5.0 µg-at N/l y las temperaturas fueron más bajas, entre 14.0 y 16.0°C, debido a una nueva fase de afloramiento. A pesar de ello los efectos del nuevo afloramiento sobre la composición específica sólo se dejarían sentir más tarde, por lo que se consideró que B<sub>2</sub> correspondió a una fase avanzada del grupo B. El resultado entregado por el análisis de estos dos ejes, que explicaron un 14% de la varianza total del sistema, permitió apreciar el amplio predominio de las diatomeas en el tiempo y en la columna de agua (Tabla 6).

### . Análisis de los ejes 1 y 3.

Al analizar los ejes 1 y 3 fue posible distinguir algunos grupos dentro de las diatomeas al separarse los puntos que aparecían concentrados en el primer análisis. En este caso no se evidencia discriminación entre los dinoflagelados. Se detectaron 4 conjuntos de puntos, tres de los cuales se ubicaron a la derecha de la ordenada y que se denominaron  $A_1$ ,  $A_2$  y  $A_3$ , en razón de que agrupan diatomeas. El cuarto grupo, denominado B, se ubicó opuestamente, a la izquierda de la ordenada, y correspondió siempre a los dinoflagelados. (Fig. 13, Tabla 7). El grupo  $A_1$  presentó un rango amplio de nutrientes, en tanto la temperatura osciló fundamentalmente entre 12 y 13°C. Los valores de concentración de oxígeno fluctuaron entre 2.0 y 6.0 ml/l.

Este grupo estuvo ampliamente dominado por especies de diatomeas de pequeño tamaño acompañadas de pocas especies de tamaño medio. Predominaron las formas envueltas en mucílago y las estructuras en cadena. El grupo  $A_2$  presentó los más altos valores de nutrientes, en particular de fosfato, y el rango menor para la concentración de oxígeno con valores menores que 2.0 ml/l. Se asociaron a él las temperaturas más bajas registradas en esta primavera, entre 11 y 12°C, y predominaron básicamente especies del género *Chaetoceros*. Este grupo constituyó un "continuum" con  $A_1$ , diferenciándose sólo en cuanto su presencia parece estrictamente restringida a las condiciones de afloramiento. El grupo  $A_3$  se caracterizó por valores de oxígeno muy altos, entre 6 y 10 ml/l y concentraciones de fosfato muy bajas, menores que 1.0  $\mu\text{g-at P/l}$ . Su composición específica presentó predominio de especies del género *Rhizosolenia*, acompañadas de algunas especies de diatomeas ticopelágicas, 3 especies de dinoflagelados y 2 cianofíceas. Algunas especies como *Licmophora* sp., *Thalassiothrix delicatula*, *Fragilaria striatula*, *Cymbella* sp. y *Pleurosigma* sp. se observaron también en muestras colectadas en la desembocadura del río Aconcagua, al norte de la bahía, a fines del período de estudio. Asimismo se constató coincidencia en cuanto a las cianofíceas. El grupo B se caracterizó por concentraciones muy bajas de nutrientes, especialmente nitrato (valores inferiores a 5  $\mu\text{g-at N/l}$ ) y por las temperaturas más altas registradas (14 a 17°C). Este grupo estuvo ampliamente

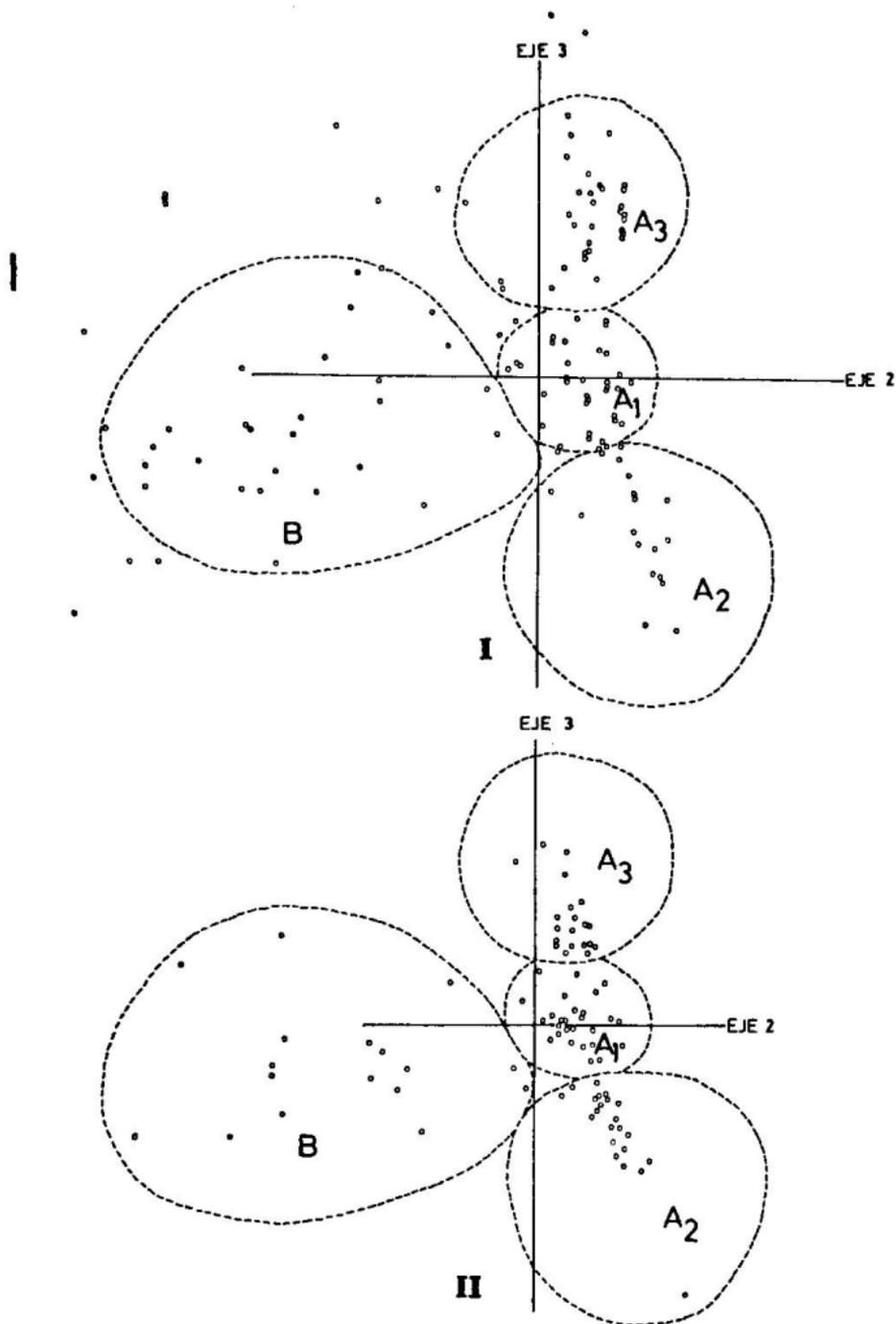


Fig. 13. Ejes 1 y 3 del análisis factorial de correspondencias. En el gráfico I se presenta la asociación de especies y rangos de parámetros físico-químicos, en el gráfico II la correspondiente a las muestras.

dominado por las especies de dinoflagelados, constatándose también 3 especies de diatomeas grandes. Se destacaron especies de los géneros *Protoperidinium* y *Ceratium*. La distribución temporal de este grupo fue bastante clara y se ubicó en la segunda quincena de diciembre, a partir del día 16. En cuanto a la distribución en el tiempo de los grupos de diatomeas, se observó que el grupo A<sub>3</sub> se concentró fundamentalmente en la segunda quincena de octubre, y tanto los grupos A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>, que mantuvieron una estrecha relación temporal, fueron predominantes en los meses de septiembre, noviembre y primeros días de diciembre. El resultado entregado por el análisis de estos dos ejes, que explicaron un 13,2% de la variación total del sistema, permitió reconocer nuevamente un grupo de dinoflagelados (B), dos grupos de diatomeas afines por su distribución en el tiempo y características de las especies predominantes (A, y A<sub>2</sub>) y un grupo de diatomeas, más alejado de las anteriores, en el cual también se consignan cianofíceas (A<sub>3</sub>) (Tabla 8).

- . Integración de la información proporcionada por los ejes 1-2 y 1-3.

Las diatomeas fueron predominantes a través del tiempo, en condiciones de bajas temperaturas, concentraciones de oxígeno medias y un amplio rango en la concentración de nutrientes. Modificaciones de grado de estas variables ambientales determinaron tres subgrupos de diatomeas. Las dos asociaciones cercanas A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>, espacial y temporalmente las más importantes, que fueron seguidas en el tiempo por A<sub>3</sub> o B<sub>1</sub>. Estos últimos grupos difirieron desde el punto de vista de su composición y de las condiciones ambientales asociadas, estando por consiguiente ligada la aparición de uno u otro al tipo de modificación acontecida en las condiciones ambientales en momentos en que predominaban A<sub>1</sub> o A<sub>2</sub> (Tabla 9).

#### - Comunidades fitoplanctónicas

La agrupación de especies que comparten una combinación definida de factores ambientales, meteorológicos y oceanográficos, ha sido estimada como una comunidad (Margalef 1972), admitiendo que su aceptación es fundamentalmente operacional dada la

variedad de fenómenos ecológicos que han sido incluidos en este término y la abundancia de definiciones disímiles (Zaixso y Pastor 1977).

Las modificaciones del habitat físico en un sistema como el de surgencias puede presentar cambios abruptos, por lo cual las especies se pueden agrupar de modo definido y, consiguientemente, se pueden distinguir con relativa precisión unos grupos de otros (Odum 1972). Sin embargo, no se desconoce la realidad de las poblaciones planctónicas en cuanto presentan gradaciones tan continuas y reticuladas que no resulta fácil la tarea de precisar sus límites (Margalef 1972) como tampoco se intenta dar carácter discreto y estático a un fenómeno continuo y dinámico.

Los resultados del análisis factorial de correspondencias junto con los resultados de diversidad específica y cociente superficie/volumen permiten establecer y caracterizar agrupaciones de especies y determinar su grado de correspondencia con los períodos de surgencia y estabilidad. Los bajos porcentajes de explicación de la varianza total del sistema en los primeros ejes, demuestra la dificultad para obtener asociaciones claras de especies en el fitoplancton por métodos factoriales, especialmente a través de datos binarios.

Las comunidades fitoplanctónicas son en sí mismas un sistema complejo, en medio de un ambiente dinámico con cambios abruptos en el espacio y en el tiempo. Por ello, extraer la información ordenada del sistema es dificultoso y, generalmente, requieren de un muestreo difícilmente realizable. Sin embargo los resultados que se obtienen de la agrupación, al complementarse con los correspondientes a la diversidad específica, cociente superficie/volumen y cambios ambientales, posibilitan una explicación coherente y satisfactoria del sistema. El uso de estos métodos en ecología planctónica no sólo es útil al aplicarse en situaciones ecológicas donde no emergen claramente los modelos (Legendre y Legendre 1978), sino que también permite eliminar la subjetividad de las asociaciones y de su grado de probabilidad cuando se suponen respuestas claras a gradientes ambientales determinados.

Tanto los resultados del análisis factorial de correspondencias así como los bajos valores de diversidad específica detectados, permiten establecer el predominio en el tiempo y

en la columna de agua de la comunidad de surgencia (grupos  $A_1$  y  $A_2$ ) la cual es concordante con la prevalencia de las condiciones de afloramiento de este período (Alvial y Avaria 1981). Esta comunidad se presenta en condiciones de afloramiento intermitente con interrupciones breves del proceso, derivadas de atenuación del viento SW, calmas o vientos débiles con otra dirección. (Períodos A, B, C, E, F y G, Fig. 5). Esta comunidad se corresponde, por tanto, con condiciones de inestabilidad de la columna de agua, derivadas de la mezcla vertical inducida por el viento, y con lapsos relativamente cortos de estabilidad que no alcanzan a modificar significativamente el habitat para su sustitución. Sin embargo, otros dos procesos podrán inducir fuertes modificaciones en la comunidad dominante y eventualmente consolidar su reemplazo. Por un lado, el sostenimiento de condiciones de estabilidad de la columna por un tiempo que excede un mínimo crítico necesario para inducir la sucesión de comunidades fitoplanctónicas. En este caso, verificado en diciembre (períodos H e I), la comunidad de surgencia es gradualmente sucedida por una comunidad en que predominan las diatomeas grandes y los dinoflagelados, continúa con el predominio de los dinoflagelados tecados ( $B_1$ ), llegando a un estado avanzado de la sucesión con el predominio exclusivo de los dinoflagelados, sin presencia de diatomeas ( $B_2$ ). El otro proceso que induce modificaciones en la composición fitoplanctónica deriva de la acción del viento N intenso, período D, el cual además de interrumpir la surgencia, induce un cambio en el sistema de corrientes que ocasiona la invasión de aguas oceánicas superficiales hacia la bahía y que eventualmente puede derivar en hundimiento (downwelling). Este fenómeno que obedece a una perturbación ciclónica poco frecuente en primavera (Pizarro 1973, Silva 1973, Pizarro 1976, Reyes y Romero 1977, Alvial y Avaria 1981), implica una superposición entre la comunidad de surgencia y la comunidad invasora oceánica en la cual dominaron especies del género *Rhizosolenia*, identificada por el grupo  $A_3$ . Se estima que esta comunidad oceánica puede llegar a ser dominante con el sostenimiento del fenómeno. Las aguas oceánicas provendrían del N - NW de la bahía, lo que permitiría explicar también la presencia de algunas especies de diatomeas identificadas en la desembocadura del río Aconcagua.

### - Sucesión

La sucesión de comunidades en esta área y período sería desencadenada por la estabilización creciente de la columna de agua a partir de condiciones de mezcla vertical y afloramiento (Margalef 1977). Dicha sucesión es muy rápida y puede alcanzar el estado de madurez en dos o tres semanas, concordantemente con la velocidad de los cambios que se operan en el ambiente. Especial significación alcanza la velocidad de estabilización de la columna por la interrupción de un proceso de surgencia hacia fines de la primavera, cuando el incremento de la radiación solar favorece un rápido desarrollo de la termoclina y una modificación en las variables físicas y químicas que aumentarían a su vez la velocidad de la sucesión. En este sentido, se observó un fuerte y definido gradiente de temperatura en relación con la estabilización de la columna en el mes de diciembre, acompañado de una disminución general de la disponibilidad de nutrientes y aumento en los niveles de oxígeno disuelto. La reaparición de los afloramientos, luego de un período de estabilidad prolongada volvería la sucesión a los estados iniciales. La comunidad de surgencia constituye la etapa inicial de la sucesión y está caracterizada por el predominio de especies de diatomeas pequeñas, de altas tasas de división, de proliferación masiva y entre las que son características las formas envueltas en mucílago y formas en cadena. Se destacan dentro de esta comunidad por sus altos niveles de abundancia: *S. costatum*, *C. socialis*, *C. compressus*, *C. debilis* y *D. pumila*. Asimismo, se caracteriza por los valores más bajos de diversidad específica observadas y por los más altos del cociente Sup. cel./Vol. cel.

Las comunidades correspondientes a etapas más avanzadas de la sucesión fitoplanctónica en el área presentan un amplio predominio de las especies de dinoflagelados, siendo importantes en una primera fase las especies de los géneros *Ceratium*, *Protoperidinium* y *Dinophysis*, junto con algunas especies de diatomeas grandes. Con el sostenimiento de las condiciones de estabilidad, la sucesión se prolonga hasta una comunidad en la cual se destacan especies de los géneros *Gymnodinium*, *Gyrodinium* y *Prorocentrum*, constatándose la ausencia de diatomeas.

En la comunidad oceánica se destaca la presencia predominante de especies del género *Rhizosolenia*, acompañadas de algunas especies ticipelágicas y estuarinas, cianófitas y unas pocas especies de dinoflagelados.

Correspondientemente con el comportamiento meteorológico e hidrológico que regula la dinámica de las comunidades, el habitat sufre modificaciones que determinan los rangos y condiciones características aproximadas para cada comunidad. En condiciones de surgencia el habitat se caracteriza por mezcla vertical turbulenta y afloramiento de aguas superficiales, que proveen a la zona eufótica de nutrientes en altas concentraciones. Las especies pequeñas y de alto cociente superficie/volumen que caracterizan el fitoplancton bajo estas condiciones, presentan adaptaciones particulares al ambiente, y corresponden a especies r-estrategas (Pianka 1970, Guillard y Kilhan 1977), que canalizan toda la materia y energía posible hacia la reproducción, presentando una relación inversa entre la tasa máxima de crecimiento y el tamaño. Estas especies de gran potencial biótico alcanzan altos niveles en condiciones favorables, y su alto valor del cociente superficie/volumen, representa una mayor fricción entre la célula y el agua, con retardo de la decantación e incremento en la tasa de absorción relativa de nutrientes. La carencia de organoides locomotores, como flagelos, se ve compensada por el aumento de la superficie relativa, por la abundante secreción de mucílago que aumenta la viscosidad del entorno celular, por las formas comunes de colonias estructuradas en cadenas y por el desarrollo de proyecciones valvares que favorecen la permanencia pasiva de las células en los niveles superficiales. Tanto el flujo ascendente implícito en la surgencia, como la mezcla vertical, son también factores determinantes para la flotabilidad pasiva de estas células.

El óptimo aprovechamiento que hacen estas especies r-estrategas de los nutrientes abundantes, y las adaptaciones particulares que presentan frente a un habitat inestable, permite que sean dominantes durante los afloramientos y que respondan canalizando los beneficios obtenidos del ambiente hacia una alta tasa reproductiva. Por esta razón, la etapa inicial de la sucesión fitoplanctónica puede ser considerada como el extremo cuantitativo del "continuum", en el cual las especies basan su permanencia en la productividad.

Un centro de surgencia activo presentará característicamente especies r-estrategas y sólo una interrupción del proceso, acompañada de una estabilización creciente de la columna de agua, posibilitará el desarrollo de la sucesión y la manifestación del extremo a cualitativo del "continuum" r-k. Precisamente, en la rápida sucesión observada en este estudio, la prolongación de la interrupción del viento SW en diciembre determinó una interrupción de la surgencia, estabilizándose la columna de agua con un notorio calentamiento de los estratos superiores. Consecuentemente, se produjo una reducción de las concentraciones de nutrientes y se observó un predominio de los dinoflagelados en el fitoplancton. Las especies dominantes vencen la resistencia ambiental, derivada de la disminución de los nutrientes disponibles y del favorecimiento de la decantación como consecuencia de la estabilización, a través de adaptaciones tales como la motilidad. Esta capacidad de desplazamiento y la condición de heterotrofia facultativa en muchos de ellos, les permiten optimizar el aprovechamiento de los recursos escasos, anteponiendo a la resistencia ambiental una estrategia basada en la eficiencia. En este caso, proporcionalmente, los requerimientos de nutrientes por célula son menores y el ambiente se encuentra saturado con organismos, variando poco el tamaño de las poblaciones.

La estabilidad sostenida, considerada como el factor determinante de la sucesión fitoplanctónica, es desfavorable para las comunidades jóvenes o para las especies r-estrategas. Estas últimas acaban por desaparecer de la zona eufótica, debido a la interrupción de la surgencia, lo que implica reducción de los nutrientes y aumento de la decantación. Frente a esto, sólo podrán persistir aquellas especies con menores requerimientos nutritivos y capaces de vencer la decantación, a saber, los dinoflagelados, que dominan en las últimas etapas de la sucesión. Las condiciones de afloramiento o de estabilidad breve de la columna de agua, si bien permiten el desarrollo de las especies características de las primeras etapas de la sucesión, no resultan drásticamente excluyentes para las especies de las etapas avanzadas y es posible detectar a algunas de éstas, aún cuando cuantitativamente minimizadas por el amplio predominio de las diatomeas. Es esta superposición de especies uno de los factores que no permite una discriminación más clara entre los diferentes grupos de especies y, por lo

tanto, un mayor porcentaje de explicación de la varianza total del sistema.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

Continuando con los estudios orientados a precisar las características y los factores que regulan la proliferación del fitoplancton de primavera en la bahía de Valparaíso, esta investigación persigue conocer la dinámica de las comunidades fitoplanctónicas en relación con la fluctuación de algunas variables meteorológicas y oceanográficas. Al efecto se intenta establecer la relación entre las fluctuaciones cuantitativas y cualitativas del fitoplancton con el comportamiento de las variables abióticas analizadas en el primer trabajo de esta serie.

Se efectuaron 17 tomas de muestras en una estación bioceanográfica ubicada en  $32^{\circ}58,2'S$ ;  $71^{\circ}35,2'W$ , entre el 1° de septiembre y el 29 de diciembre de 1977, con una periodicidad aproximada de siete días. Se obtuvieron muestras de agua con botellas van Dorn, en superficie y a las profundidades de 5, 10, 20 y 30 metros, para la determinación de la concentración de clorofila *a* y para el recuento de células fitoplanctónicas por especie. Además se efectuaron colectas de fitoplancton y zooplancton mediante arrastres horizontales y oblicuos de redes standard de 71 y 333 micrones de malla.

Se identificaron 95 taxa del fitoplancton con amplio predominio cualitativo y cuantitativo de diatomeas. Las especies más importantes fueron *Chaetoceros socialis*, *Detonula pumila*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros compressus* y *Chaetoceros debilis*. Las características del fitoplancton predominante corroboraron desde el punto de vista biológico, la existencia de procesos de surgencia en el área. Se observó una alta producción fitoplanctónica con fuertes variaciones en el tiempo. Todas las formas de estimación cuantitativa estuvieron significativamente correlacionadas entre sí, lo que aseguró una alta confiabilidad, tanto en la consideración cuantitativa del fitoplancton como en el registro de sus fluctuaciones. Al considerar resultados de cinco primaveras anteriores, más la

de 1977, se concluye que las especies más significativas en este período son: *Detonula pumila*, *Chaetoceros socialis*, *Nitzschia seriata* y *Skeletonema costatum*.

Las fluctuaciones cuantitativas del fitoplancton en el tiempo tuvieron carácter oscilatorio, estableciéndose seis pulsos fitoplanctónicos, tres de los cuales se consideraron principales en razón de su magnitud. Estos pulsos se relacionaron con períodos breves de estabilidad en la columna de agua, en tanto los pulsos menores se asociaron a períodos de inestabilidad. La declinación más drástica en la abundancia fitoplanctónica se relacionó con un período prolongado de estabilidad. En base a estas observaciones se concluye que la regulación cuantitativa de las poblaciones es ejercida indirectamente por el viento y directamente por la estabilidad de la columna de agua.

La intensificación del viento SW provoca surgencia y mezcla, lo que genera condiciones de inestabilidad en la columna que, simultáneamente, favorecen la renovación de nutrientes en los niveles superficiales y limitan el crecimiento de las poblaciones. La abundancia fitoplanctónica es limitada por la gran diferencia que se establece entre el espesor de la capa de mezcla aumentada y la zona eufótica, la cual afecta negativamente a la producción, como también por el transporte pasivo de una fracción significativa de las poblaciones a través de una corriente de deriva asociada a la surgencia. Bajo estas condiciones el incremento fitoplanctónico disminuye el espesor de la zona eufótica, aumentando la diferencia entre ésta y la capa de mezcla y alcanzándose rápidamente un máximo crítico de abundancia, estimado en aproximadamente un millón de células por litro en el promedio de la columna de superficie a 30 metros. Esta situación claramente prevaleciente a través de la primavera, puede alterarse como consecuencia de la interrupción o declinación del viento SW. En tales circunstancias, se interrumpe la surgencia y la mezcla y se desarrollan condiciones de estabilidad favorecidas por la radiación en aumento. El crecimiento de las poblaciones no encuentra la oposición de la mezcla y se anula el efecto negativo de transporte, pudiéndose alcanzar altos niveles cuantitativos, sobre todo si precedentemente se han desarrollado afloramientos que han incrementado las concentraciones de nutrientes en los niveles superficiales. Bajo estas condiciones el máximo crítico de abundancia

será mayor y, consecuentemente, se producirán los pulsos más significativos, entre tres y cinco veces superiores a los anteriores. Un nuevo período de intensificación del viento SW pone fin a esta situación, reiniciándose el ciclo con las características descritas y conformándose una proliferación primaveral con carácter intermitente. Sin embargo, también puede ocurrir que las condiciones de estabilidad se sostengan por un período prolongado, lo cual genera gradientes ambientales que inducen la sucesión de comunidades, pasando a predominar especies con menores tasas de crecimiento y verificándose una acentuada disminución en la abundancia fitoplanctónica total, favorecida por la decantación de las especies previamente dominantes. Esta situación es menos frecuente, y en general, los períodos de estabilidad serían breves interrupciones entre fases prolongadas de afloramiento.

Del análisis de varias primaveras se desprende que la iniciación de la proliferación ocurrirá tanto más temprano, cuanto mayores sean los valores de intensidad de radiación solar precedentes. Altos valores en agosto, superiores a  $230 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$ , permiten la iniciación de la proliferación en septiembre, en 1977. Conjuntamente la intensificación del viento SW, entre fines de agosto y comienzos de septiembre, provoca las surgencias que proveen de nutrientes a los niveles superficiales. Las mayores concentraciones celulares se observaron entre superficie y 10 metros, ubicándose como promedio en esa zona un 80% del fitoplancton total de la columna de agua. Esta distribución obedece a la influencia y predominio de la mezcla vertical y de los afloramientos.

Tanto los resultados del análisis factorial de correspondencias así como los bajos valores de diversidad específica obtenidos, permitieron establecer el predominio en el tiempo y en la columna de agua de una comunidad de surgencia, lo cual fue concordante con la prevalecencia de las condiciones de afloramiento. Esta comunidad fue detectada en condiciones de surgencia intermitente, siendo su presencia correspondiente con condiciones de inestabilidad y con lapsos relativamente cortos de estabilidad que no alcanzan a modificar significativamente el habitat para su sustitución. Sin embargo, el sostenimiento de condiciones de estabilidad en la columna estimuló una rápida sucesión fitoplanctónica, observándose que la

comunidad de surgencia fue gradualmente avanzando hasta la consolidación de una comunidad de dinoflagelados. Otro factor que indujo modificaciones significativas en la composición fitoplanctónica derivó de la acción de viento intenso del N, el que junto con interrumpir la surgencia implicó una penetración de aguas oceánicas superficiales con predominio de especies del género *Rhizosolenia* que constituyeron lo que se denominó comunidad oceánica.

De acuerdo con las características de las comunidades en la sucesión y con las modificaciones ambientales que la estimulan, se determinó que ésta es correspondiente con un gradiente r-k, en el cual se manifiesta el extremo cuantitativo en condiciones de inestabilidad o surgencia, y el cualitativo, durante el desarrollo de una estabilización.

AGRADECIMIENTOS. Los autores expresan su agradecimiento a las personas e Instituciones que contribuyeron al desarrollo de esta investigación. Del Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso al Sr. Pablo Muñoz y Sra. Isabel Guajardo del Laboratorio de Fitoplancton, Srta. María Angélica Soto del Laboratorio de Química y Sr. Juan Soto Patrón de Pesca. También agradecen a los Srs. Italo Serey de la Universidad de Valparaíso y Miguel Tirapegui de la Universidad Técnica Federico Santa María por su valioso aporte en el procesamiento de datos. Finalmente, a las Instituciones que brindaron información y elementos de apoyo: Base Aeronaval "El Belloto", Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile y Laboratorio de Energía Solar de la Universidad Técnica Federico Santa María.

## LITERATURA CITADA

- Alvial, A. y S. Avaria. Proliferación de primavera del fitoplancton en la bahía de Valparaíso. I. Condiciones meteorológicas y oceanográficas. Rev. Biol. Mar. Inst. Oceanol. Univ. Valparaíso, 17 (2): 197-227.
- Avaria, S. Diatomeas y silicoflagelados de la bahía de Valparaíso. Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 12: 61-119.
- Avaria, S. Observación de un fenómeno de marea roja en la bahía de Valparaíso. Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 14 (1): 1-5.
- Avaria, S. Variaciones mensuales del fitoplancton en la bahía de Valparaíso, entre julio de 1963 y julio de 1966. Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 14 (3): 15-43.
- Avaria, S. Estudios de Ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. 1975 II. Fitoplancton 1970-71. Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 15 (2): 131-148.
- Avaria, S. Marea Roja en la costa central de Chile. Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 16 (1): 95-111.
- Avaria, S. y E. Orellana. Estudios de Ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. III. Fitoplancton 1972-1973. Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 15 (3): 207-226.
- Balech, E. El género *Protoperidinium* Bergh, 1881 (*Peridinium* Ehrenberg, 1831, Partim). Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat. Bernardino Rivadavia. Inst. Nac. Invest. Cienc. Nat. Hidrobiología, 4 (1): 1-79.
- Blasco, D. Composición y distribución del fitoplancton en la región del afloramiento de las costas peruanas. Invest. Pesq. 35 (1): 61-112.
- Bougis, P. Ecologie du plancton marin. Tome I: Le phytoplancton. Masson 1974a & Cie. Ed., Paris, 196 pp.
- Brandhorst, W. Descripción de las condiciones oceanográficas en las aguas costeras entre Valparaíso y el Golfo de Arauco, con especial referencia al contenido de oxígeno y su relación con la pesca. Lab. Oceanogr. Biol. Pesq. Min. Agr., Santiago, p. 3-55.
- Briane, J.P., J.J. Lazare, G. Roux y C. Sastre. L'analyse factorielle des correspondances et l'arbre de longueur minimum; exemples d'application. Adansonia, ser. 2, 14 (1): 111-137.
- Cupp, E.E. Marine plankton diatoms of the West Coast of North America. 1943 Bull. Scripps. Inst. Oceanogr., 5 (1): 1-273.
- Edler, L. Phytoplankton production in the Sound. Kiel. Meeresforsch. Sonderheft, 4: 139-146.
- Fisher, R. y F. Yates. Tablas estadísticas. Ed. Aguilar, Madrid, 3a., 1963 131 pp.
- Fonseca, T. Proceso de surgencia en Punta Curaumilla, con especial referencia a la circulación. Tesis. Escuela de Pesquería y Alimentos, Departamento de Oceanografía, Universidad Católica de Valparaíso, 90 pp.
- Guillard, R.R.L. y Kilham, P. The ecology of marine planktonic diatoms. 1977 In: D. Werner (ed.). The biology of diatoms. Botanical monographs; vol. 13, p. 372-496. The Whitefriars Press Ltd., London.
- Hasle, G.R. An analysis of the phytoplankton of the Pacific Southern Ocean; abundance, comparison and distribution during the Brategg Expedition, 1947-48. Hvalraad. Skr., 52: 1-168.
- Hasle, G.R. The distribution of *Nitzschia seriata* Cleve and allied species. 1972 Nova Hedwigia, Beih., 39: 171-190.
- Hasle, G.R. Some marine plankton genera of the diatom family 1974 *Thalassiosiraceae*. Nova Hedwigia, Beih., 45: 1-49.

- Hendey, N.I. An introductory account of the smaller algae of British  
1964 Coastal Waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms). H.M.S.O.,  
Fish.Invest., Lond., Ser. 4, 317 pp.
- Hendey, N.I. A revised check-list of British marine diatoms. J.Mar.Biol.  
1974 Assoc.U.K., 54: 277-300.
- Hermosilla, J. Contribución al conocimiento sistemático de los dinoflage-  
1973 lados de la bahía de Concepción, Chile. Gayana, Zoología, 24:  
1-76.
- Herrera, J. y R. Margalef. Hidrografía y Fitoplancton de la costa compren-  
1963 dida entre Castellón y la desembocadura del Ebro, de julio de 1960  
a junio de 1961. Invest.Pesq. 24: 33-112.
- Jacques, G. Etude du plancton de la région de Banyuls. Influence du volume  
1968 de sédimentation sur la précission de la méthode d'Uthermohl.  
Rapp.Comm.Int.Mer.Médit., 19 (3): 391-392.
- Jiménez, R. Diatomeas y silicoflagelados del fitoplancton del Golfo de  
1976 Guayaquil. Bol.Inst.Ocean. de la Armada. CM-BIO-5. Guayaquil-  
Ecuador, 52 pp.
- Johnson, D.R. Coastal upwelling. International symposium coastal upwelling  
1975 proceedings. Univ. del Norte, Centro de Investigaciones Submarinas,  
Coquimbo. Ed. Universitaria, 173 pp.
- Kaiser, W. y S. Schulz. On the causes for the differences in space and  
1978 time of the commencement of the phytoplankton bloom in the Baltic.  
Kiel.Meeresforsch.Sonderheft, 4: 161-170.
- Kramer, D., M. Kalin, E. Stevens, J. Thraillkill y J. Zweifel. Collecting  
1972 and processing data on fish eggs and larvae in the California  
Current region. NOAA Tech.Rep., NMFS, Circ. 370.
- Lund, J.W., C. Kipling y E.D. Le Cren. The inverted microscope method of  
1958 estimating algae number and the statistical basis of estimation by  
counting. Hydrobiologia, 11 (2): 143-170.
- Margalef, R. Información y diversidad específica en las comunidades de or-  
1956 ganismos. Inv.Pesq. 3: 99-106.
- Margalef, R. Ritmos, fluctuaciones y sucesión. In: Ginés y Margalef (eds.),  
1972 Ecología Marina. p. 454-492. Fundación La Salle de Ciencias Na-  
turales. Ed.Dossat S.A., Caracas.
- Margalef, R. Ecología. Ediciones Omega, S.A. 2a. edición. Barcelona, Es-  
1977 paña, 951 pp.
- Margalef, R. Phytoplankton communities in upwelling areas. The example of  
1978 NW Africa. Oecol.Aquat., 3: 97-132.
- Muller-Melchers, F. y H. Ferrando. Técnica para el estudio de las diato-  
1956 meas. Bol.Inst.Oceanogr. Sao Paulo, 7 (1-2): 151-160.
- Odum, E.P. Ecología. Ed. Interamericana, 3a. Edición. México, 639 pp.  
1972
- Pesantes, F. Dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Pu-  
1978 blicación INOCAR, 2 (2): 1-46.
- Pianka, E.R. On r- and K- selection. Am.Nat. 104: 592-597.  
1970
- Pizarro, M. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso.  
1973 I. La temperatura superficial y la radiación solar. Rev.Biol.Mar.  
Dep.Oceanol.Univ. Chile, 15 (1): 77-105.
- Pizarro, M. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso.  
1976 IV. Condiciones físicas y químicas del ambiente. Rev.Biol.Mar.Dep.  
Oceanol.Univ. Chile, 16 (1): 35-69.

- Ramírez, B. Variación estacional de los pigmentos fitoplanctónicos analizados frente a Valparaíso. *Invest.Mar.*, 6 (1): 1-24.
- Ramírez, B. y E. Uribe. Estudio bio-oceanográfico al sur de la bahía de 1976 Valparaíso. Fitoplancton y productividad primaria. III Simposio Latinoamericano de Oceanografía.
- Riley, G.A. y D. Bumpus. Phytoplankton-zooplankton relationships on Georges 1946 Bank. *J.Mar.Res.*, 6: 33-47.
- Riley, G.A., H. Stommel y D. Bumpus. Quantitative ecology of the plankton 1949 of the Western North Atlantic. *Bull.Bingham.Oceanogr.Coll.*, 12: 1-169.
- Rivera, P. Sinopsis de las diatomeas de la bahía de Concepción, Chile. 1968 *Gayana, Botánica*, 18: 1-112.
- Rivera, P. Beiträge zur Taxonomic und Verbreitung der Gattung *Thalassiosira* 1981 Cleve (*Bacillariophyceae*) in den Kustengewässern Chiles, *Biblioteca Phycologica*, Band 56: 1-220, 71 Taf.
- Ryther, J.H. La productividad de materia orgánica en los océanos. En: R. 1976 Vetter (compilador), *Oceanografía la última frontera*. Ed. Ateneo, Buenos Aires. 301 pp.
- Sakshang, E. Phytoplankton Investigations in Trondheimsfjörd, 1963-1966. 1972 *K.norske Vidensk.Selsk.Skr.*, 1: 1-56.
- Simonsen, R. The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of R.V. 1974 "Meteor" 1964-65. *Meteor Forschunsergeb. (D. Biol.)*, 19: 1-66.
- Sjoberg, S. y W. Wilmot. System analysis of a spring phytoplankton bloom 1977 in the Baltic. *Contrib.Asko lab. Univ. Stockholm*, 20: 1-99.
- Smayda, T. A quantitative analysis of the phytoplankton of the Gulf of 1965 Panama. II. On the relationship between  $C^{14}$  assimilation and the diatom standing crop. *Bull. inter-am. trop. Tuna, Comm.* 9 (7): 465-531.
- Sournia, A. Diatomées planctoniques du Canal de Mozambique et de L'ile 1968 Maurice. *Mémoires ORSTOM, N°31*, 120 pp.
- Strickland, J.D.H. y T.R. Parsons. A practical handbook of seawater analy- 1968 sis. *Fish.Res.Bd. Can.Bull.*, 167: 311 pp.
- Taylor, F.J.R. Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedi- 1976 tion. A report on material collected by the R.V. "Anton Bruun" 1963-1964. *Bibliotheca bot.*, 132: 1-234.
- Travers, A. y M. Travers. Le microplancton du Golfe de Gascogne au mois de 1969 Juillet 1963. *Rec.Trav.Sta.Mar.Endoume*, 45 (61): 7-69.
- Uehlinger, V. Etude statistique des methodes dénombrement planctonique. 1964 *Arch.Sci.Geneve*, 17: 121-223.
- Unesco Phytoplankton manual. *Monogr.oceanogr.methodology*, 6, 337 pp. 1978
- Uribe, E. Estudios de las comunidades fitoplanctónicas durante un proceso 1978 de surgencia frente a Punta Curaumilla. Memoria para optar al título de Profesor de Biología, Universidad Católica de Valparaíso.
- Utermohl, H. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodik. 1958 *Mitt.int.Ver.Limnol.*, 9: 1-38.
- Zaixso, H.E. y C.T. Pastor. Observaciones sobre la ecología de los mitíli- 1977 dos de la Ria Deseado. I Distribución y Análisis biocenótico. *ECOSUR, Argentina* 4 (7): 1-46.

Tabla 1. Predominio, frecuencia, concentración celular y biomasa expresadas como porcentaje sobre las ochenta y cinco muestras. Concentración celular total y biomasa total, respectivamente, para las principales especies de la primavera de 1977.

ESPECIES	% Predominio	% Frec.	% Concent. Celular	% Biomasa (vol.cel.)
<i>C. socialis</i>	52.0	64.7	52.3	10.2
<i>D. pumila</i>	12.9		7.6	40.1
<i>S. costatum</i>	8.2		15.7	8.4
<i>C. compressus</i>	8.2	78.8	10.1	6.6
<i>A. octonarius</i>	7.1			
<i>N. pseudoseriata</i>	4.7	87.1		
<i>R. alata</i> f. <i>gracillima</i>	1.2			
<i>N. delicatissima</i>	1.2			
<i>N. longissima</i>		70.1		
<i>C. debilis</i>		68.2	2.8	4.7
<i>T. aestivalis</i>		58.8		
Total Diatomeas			99.9992	96.0
<i>C. furca</i>	2.4	24.7	1.95 10	0.5
<i>D. minor</i>	1.2			
<i>P. pellucidum</i>		23.5	1.00 10	
<i>Gyrodinium</i> sp.		17.6		
<i>C. azoricum</i>		11.8		
<i>C. declinatum</i>		14.1	1.00 10	1.4
<i>Gymnodinium</i> sp.		14.1		
<i>D. lenticula</i>			1.30 10	1.6
<i>C. breve</i> var. <i>parallelum</i>				0.3
Total Dinoflagelados			0.0008	4.0
<i>Chroococcus</i> sp.		14.1		
<i>Microcystis</i> sp.		10.6		

Tabla 2. Frecuencia de predominio por profundidad y porcentaje de frecuencia sobre el total para las principales especies de diatomeas y los grupos de dinoflagelados y nanoplancton en seis primaveras (1970, 1971, 1972, 1974, 1975 y 1977).

ESPECIES	FREC. POR PROFUND.					FREC. TOTAL	PORCENT. DE FRECUENCIA
	0	5	10	20	30		
<i>D. pumila</i>	18	13	17	5	16	69	18.0
<i>C. socialis</i>	12	12	11	12	12	59	15.4
<i>N. pseudoseriata</i>	13	9	11	10	11	54	14.1
<i>S. costatum</i>	8	2	5	7	11	33	8.6
Dinoflagelados	5	5	4	3	4	21	5.5
<i>R. fragilissima</i>	6	4	5	3	3	21	5.5
<i>C. debilis</i>	2	4	6	4	4	20	5.2
<i>C. cinctus</i>	4	4	4	4	3	19	4.9
<i>T. minuscula</i>	1	4	5	4	3	17	4.4
<i>C. compressus</i>	4	3	3	3	3	16	4.2
<i>L. danicus</i>	4	2	4	4	2	16	4.2
<i>T. aestivalis</i>	2	1	2	1	1	7	1.8
<i>A. octonarius</i>		1	1	2	2	6	1.5
<i>N. delicatissima</i>	2	1	2			5	1.3
Nanoplancton		1	1	1	1	4	1.0
<i>A. japonica</i>	1	1	1	1		4	1.0
<i>C. pelagica</i>		1	1		1	3	0.8
<i>C. radicans</i>						2	0.6
<i>R. imbricata</i> f. <i>minuta</i>	1		1			2	0.6
<i>R. alata</i> f. <i>gracillima</i>				1		1	0.3
<i>T. nitzschioides</i>					1	1	0.3
<i>C. constrictus</i>	1					1	0.3
TOTAL	87	68	85	65	79	384	100

Tabla 3. Tasas de cambio en la concentración celular y en la concentración de fosfato entre muestreos sucesivos en la primavera de 1977.

TASAS	Valores (V) y Porcen. (%)	P E R I O D O S					
		SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
		1-8 8-15 15-23 23-29	29-10 10-14 14-20 20-27 27-11 11-17 17-25 25-2	2-9 9-16 16-23 23-29			
Concentración de fosfato (en µg-at P/l/día)	V	-0.07 0.014 0.11 -0.016 -0.036 -0.23 0.017 0.07 0.014 0 0.025 -0.11 0.07 -0.043 0.014 0.083					
	X	-3.5 0.8 5.1 -0.6 -1.5 -12.5 1.25 4.3 0.7 0 1.1 -5.9 4.0 -2.35 0.8 5.0					
Concentración celular (en cél./ml/día)	V	-441 95 -99 157 -94 790 342 -714 72 -160 35 331 -268 -154 -1.2 -0.6					
	X	-27 18 -18 31 -18 130 8 -33 10 -20 7 25 -14 -44 -7.0 -5.4					

Tabla 4. Promedios mensuales de radiación solar en el período agosto-octubre de los años 1971, 1972, 1974, 1975 y 1977. Se consigna el tiempo de aparición del primer pulso fitoplanctónico respecto al 1° de septiembre.

AÑOS	RADIACION (en cal/cm <sup>2</sup> /día)			Tiempo de aparición del primer pulso (en días)
	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	
1971	205.8	274.5	331.9	más de 61
1972	163.1	259.3	380.0	40
1974	207.7	308.8	320.1	58
1975	230.4	290.8	433.3	16
1977	243.7	312.7	374.2	0

Tabla 5. Grupos de muestras, especies y rangos de los parámetros físicos y químicos, obtenidos del análisis de los ejes 1 y 2. Se consignan condiciones ambientales relacionadas con estos grupos y sus características generales.

M  
U  
E  
S  
T  
R  
A  
S

GRUPO A

Números 1 a la 70

PRINCIPALES	SECUNDARIAS
E <i>C. socialis</i>	<i>R. delicatula</i>
S <i>C. compressus</i>	<i>R. imbricata</i> f. <i>minuta</i>
P <i>C. constrictus</i>	<i>R. hebetata</i> f. <i>semispina</i>
E <i>C. lorenzianus</i>	<i>D. pumila</i>
C <i>C. debilis</i>	<i>B. longicurvis</i> v. <i>hyalina</i>
I <i>C. cinctus</i>	<i>L. danicus</i>
E <i>S. costatum</i>	<i>T. subtilis</i>
S <i>T. aestivalis</i>	<i>Licmophora</i> sp.
	<i>Cymbella</i> sp.
	<i>Melosira</i> sp.
	<i>Microcystis</i> sp.
	<i>Chroococcus</i> sp.
	<i>P. pellucidum</i>
SECUNDARIAS	
C <i>C. radicans</i>	
A <i>C. curvisetus</i>	
R <i>C. didymus</i>	
A <i>C. decipiens</i>	
C <i>N. pseudoseriata</i>	
T <i>N. delicatissima</i>	
E <i>N. longissima</i>	
R <i>T. frauenfeldii</i>	
I <i>T. nitzschoides</i>	
S <i>T. delicatula</i>	
T <i>R. alata</i> f. <i>gracillima</i>	
I <i>R. stolterfothii</i>	
C <i>R. setigera</i> v. <i>shrubsolei</i>	
A <i>R. fragilissima</i>	
S	

CONDICIONES AMBIENTALES

Los rangos que lo caracterizan son: concentración de fosfato, 0-3  $\mu\text{g-at P/l}$ ; concentración de nitrato, 5-15  $\mu\text{g-at N/l}$ ; temperatura, 11-13°C. El oxígeno se presenta en rangos extremos, 0-4 y 8-10 ml/l.

CARACTERISTICAS GENERALES

Incluye a casi todas las diatomeas identificadas, además cianófitas poco frecuentes y sólo una especie de dinoflagelado. Con amplios rangos en la concentración de nutrientes, aunque no se relaciona con concentraciones extremadamente bajas. Presente hasta la temperatura de 14°C y característicamente entre 11 y 13°C.

Tabla 5. Continuación

GRUPO B	
SUB GRUPO B1	SUB GRUPO B2
Números 72 a la 80	número 71 y de la número 81 a la 85
PRINCIPALES	PRINCIPALES
<i>P. conicum</i> <i>P. brochii</i> <i>P. depressum</i> <i>C. fusus</i> <i>C. declinatum</i> <i>C. breve</i> v. <i>parallelum</i> <i>P. kofoidii</i> <i>D. caudata</i> <i>D. sphaerica</i>	<i>Gyrodinium</i> sp. <i>Gymnodinium</i> sp. <i>D. lenticula</i> <i>C. furca</i> <i>C. azoricum</i>
SECUNDARIAS	SECUNDARIAS
<i>P. torianum</i> <i>C. minutum</i> <i>C. tripos</i> v. <i>pulchellum</i> <i>D. tripos</i> <i>P. sol</i> <i>C. pelagica</i>	<i>Prorocentrum</i> sp. <i>P. steinii</i> <i>C. pulchellum</i> f. <i>dalmaticum</i> <i>D. acuminata</i>
CONDICIONES AMBIENTALES	
Concentraciones de nutrientes relativamente bajas. Temperatura entre 16 y 17°C.	Bajas concentraciones de nutrientes, especialmente de nitrato que son menores de 5 µg-at N/l, temperatura entre 14 y 16°C.

## CARACTERISTICAS GENERALES

Compuesto casi exclusivamente por dinoflagelados. Presente en aguas de temperaturas elevadas para el área y en condiciones de concentración de nutrientes relativamente bajas.

Incluye sólo dinoflagelados. De aguas relativamente cálidas y con concentraciones bajas de nutrientes, especialmente de nitrato.

Tabla 6. Distribución vertical y en el tiempo de los grupos de especies determinados del análisis de los ejes 1 y 2.

PROF.	FECHAS DE MUESTREOS																							
	1/9 8/9 15/9 23/9 29/9			10/10 14/10 20/10 27/10			11/11 17/11 25/11			2/12 9/12 16/12 23/12 29/12														
0	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B2	B1	B2							
5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B1	B1	B2							
10	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B1	B1	B2							
20	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B1	B1	B2							
30	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B1	B1	B2							
	Septiembre						Octubre						Noviembre						Diciembre					

Tabla 7. Grupos de muestras, especies y rangos de los parámetros físicos y químicos, obtenidos del análisis de los ejes 1 y 3. Se consignan condiciones ambientales relacionadas con estos grupos y sus características generales.

M U E S T R A	GRUPOS A	
	GRUPO A1	GRUPO A2
Números:	1,2,3,5,7,18,28,29,30,35,	Números: 4,6,8,9,10,11,12,13,14,15,
A	48,49,50,51,52,53,55,56,57,58,62,63,	16,17,19,21,21,22,23,24,25,60,69.
S	64,65,66,67,68,	
	PRINCIPALES	PRINCIPALES
E	<i>S. costatum</i>	<i>C. didymus</i>
S	<i>N. delicatissima</i>	<i>C. constrictus</i>
P	<i>C. socialis</i>	<i>C. cinctus</i>
E	<i>C. compressus</i>	<i>C. decipiens</i>
C	<i>C. debilis</i>	<i>B. longicuris v. hyalina</i>
I	<i>C. lorenzianus</i>	
E	<i>L. danicus</i>	
S	<i>T. aestivalis</i>	
	SECUNDARIAS	SECUNDARIAS
C	<i>D. pumila</i>	<i>C. curvisetus</i>
A	<i>T. subtilis</i>	<i>C. radicans</i>
A	<i>T. decipiens</i>	<i>T. nitzschioides</i>
T	<i>E. cornuta</i>	
E	<i>C. biconcavus</i>	
R	<i>N. pseudoseriata</i>	
I	<i>N. longissima</i>	
S	<i>T. frauenfeldii</i>	
T		
I		
C		
A		
S		
	CONDICIONES AMBIENTALES	CONDICIONES AMBIENTALES
	Concentración de fosfato:	Concentración de fosfato:
	1 a 3 µg-at P/l	3 a 4 µg-at P/l
	Concentración de nitrato:	Concentración de oxígeno menor que
	5 a 20 µg-at N/l	2 ml/l
	Concentración de oxígeno:	Temperatura entre 11 y 13°C.
	2 a 6 ml/l	
	Temperatura entre 12 y 13°C.	
	CARACTERISTICAS GENERALES	CARACTERISTICAS GENERALES
	Dominan las diatomeas pequeñas acompañadas de pocas especies de tamaño medio. Se destacan las formas en vueltas en mucílago y las formas en cadena. Con amplios rangos de nutrientes, pero sin alcanzar los menores valores. La temperatura es relativamente baja y la concentración de oxígeno media.	Dominan las especies del género <i>Chaetoceros</i> acompañadas de dos especies de diatomeas grandes. Este grupo constituye un continuum con A1. Se caracteriza por el más alto rango de fosfato y las más bajas temperaturas del período, así como los más bajos valores de concentración de oxígeno.

Tabla 7. Continuación

GRUPO A3	GRUPO B
Números: 26,27,31,32,33,34,36,37,38, A 39,40,41,42,43,44,45,46,47,54,61.	Números: 59,70,71,72,73,74,75,76,77, S 78,79,80,81,82,83,84,85.

## PRINCIPALES

E *R. imbricata* f. *minuta*  
S *R. stolterfothii*  
P *R. imbricata* v. *shrubsolei*  
E *R. delicatula*  
C *R. hebetata* f. *semispina*  
I *Microcystis* sp.  
E *Chroococcus* sp.  
S *P. pellucidum*  
D. *minor*

C  
A  
R  
A SECUNDARIAS

C  
T *R. styliiformis*  
E *F. striatula*  
R *B. aurita*  
I *T. delicatula*  
S *Cymbella* sp.  
T *Licmophora* sp.  
I *Pleurosigma* sp.  
C *Amphidinium* sp.

A  
S

## PRINCIPALES

D. *lenticula*  
Gyrodinium sp.  
Gymnodinium sp.  
C. *furca*  
C. *azoricum*  
C. *fuscus*  
C. *declinatum*  
C. *breve* v. *parallelum*  
C. *minutum*  
P. *brochii*  
P. *depressum*  
P. *conicum*  
P. *kofoidii*  
D. *acuminata*  
D. *sphaerica*  
A. *octonarius*

## SECUNDARIAS

C. *minutum*  
P. *steinii*  
D. *acuminata*  
D. *tripos*  
C. *pelagica*  
P. *sol*

## CONDICIONES AMBIENTALES

Concentración de fosfato menor que 1  
µg-at P/l, concentración de oxígeno:  
6-10 ml/l.

Concentración de nitrato menor que 5  
µg-at N/l. Temperatura entre 14 y  
17°C.

## CARACTERISTICAS GENERALES

Dominan las especies del género *Rhizosolenia*. Se presentan algunas diatomeas poco frecuentes en el área y cianófitas. Se caracteriza por las más bajas concentraciones de fosfato y los más altos valores de oxígeno.

Dominan casi totalmente los dinoflagelados acompañados de sólo tres especies de diatomeas grandes. Se presentan las más bajas concentraciones de nitrato y las más altas temperaturas del período.

Tabla 8. Distribución vertical y en el tiempo de los grupos de especies determinados del análisis de los ejes 1 y 3.

		FECHAS DE MUESTREOS															
PROF. m	1/9	8/9	15/9	23/9	29/9	10/10	14/10	20/10	27/10	11/11	17/11	25/11	2/12	9/12	16/12	23/12	29/12
0	A1	A2	A2	A2	A2	A3	A3	A3	A3	A3	A1	A1	A3	A1	B	B	B
5	A1	A1	A2	A2	A2	A3	A3	A3	A3	A3	A1	A1	A1	A1	B	B	B
10	A1	A2	A2	A1	A2	A1	A3	A3	A3	A1	A1	A1	A1	B	B	B	B
20	A2	A2	A2	A2	A2	A1	A3	A3	A3	A1	A3	B	A1	A2	B	B	B
30	A1	A2	A2	A2	A2	A1	A1	A3	A3	A1	A1	A2	A1	B	B	B	B
	Septiembre									Noviembre			Diciembre				

Tabla 9. Distribución vertical y en el tiempo de los grupos de especies determinados del análisis de los ejes 1 y 2 y 1 y 3. En blanco los casilleros no coincidentes en el resultados de los dos análisis

		FECHAS DE MUESTREOS															
PROF. m	1/9	8/9	15/9	23/9	29/9	10/10	14/10	20/10	27/10	11/11	17/11	25/11	2/12	9/12	16/12	23/12	29/12
0	A1	A2	A2	A2	A2	A3	A3	A3	A3	A3	A1	A1	A3	A1	B2	B1	B2
5	A1	A1	A2	A2	A2	A3	A3	A3	A3	A3	A1	A1	A1	A1	B1	B1	B2
10	A1	A2	A2	A1	A2	A1	A3	A3	A3	A1	A1	A1	A1	A1	B1	B1	B2
20	A2	A2	A2	A2	A2	A1	A3	A3	A3	A1	A3	A1	A1	A2	B1	B1	B2
30	A1	A2	A2	A2	A2	A1	A1	A3	A3	A1	A1	A2	A1	B1	B1	B1	B2
	Septiembre									Noviembre			Diciembre				

## ANEXO 1

LISTA DE LOS TAXA IDENTIFICADOS EN EL FITOPLANCTON DE LA PRIMAVERA DE 1977  
EN LA BAHIA DE VALPARAISO.

## DIATOMEAS

- Actinocyclus octonarius* Ehrenberg  
*Biddulphia aurita* (Lyngbye) de Brébisson (1)  
*Biddulphia longicuris* Greville  
*Biddulphia longicuris* var. *hyalina* (Schröder) Cupp  
*Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey  
*Coscinodiscus janischii* Schmidt  
*Coscinodiscus* sp.  
*Chaetoceros affinis* Lauder  
*Chaetoceros affinis* var. *willei* (Gran) Hustedt  
*Chaetoceros cinctus* Gran  
*Chaetoceros compressus* Lauder  
*Chaetoceros constrictus* Gran  
*Chaetoceros curvisetus* Cleve  
*Chaetoceros debilis* Cleve  
*Chaetoceros decipiens* Cleve  
*Chaetoceros didymus* Ehrenberg  
*Chaetoceros lorenzianus* Grunow  
*Chaetoceros radicans* Schütt  
*Chaetoceros teres* Cleve  
*Chaetoceros socialis* Lauder  
*Climacodium biconcavus* (Oestenfeld) Cleve  
*Cymbella* sp.  
*Eucampia cornuta* (Cleve) Grunow  
*Fragilaria striatula* Lyngbye  
*Fragilaria* sp.  
*Grammatophora marina* (Lyngbye) Klützing  
*Hemiaulus sinensis* Greville  
*Lauderia borealis* Gran (2)  
*Leptocylindrus danicus* Cleve  
*Licmophora* sp.  
*Melosira* sp.  
*Navicula* sp.  
*Nitzschia closterium* (Ehrenberg) W. Smith  
*Nitzschia delicatissima* Cleve  
*Nitzschia longissima* (de Brébisson) Ralfs in Pritchard  
*Nitzschia seriata* Cleve (3)  
*Planktoniella sol* (Wallich) Schütt  
*Pleurosigma* sp.  
*Rhizosolenia alata* Brightwell  
*Rhizosolenia alata* f. *gracillima* (Cleve) Gran  
*Rhizosolenia delicatula* Cleve  
*Rhizosolenia fragilissima* Bergon  
*Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* (Hensen) Gran  
*Rhizosolenia imbricata* var. *minuta* Brightwell  
*Rhizosolenia imbricata* var. *shrubsolei* (Cleve) Schröder  
*Rhizosolenia setigera* Brightwell

## Anexo 1. Continuación

*Rhizosolenia stolterfothii* Peragallo  
*Rhizosolenia styliiformis* Brightwell  
*Schroederella delicatula* fase *schroederi* (Peragallo) Pavillard (4)  
*Skeletonema costatum* (Greville) Cleve  
*Stephanopyxis turris* (Greville) Ralfs in Pritchard  
*Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg  
*Thalassiosira aestivalis* Gran y Angst  
*Thalassiosira decipiens* (Grunow) Jørgensen  
*Thalassiosira subtilis* (Oestenfeld) Gran  
*Thalassiothrix delicatula* Cupp  
*Thalassiothrix frauenfeldii* Grunow in Cleve & Grunow  
*Thalassiothrix nitzschioides* Grunow in Van Heurck

## DINOFLAGELADOS

*Amphidinium* sp.  
*Ceratium azoricum* Cleve  
*Ceratium breve* (Oestenfeld & Schmidt) Schröder  
*Ceratium breve* var. *parallelum* (Schmidt) Jørgensen  
*Ceratium declinatum* Karsten  
*Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparede & Lachmann  
*Ceratium fusus* (Ehrenberg) Dujardin  
*Ceratium minutum* Jørgensen  
*Ceratium pentagonum* Gourret  
*Ceratium pulchellum* f. *dalmaticum* (Bohn) Schiller  
*Ceratium* sp.  
*Ceratium tripos* var. *pulchellum* (Schröder) López  
*Diplopsalis lenticula* Bergh  
*Diplopsalis minor* (Paulsen) Silva  
*Dinophysis acuminata* Claparede & Lachmann  
*Dinophysis caudata* Saville - Kent  
*Dinophysis sphaerica* Stein emend Kofoid & Skogsber  
*Dinophysis tripos* Gourret  
*Gymnodinium* sp.  
*Gyrodinium* sp.  
*Peridinium brochii* Kofoid & Swezy (5)  
*Peridinium conicum* (Gran) Oestenfeld & Schmidt (5)  
*Peridinium conicoides* Paulsen (5)  
*Peridinium depressum* Bailey (5)  
*Peridinium minutum* Kofoid (5)  
*Peridinium oblongum* (Aurivillius) Cleve (5)  
*Peridinium pellucidum* (Bergh) Schütt (5)  
*Peridinium simulum* Paulsen (5)  
*Peridinium* sp.  
*Peridinium steinii* Jørgensen (5)  
*Peridinium throrianum* Paulsen (5)  
*Polykrikos kofoidii* Chatton  
*Prorocentrum* sp.  
*Scrippsiella trochoidea* (Stein) Loeblich III

## Anexo 1. Continuación

## SILICOFLAGELADOS

*Dictyocha speculum* Ehrenberg

## CIANOFITAS

*Chroococcus* sp.

*Microcystis* sp.

## Notas:

## Reubicaciones taxonómicas recientes:

- (1) Pasa a *Odontella aurita*, Simonsen (1974).
- (2) Pasa a *Lauderia annulata*, Sournia (1968).
- (3) Pasa a *Nitzschia pseudoseriata*, Hasle (1972).
- (4) De acuerdo a Hendey (1964) y Avaria (1965), la fase identificada en el presente estudio es "*schroderi*", en todos los casos. Esta especie pasa a *Detonula pumila*, Hasle (1974).
- (5) El género *Peridinium* (Ehrenberg, 1831) pasa a *Proto-peridinium* (Bergh, 1881), Balech (1974).