

## CARACTERIZACION DEL FITOPLANCTON DE UN AREA DE DESOVE DE MERLUZA FRENTE A LA COSTA CENTRAL DE CHILE.

Sergio Avaria\* y Pablo Muñoz\*

**ABSTRACT** Phytoplankton of spawning area of hake off the central coast of Chile.

The composition and distribution of phytoplankton were studied in September 1989 and January 1990. A total of 270 net and water samples were obtained in two cruises covering the area extending from Los Vilos (32° 00'S) to Valparaíso (33° 00' S) from the coast to 30 miles off-shore.

Phytoplankton was dominated by blooming species of small diatoms displaying a high division rate and preferences for high nutrient concentrations. 104 species and varieties of diatoms and dinoflagellates were identified. Diatoms were very abundant in coastal stations and high frequency of dinoflagellates were recorded in the most oceanic stations.

The most relevant taxa in relation to their quantitative importance were: *Chaetoceros socialis* and *C. debilis* in September, and *Leptocylindrus danicus* in January, reaching values over 3.000 cells/ml. Other significant species contributing to phytoplankton biomass were: *Thalassiosira aestivalis* and *Eucampia cornuta* in September, and *Detonula pumila* and *Thalassiosira subtilis* in January.

The diatoms dominance and high biomass values recorded in September were associated with a moderate upwelling episode detected during the cruise period. The abundance and diversity of dinoflagellates together with the presence of the thermophile species and lower biomass values recorded in January, were associated with a light water warming up occurring in that month.

\* Investigación financiada por Proyecto FONDECYT 89-0311.

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

Areas of great phytoplankton abundance with cell densities over 3.000 cells/ml and biomass values over 5 mg cl a/m<sup>3</sup> were observed within ten miles of the coast. Very coastal nucleous of maximum abundance with values over 5.000 cells/ml and 10 ng cl a/m<sup>3</sup> were also recorded.

Seasonal variations in the composition and biomass of phytoplankton were detected. These variations were evidenced by an increase in species diversity and a decrease in biomass values in January with respect to September.

The phytoplankton characteristics outlined correspond to those normally found in the studied area during the spring-summer period. The species of diatoms identified in the present study had been previously recorded in the area. In adjacent areas and in other eastern boundary upwelling zones the same species have also sustained intense phytoplankton blooms.

## INTRODUCCION

La zona de Papudo (32° 30' S) ha sido tradicionalmente uno de los lugares principales de la pesca de la merluza (*Merluccius gayi gayi*) en la costa central de Chile, en especial durante el invierno y comienzo de primavera, siendo además un área importante de desove de la especie (Avilés et al. 1979).

Se estima que hay una serie de factores hidrológicos y biológicos, unidos a ritmos endógenos, que han determinado un comportamiento reproductivo que se manifiesta en la persistencia del área de puesta de Papudo a lo largo del tiempo.

La información sobre el ciclo anual de fitoplancton en zonas adyacentes al área de estudio recopilada por Avaria y Alviaj (1985), estaría indicando que el

período de máxima intensidad de desove de la merluza coincide con el período de máxima proliferación del fitoplancton. Si bien el concepto de ajuste - desajuste de Cushing (1975), en el sentido de que el momento de desove estaría sincronizado con la proliferación fitoplanctónica, ha sido críticamente revisada por Sinclair y Tremblay (1984), se ha pensado que en el área de estudio es importante conocer la composición, distribución y abundancia del fitoplancton, ya que estaría afectando a su vez el nivel trófico secundario. En tal sentido, como parte de un proyecto de investigación interdisciplinario para caracterizar hidrológicamente y biológicamente el área de desove frente a Papudo, este trabajo intenta determinar las variables mencionadas durante períodos de desove máximo y secundario.

## MATERIALES Y METODOS

En el área de estudio, situada entre 32° 00' y 33° 00' S, se efectuaron dos cruceros bio-oceanográficos, el primero entre el 8 y el 13 de septiembre de 1989 y el segundo entre el 4 y el 9 de enero de 1990.

En cada crucero se obtuvieron muestras de fitoplancton en estaciones situadas a 2, 5, 10, 20 y 30 millas de la costa, distribuidas en tres secciones frente a las latitudes de 32° 00' S, 32° 30' S y 33° 00' S (Figura 1).

En todas las estaciones de ambos cruceros se obtuvieron muestras para análisis taxonómicos del fitoplancton, mediante arrastres horizontales, de 10 a 20 minutos, y verticales, de 50 metros a superficie, con una red estándar de 67 micrones de tamaño de mallas. Simultáneamente, se tomaron muestras de agua con botellas Niskin para determinación de clorofila *a* en superficie y a profundidades de 5, 10, 25 y 50 metros; para recuentos de células en superficie y a 10 metros de profundidad. Las dos últimas profundidades se seleccionaron para efectos comparativos con estudios similares, realizados en otras áreas costeras de Perú y Chile.

Las muestras de red se fijaron con formalina al 5% neutralizada con bórax y las muestras de agua con lugol. Se recolectó un total de 210 muestras de agua y 60 muestras de red, depositándose las últimas en la Colección de Fitoplancton del Instituto de Oceanografía de la Universidad de Valparaíso.

El análisis taxonómico se efectuó observando directamente en un microscopio de contraste de fase Leitz Dialux 20, el material fijado o tratado previamente con ácidos para la eliminación de materia orgánica de diatomeas o con hipoclorito de sodio para separación de placas de dinoflagelados. Como complemento a la técnica descrita se efectuaron observaciones en un microscopio electrónico de barrido Leitz-AMR 1000, aplicando en la preparación y montaje del material las técnicas descritas en Hasle & Fryxell (1970). Para la identificación de las especies se consultaron numerosos trabajos especializados, siendo de particular interés los de Hendey (1964), Avaria (1965), Sournia (1967, 1968, 1986), Rivera (1969), Hermosilla (1973), Pesantes (1978), Muñoz & Avaria (1980), Ricard (1987), Priddle & Fryxell (1985), y las revisiones de Simonsen (1974), Taylor (1976), Rivera (1981, 1983, 1985) y Rivera *et al.* (1990).

El recuento de células se hizo en un microscopio Invertido Wild M-40, previa sedimentación de las muestras en cámaras de 5, 10, 50 o 100 cc, siguiendo el método de Utermöhl (1958), tomando en cuenta las consideraciones estadísticas de Lund *et al.* (1958), Uehlinger (1964) y la información de otros autores que han utilizado ampliamente el método, especialmente Herrera & Margalef (1963), Smayda (1965), Jacques (1968), Hasle (1969), Travers (1972, 1975), Avaria (1975) y Jiménez (1981).

La evaluación de la biomasa fitoplanctónica se efectuó mediante la

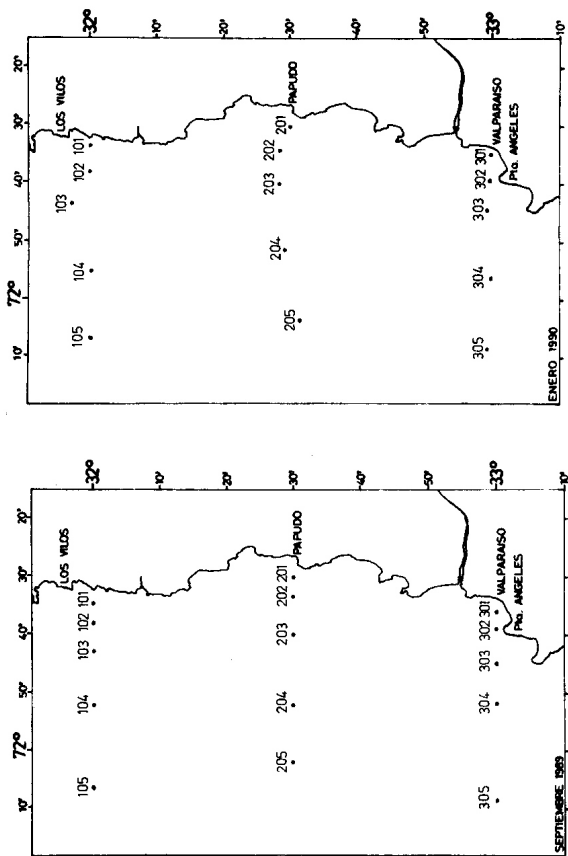


figura 1.- Posición de las estaciones de los cruceros realizados en septiembre de 1989 y en enero de 1990.

determinación de clorofila *a*, siguiendo la técnica de Strickland & Parsons (1972), y por cálculo de volúmenes celulares y conversión a peso algal a partir de los recuentos de células por especie, siguiendo el método indicado en Avaria (1975). Tanto en el muestreo como en los diferentes análisis se consideraron las recomendaciones de UNESCO (1966, 1978, 1980) y las observaciones de Cabrera (1984) y Cabrera y Montecino (1984).

En el archivo y procesamiento de datos se utilizó un computador IBM/PC DOS versión 3.00, creándose una unidad de programas especialmente diseñados para el almacenamiento y búsqueda de la

información, como también para el cálculo de los datos ingresados (Avaria y Lillo 1988).

Los resultados del análisis cualitativo se expresan en índices de abundancia relativa por especies calculados según método descrito por Avaria (1965), con escalas diferentes para diatomeas y dinoflagelados. Los resultados del análisis cuantitativo se expresan en términos de densidad o concentración celular (número de células por mililitro), en término de biomasa como volumen celular transformado a peso algal (miligramos por litro) o concentración de clorofila *a* (miligramos por metro cúbico).

## RESULTADOS

### CRUCERO SEPTIEMBRE 1989

El fitoplancton del área, en septiembre de 1989, se caracterizó por un marcado predominio de las diatomeas sobre los demás grupos, identificándose un total de 80 especies y variedades de diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados (Tabla 1). Las especies de mayor importancia cuantitativa fueron: *Chaetoceros socialis* y *C. debilis*, las que alcanzaron concentraciones sobre 4000 cél/ml; *C. fortissimus* y *C. cinctus*, que sobrepasaron los valores de 500 cél/ml, y *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum*, *Nitzschia seriata*, *Chaetoceros didymus*, *C. compressus*, *Thalassiosira aestivalls*, *Eucampia cornuta* y *Detonula pumila*, las cuales superaron los valores de 100 cél/ml. Las especies que tuvieron mayor incidencia en la biomasa fitoplanctónica fueron *C.*

*debilis*, *Thalassiosira aestivalls* y *Eucampia cornuta* que registraron valores de 9.98 mg/l, 6.72 mg/l y 3.16 mg/l respectivamente.

Los dinoflagelados y silicoflagelados se presentaron siempre en concentraciones muy bajas, predominando *Ceratium azoricum*, *C. fusus* var. *seta*, *C. tripos* f. *tripodioides*, *C. furca* var. *berghii* y *Dictyocha fibula*.

En el análisis de las muestras de red se pudo apreciar la absoluta dominancia de las diatomeas en la zona nerítica y la mayor incidencia de los dinoflagelados en el área oceánica. Se observaron cambios en la composición de especies en función de la distribución longitudinal del fitoplancton, identificándose numerosas diatomeas

típicamente neríticas que predominan entre la costa y 10 millas, tales como *Skeletonema costatum*, *Detonula pumila*, y especies pequeñas del género *Chaetoceros*; y sólo unas pocas diatomeas oceánicas fueron abundantes entre 20 y 30 millas de la costa, entre las que destacan *Planktoniella sol*, *Bacteriastrium delicatulum* y *Rhizosolenia bergonii* (Figura 2).

En el caso de los dinoflagelados, la diferenciación no fue tan clara, registrándose una notoria dominancia de especies neríticas y pantalásicas sobre las oceánicas entre la costa y 30 millas. Sólomente la especie nerítica *Diplopsalis minor* presentó una distribución normal, contrastando con otros dinoflagelados neríticos, tales como *Ceratium azoricum* y *C. furca* var. *berghii* que fueron más abundantes en el área oceánica, coexistiendo con especies pantalásicas. El único dinoflagelado oceánico que alcanzó significancia fue *Ceratium pentagonum* var. *tenerum* (Figura 3).

La distribución cuantitativa del fitoplancton de superficie señala una zona de mayor abundancia entre la costa y 10 millas, con valores superiores a 3.000 células/ml y 5 mg cl a/m<sup>3</sup>, con núcleos de máxima abundancia a 5 millas de la costa, frente a Papudo, donde se registraron valores superiores a 5.000 células/ml y 10 mg cl a/m<sup>3</sup>. Más allá de las 10 millas de la costa se apreció una disminución de la concentración del fitoplancton, observándose valores inferiores a 1000 células/ml y 1 mg cl a/m<sup>3</sup>. En la estación más oceánica de la sección Los Vilos se registraron valores superiores a 1000 células/ml y 3 mg cl a/m<sup>3</sup> (Figuras 4 y 5). La distribu-

ción cuantitativa del fitoplancton a 10 metros de profundidad presenta patrones similares a los de superficie (Figuras 6 y 7).

La distribución de la biomasa fitoplanctónica expresada en peso algal también presenta valores similares a los de los otros dos parámetros medidos (Figuras 8 y 9).

La distribución vertical del fitoplancton indica que las mayores concentraciones se dieron entre superficie y 10 metros, desde la costa hasta 10 millas. Frente a Papudo (Sección 2) la abundancia del fitoplancton se incrementa longitudinal y verticalmente, registrándose valores superiores a los encontrados en las otras dos secciones. El núcleo superficial de alta concentración de fitoplancton detectado en la estación más oceánica de la sección Los Vilos (Sección 1), se proyecta en profundidad registrando valores máximos superiores a 5 mg cl a/m<sup>3</sup>, a 25 metros. En las secciones 1 y 3 los mayores valores de las estaciones más oceánicas, ligeramente superiores a 1 mg cl a/m<sup>3</sup>, se registraron hacia mayores profundidades (Figura 10).

#### CRUCERO ENERO 1990

El fitoplancton del área de estudio en enero de 1990, al igual que en septiembre de 1989, se caracterizó por un marcado predominio de las diatomeas sobre los demás grupos que lo conforman. Sin embargo, se apreció un cambio en la composición de especies dominantes, como también un incremento en la diversidad y abundancia de los dino-

flagelados y un decremento de los valores de concentración de células y biomasa fitoplanctónica con respecto a septiembre de 1989. Se identificó un total de 90 especies y variedades de diatomeas y dinoflagelados, apreciándose una leve disminución del número de taxa de diatomeas y un incremento del 50 % en los taxa de dinoflagelados respecto a septiembre de 1989 (Tabla 1).

La dominancia de diatomeas prolife-rantes se observó en las estaciones mas cercanas a la costa de las tres secciones. Entre 10 y 30 millas de la costa se apreció un marcado incremento de los dinoflagelados y un aumento en la frecuencia de diatomeas de mayor tamaño y bajos requerimientos de nutrientes. Esto fue mas notable en las especies de *Rhizosolenia* que se incrementaron progresivamente con el alejamiento de la costa junto a la presencia de *Pseudoeunotia dolliotus*, *Guinardia flaccida* y *Thalassiothrix delicatula*. En las estaciones mas oceánicas de las tres secciones se registró con relativa frecuencia la especie oceánica subtropical *Planctonella sol*, coexistiendo con numerosas especies de dinoflagelados oceánicos de aguas cálidas que no aparecieron en las muestras de septiembre.

Los dinoflagelados que destacaron por su mayor frecuencia de aparición en las muestras de red fueron *Ceratium furca* var. *berghii*, *Diplopsalis lenticula*, *Protoperidinium depressum* y *P. brochii* en las estaciones costeras y *Ceratium pentagonum* var. *tenerum*, *C. extensum* y *C. macroceros* var. *gallicum* en las estaciones mas oceánicas. El dinoflagelado pantalésico *Ceratium*

*trijos* f. *tripodioides* fue importante en todas las estaciones de las tres secciones.

La distribución longitudinal de las principales especies de diatomeas de red permitió observar que las especies neríticas se distribuyeron en una franja más costera que en septiembre de 1989, una mayor penetración de las diatomeas oceánicas hacia la costa y la presencia de especies neríticas y oceánicas del género *Rhizosolenia* distribuidas en toda el área muestreada (Figura 11).

La distribución longitudinal de los dinoflagelados de red señaló un notorio incremento de la diversidad y abundancia relativa de las especies principales respecto a septiembre de 1989, como también un aumento del área de distribución de éstas (Figura 12). Las especies neríticas alcanzaron hasta las 30 millas y las oceánicas penetraron hasta muy cerca de la costa. La diversidad de especies oceánicas aumentó debido a que a las especies caracterís-ticas del área se agregaron taxa propios de aguas cálidas cuya distribución normal se da por fuera de las 70 o 100 millas de la costa. Entre estos últimos destacaron *Ceratium extensum*, *C. macroceros* var. *gallicum*, *Heteraulacus polyedricus*, *Kofoidinium velleioides*, *Protoperidinium globulus*, *P. fatulipes* y *Pyrophacus steinii*.

Las especies de mayor importancia cuantitativa fueron: *Leptocylindrus danicus* que alcanzó concentraciones sobre 3000 cél/ml, *Chaetoceros compressus* y *C. socialis*, que sobrepasaron los valores de 1000 cél/ml, y *Nitzschia seriata*, *Skeletonema*

costatum, *Detonula pumila* y *Thalassiosira subtilis*, que superaron los valores de 100 células/ml.

Las especies que tuvieron mayor incidencia en la biomasa fitoplanctónica fueron *Detonula pumila*, *Leptocylindrus danicus* y *Thalassiosira subtilis*, las que registraron valores máximos de 6.70, 6.51 y 3.14 mg/l respectivamente.

Los dinoflagelados se presentaron en concentraciones inferiores a 3 células/ml, destacando por su abundancia *Ceratium furca* var. *berghii*, *Polykrikos kofoidii* y *Diplopsalis lenticula* que alcanzaron concentraciones de 2.2, 1.6 y 1.2 células/ml respectivamente, teniendo una incidencia insignificante en la biomasa fitoplanctónica del área estudiada. Cabe destacar que en septiembre de 1989 los escasos dinoflagelados que alcanzaron significancia cuantitativa no superaron valores de 0.8 células/ml.

La distribución cuantitativa del fitoplancton en superficie señaló una zona de mayor abundancia, entre la costa y 3 millas, con valores superiores a 3.000 células/ml y 3 mg cl a/m<sup>3</sup>. Pequeños núcleos de máxima abundancia se registraron muy junto a la costa frente a Los Vilos, con valores cercanos a 5000 células/ml y 10 mg cl a/m<sup>3</sup>. Mas allá de las 3 millas se apreció una notoria disminución de la concentración del fitoplancton, registrándose valores inferiores a 1000 células/ml y 1 mg cl a/m<sup>3</sup> (Figuras 13 y 14). La distribución cuantitativa del fitoplancton a 10 metros de profundidad presenta patrones diferentes a los de superficie, apreciándose una disminución de la concentración de células y de la biomasa en

relación a ese nivel (Figuras 15 y 16).

La distribución de la biomasa fitoplanctónica expresada en peso algal difiere de los patrones anteriormente señalados debido a la incidencia que tuvieron las especies de diatomeas de mayor tamaño en las estaciones más alejadas de la costa (Figuras 17 y 18). Cabe hacer notar que esta diferencia no se observó en septiembre de 1989 debido a la casi absoluta dominancia de especies pequeñas de diatomeas en la mayor parte del área de estudio.

La distribución vertical del fitoplancton indicó que las mayores concentraciones se dieron entre superficie y 10 metros de profundidad desde la costa hasta 3 millas, con valores superiores a 5 mg cl a/m<sup>3</sup> en la estación más nerítica (Figura 19). A diferencia de septiembre de 1989, la distribución vertical del fitoplancton entre 10 y 30 millas de la costa fue diferente en las tres secciones. En las secciones extremas predominaron valores muy bajos de clorofila *a* en toda la columna hasta 50 metros de profundidad, exceptuando un núcleo de mayor concentración registrado bajo 20 metros de profundidad en la primera sección. En la sección intermedia, frente a Papudo, se registraron valores bajos en superficie y valores relativamente altos entre 10 y 50 metros de profundidad, efecto que se acentúa en la estación más oceánica.



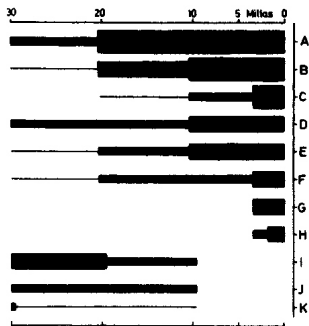


Figura 2.- Distribución longitudinal de las principales especies de diatomeas de red en el crucero de septiembre de 1989. Los diferentes grososres de trazo, del más fino al más ancho representan índices de abundancia relativa: rara, escasa, abundante y muy abundante. Las letras indican las especies siguientes: A. *Chaetoceros debilis*, B. *Chaetoceros socialis*, C. *Chaetoceros radicans*, D. *Skeletonema costatum*, E. *Detonula pumila*, F. *Nitzschia seriata*, G. *Thalassiosira aestivalis*, H. *Chaetoceros lorenzianus*, I. *Planktoniella sol*, J. *Bacteriastrium delicatulum*, K. *Rhizosolenia bergonii*.

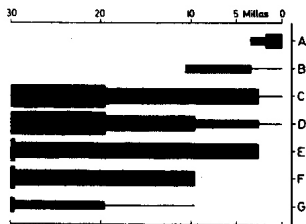


Figura 3.- Distribución longitudinal de las principales especies de dinoflagelados de red en el crucero de septiembre de 1989. Los diferentes grososres de trazo, del más fino al más ancho representan índices de abundancia relativa: rara, escasa, abundante y muy abundante. Las letras indican las especies siguientes: A. *Diplopsalis minor*, B. *Protoperidinium leonis*, C. *Ceratium furca* var. *berghii*, D. *Ceratium azoricum*, E. *Ceratium tripos* f. *tripodioides*, F. *Ceratium pentagonum* var. *tenerum*, G. *Ceratium fusus* var. *seta*.

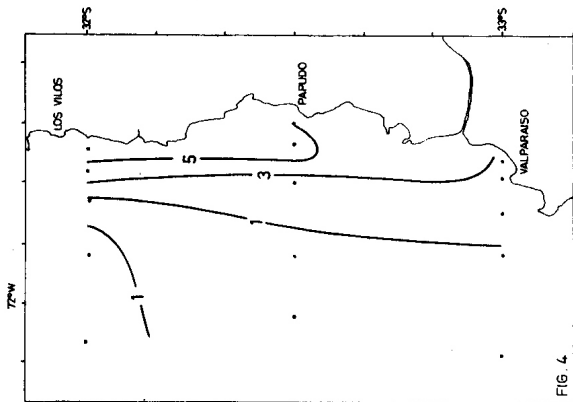


FIG. 4.

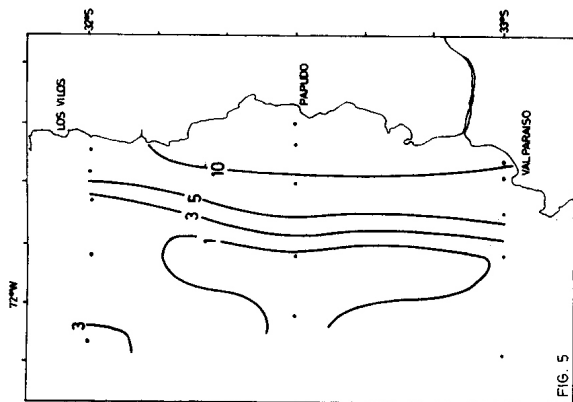


FIG. 5.

Figura 4.- Distribución de la concentración de células en superficie en septiembre de 1989 (cél/mlx10 ).

Figura 5.- Distribución de la clorofila a en superficie en septiembre de 1989 (mg/m<sup>3</sup>).

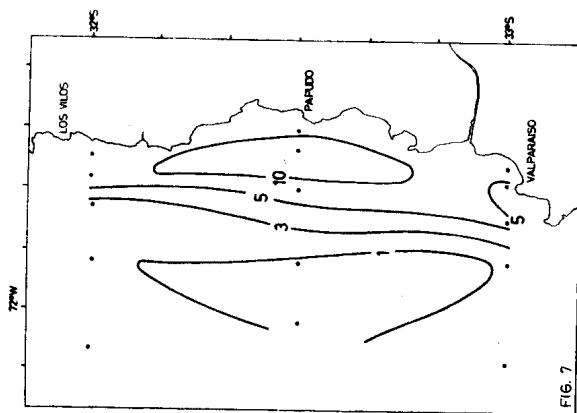


FIG. 7

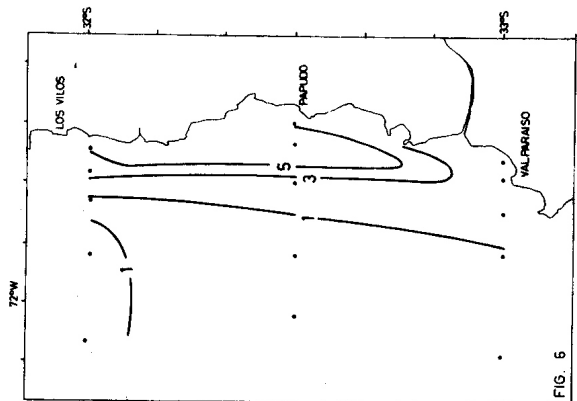


FIG. 6

Figura 6.- Distribución de la concentración de células a 10 metros en septiembre de 1989 (cél/mlx10).

Figura 7.- Distribución de la clorofila a 10 metros en septiembre de 1989 (mg/m<sup>3</sup>).

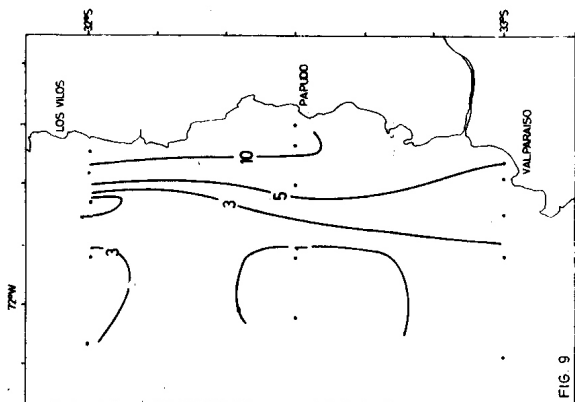


FIG. 9

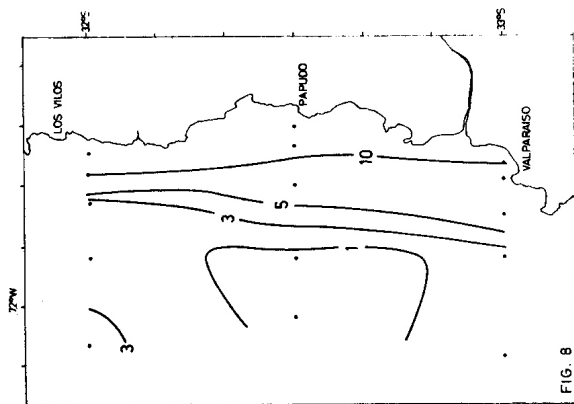


FIG. 8

Figura 8.- Distribución de la biomasa fitoplanctónica en superficie en septiembre de 1989 (mg/l).

Figura 9.- Distribución de la biomasa fitoplanctónica a 10 metros en septiembre 1989 (mg/l).

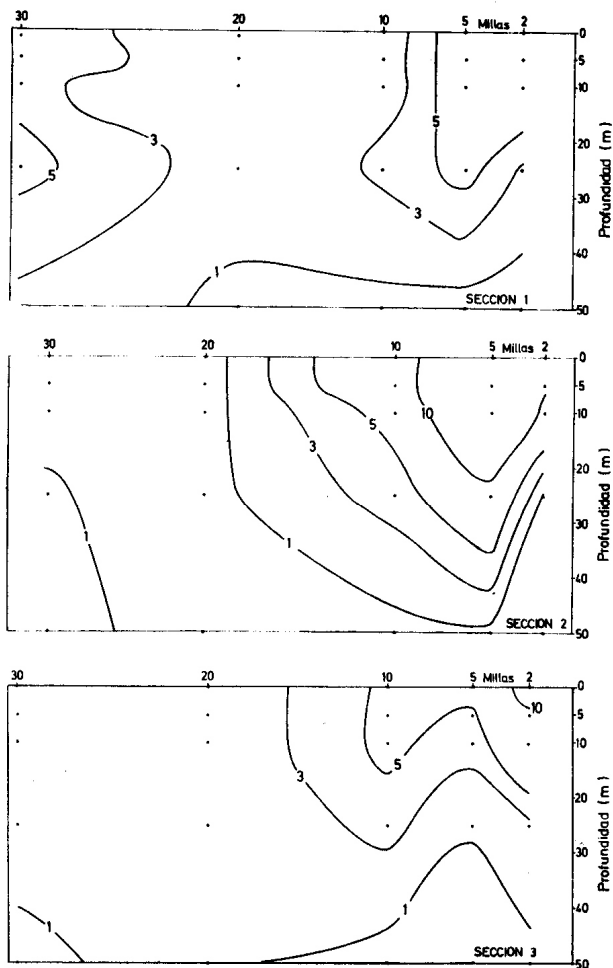


Figura 10.- Distribución vertical de la clorofila a en septiembre de 1989 (mg/m<sup>3</sup>).

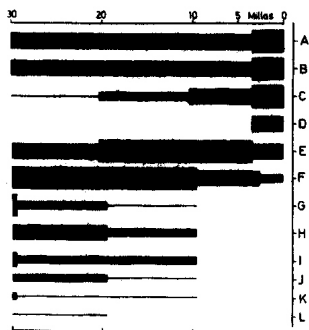


Figura 11.- Distribución longitudinal de las principales especies de diatomeas de red en el crucero de enero de 1990. Los diferentes grosores de trazo, del más fino al más ancho representan índices de abundancia relativa: rara, escasa, abundante y muy abundante. Las letras indican las especies siguientes: A. *Leptocylindrus danicus*, B. *Detonula pumila*, C. *Chaetoceros socialis*, D. *Chaetoceros debilis*, E. *Rhizosolenia imbricata*, F. *Thalassiosira aestivalis*, G. *Nitzschia seriata*, H. *Rhizosolenia delicatula*, I. *Thalassiothrix delicatula*, J. *Rhizosolenia styliiformis*, K. *Planktoniella sol*, L. *Rhizosolenia alata*.

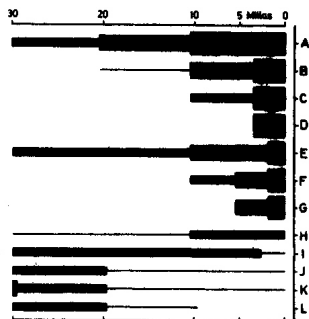


Figura 12.- Distribución longitudinal de las principales especies de dinoflagelados de red en el crucero de enero de 1990. Los diferentes grosores de trazo, del más fino al más ancho representan índices de abundancia relativa: rara, escasa, abundante y muy abundante. Las letras indican las especies siguientes: A. *Ceratium furca* var. *berghii*, B. *Protoperidinium depressum*, C. *Diplopsalis lenticula*, D. *Protoperidinium brochii*, E. *Ceratium tripos* f. *tripodioides*, F. *Ceratium pentagonum* var. *tenerum*, G. *Ceratium extensum*, H. *Ceratium macroceros* var. *gallicum*, I. *Protoperidinium pedunculatum*, J. *Heteraulacus polyedricus*, K. *Kofoidinium velleoides*, L. *Pyrophacus steinii*.

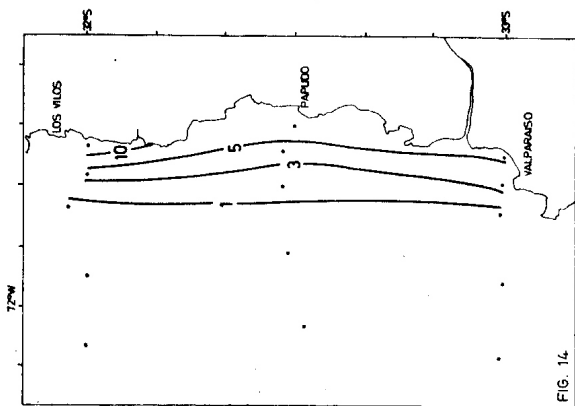


FIG. 14

Figura 13.- Distribución de la concentración de células en superficie en enero de 1990 (cél/mlx10).

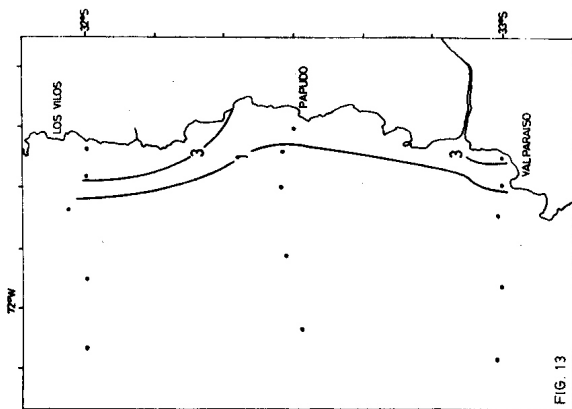


FIG. 13

Figura 14.- Distribución de la clorofila a en superficie en enero de 1990 (mg/m<sup>3</sup>).

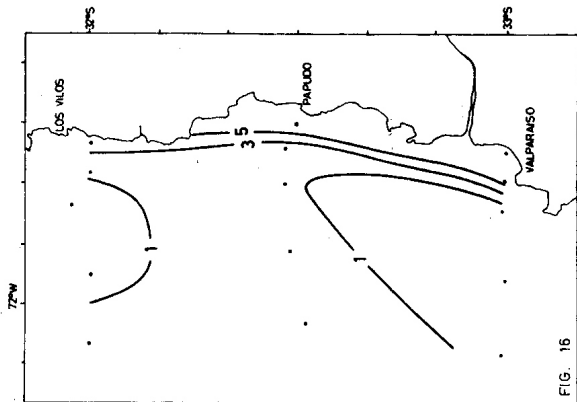


FIG. 16

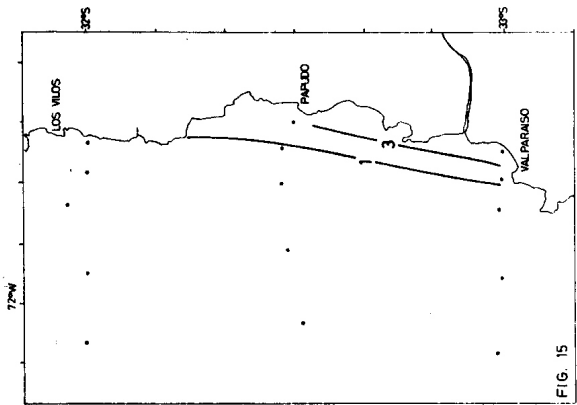


FIG. 15

Figura 15.- Distribución de la concentración de células a 10 metros en enero de 1990 (cél/mlx10).

Figura 16.- Distribución de la clorofila a 10 metros en enero de 1990 (mg/m<sup>3</sup>).



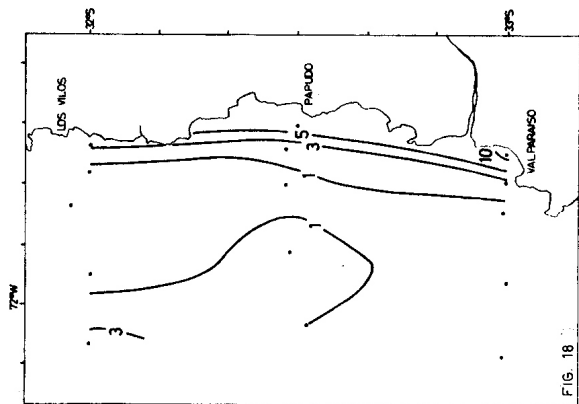


FIG. 18

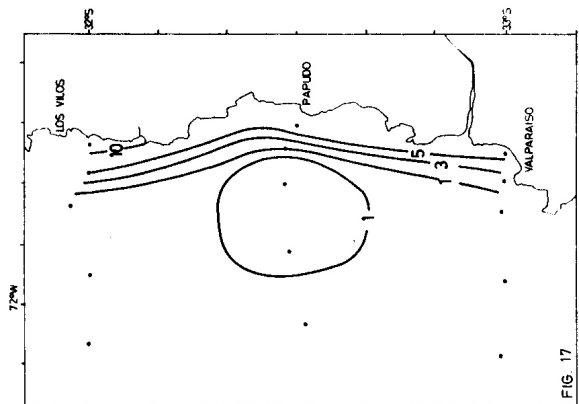


FIG. 17

Figura 17.- Distribución de la biomasa fitoplanctónica en superficie en enero de 1990 (mg/l).

Figura 18.- Distribución de la biomasa fitoplanctónica a 10 metros en enero de 1990 (mg/l).

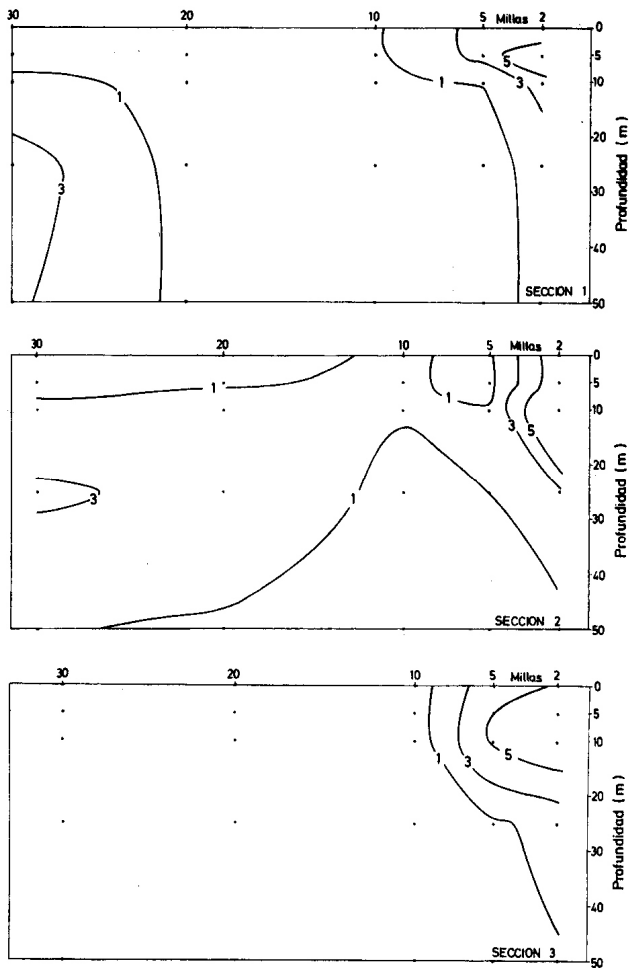


Figura 19.- Distribución vertical de la clorofila a en enero de 1990 (mg/m<sup>3</sup>).

## DISCUSION

Los ecosistemas de surgencia costera son muy dinámicos y presentan gran variabilidad a diferentes escalas espaciales y temporales, pero la estructura física básica de las principales áreas de surgencia es comparable y la distribución del fitoplancton de esas áreas presenta muchos rasgos en común (Estrada y Blasco 1985). Durante los períodos de máxima intensidad de la surgencia, estos ecosistemas se caracterizan por un núcleo de aguas turbulentas, frías y ricas en nutrientes, rodeado por zonas de estabilidad creciente. La estructura entera se expande o se contrae de acuerdo con la intensidad de las fuentes de energía externa que intervienen, principalmente vientos.

Las diferencias en el ambiente físico relacionadas con los ritmos de intensificación y de relajación de la surgencia, circulación y contribución de la distintas masas de agua, se refleja en variaciones de la composición del fitoplancton. Como los organismos responden en forma no-lineal a las perturbaciones favorables del medio actuando como amplificadores de la variabilidad física, en este contexto, los fitoplanctones son excelentes indicadores de las variaciones ambientales.

Las características del fitoplancton del área de estudio corresponden a las que se presentan normalmente en la zona durante el período primavera-verano, durante el cual se observa la dominancia en la costa de especies pequeñas de diatomeas proliferantes consideradas como especies oportunistas o r-estrategas, con altas tasas de división y

preferencias por concentraciones elevadas de nutrientes. Generalmente estas especies sustentan una alta biomasa fitoplanctónica y se adaptan bien a condiciones de surgencia costera (Alvial y Avaria 1982, Avaria y Muñoz 1982).

Las diversas adaptaciones de estas especies a condiciones de surgencia han sido discutidas exhaustivamente por Margalef (1978b), Malone (1980), Sournia (1982) y Estrada y Blasco (1985), entre otros autores.

Las diatomeas identificadas en ambos cruceros son comunes en el plancton del área y muy abundantes en zonas neríticas con mezcla vertical turbulenta. Asimismo, varias de ellas han sido responsables de grandes proliferaciones de primavera-verano registradas en la bahía de Valparaíso y áreas adyacentes entre 1963 y 1984 (Avaria 1971, 1975, Avaria y Orellana 1975, Uribe 1978, Alvial y Avaria 1982, Avaria y Muñoz 1982 y Avaria et al. 1988), en otras áreas de la costa chilena norte entre 1980 y 1988 (Avaria y Muñoz 1987, 1990) y a lo largo de la costa del Perú entre 1961 y 1970, y en 1986 (Rojas 1981, Ochoa y Gómez 1988).

Los dinoflagelados, mejor adaptados a condiciones de estabilidad del agua, fueron más frecuentes en las estaciones más alejadas de la costa, muestreadas en ambos cruceros. La mayoría de las especies identificadas son también comunes en el área de estudio de acuerdo a las publicaciones antes citadas, exceptuando numerosas especies de dino-

flagelados oceánicos de aguas cálidas encontrados en enero de 1990. Su distribución longitudinal estaría dentro de los patrones normales, si se compara con la encontrada en el norte del país (Avaria y Muñoz 1987), la cual se caracteriza por baja diversidad de dinoflagelados criófilos cerca de la costa y un progresivo incremento en la abundancia y diversidad de especies a partir de las 20 millas, con una mayor incidencia de especies termófilas. Asimismo, coinciden los patrones de variación estacional en el área de estudio con aquellos observados en años anteriores entre Arica y Caldera, los cuales se caracterizan por un incremento de la diversidad de especies en verano con mayor frecuencia de especies de aguas cálidas (Avaria et al. 1982, Avaria y Muñoz 1988, 1990), situación que se exacerba por efectos de El Niño (Avaria y Muñoz 1985).

En ambos cruceros los cambios observados en la composición de especies en secciones muestreadas en un mismo día, se deberfan en gran parte a procesos advectivos, como lo demostró Blasco (1971) en la costa peruana. Los mismos cambios obedecerfan según Barber y Smith (1981) a la etapa del período de surgencia en que se realizó el muestreo, encontrándose una correlación estrecha entre alto contenido de nutrientes y pobreza fitoplanctónica al principio de cada evento, seguido de un incremento sostenido de la concentración del fitoplancton. Pero, en general, la distribución del fitoplancton encontrada, en el área Papudo-Los Villos, particularmente en septiembre de 1989, presenta rasgos en común con otras áreas de surgencia estudiadas en Chile (Avaria y Muñoz 1982, 1987; Uribe

1978, González et al. 1987) en Perú (Estrada y Blasco 1985) y en el Noroeste de África (Margalef 1978a, Estrada y Blasco op. cit.).

La mayor incidencia de poblaciones de diatomeas con células cubiertas por una abundante secreción orgánica visible, en septiembre de 1989 con respecto a enero de 1990, estaría indicando que la surgencia fué mas intensa en el primer período. Según Margalef (1978a) esas diatomeas son características en procesos de gran intensidad, ubicándose en los puntos donde la velocidad ascendente del agua y su divergencia en superficie son mas intensas.

Esta interpretación de las formas biológicas del fitoplancton como adaptaciones a determinadas constelaciones de factores de selección coincide con los apreciaciones de Silva y Sievers (1991) quienes, basados en un estudio hidrológico simultáneo al del fitoplancton, señalan para la misma área un proceso de surgencia previo al crucero de septiembre que estaba en su fase de decaimiento durante el crucero mismo. El episodio se manifestó principalmente en las secciones de más al norte, quedando definido por la presencia de una banda costera angosta, de 3 a 5 millas de ancho, con aguas frías ricas en nutrientes. Los autores mencionados sostienen además que en enero de 1990 no hubo surgencia en la costa o, que de haber ocurrido, ésta estaba en una fase final de decaimiento, y que existió un calentamiento moderado entre 20 y 30 millas de la costa, con temperaturas de 17 a 18°C.

Tanto la presencia de la surgencia en septiembre y su ausencia en enero,

como el calentamiento detectado en enero, se vieron reflejados en la composición y biomasa del fitoplancton.

La acción de la surgencia se aprecia en la composición del fitoplancton en ambos períodos. El fitoplancton de septiembre de 1989, se caracterizó por el marcado predominio de especies pequeñas de Chaetoceros, mejor adaptadas a la mezcla vertical turbulenta que las especies dominantes en enero de 1990. A ello se agrega el aumento en la concentración y diversidad de especies de Rhizosolenia, especies del grupo de los dinoflagelados y de otros taxa de diatomeas mejor adaptadas a condiciones de estabilidad relativa registrados en enero de 1990. Los valores promedios de biomasa en septiembre fueron superiores a los de enero.

La influencia del calentamiento de enero de 1990 se vio reflejada en la abundancia y diversidad de dinoflagelados y la aparición de especies oceánicas de aguas cálidas cuya presencia tan cerca de la costa no es común. Sin embargo, las características descritas se alejan de aquellas encontradas durante un calentamiento intenso, como el ocurrido bajo la influencia de El Niño 1982/83 (Avaria y Muñoz 1987). En esta oportunidad no se detectó la presencia de *Ethmodiscus rex*, diatomea seleccionada como uno de los indicadores biológicos importantes de El Niño (Rivera et al. 1989).

Los valores de concentración de células y de clorofila registrados en ambos cruceros están dentro de los rangos dados por Rojas (1981) y Ca-

llenes et al. (1985) para la costa peruana, basados en datos de largos períodos de tiempo: 9 años en el primer caso para concentración de células y 14 años en el segundo caso para clorofila a. De particular interés en la comparación fueron los valores de superficie, considerando que en los sistemas de surgencia las fluctuaciones horizontales y verticales están íntimamente relacionadas, por lo que las propiedades de superficie pueden ser vistas como indicadores significativos de los procesos que ocurren a través de la columna de agua (Callenes et al. op. cit.).

Es conocido que la distribución del fitoplancton obedece a la interacción de varios factores del medio, entre los que sobresalen la luz, temperatura, disponibilidad de nutrientes, turbulencia, y acción animal. Algunos de ellos fueron controlados por Silva y Sievers (1991), quienes registraron en septiembre de 1989 temperaturas inferiores a 12° C, asociadas con altas concentraciones de nitratos y fosfatos, evidenciando una surgencia costera de intensidad decreciente de norte a sur. Estas características explicaban la extraordinaria abundancia y los patrones de distribución del fitoplancton costero. Los valores relativamente altos de biomasa fitoplanctónica observados en las estaciones más oceánicas frente a Los Vilos, estarían sugiriendo movimientos de agua desde la costa de Papudo hacia el norte y hacia afuera.

La ausencia de episodios de surgencia cercanos a la fecha del crucero de enero explicaría la distribución cuantitativa del fitoplancton, restringida

a una franja muy costera de relativa abundancia, en la cual se observaron valores de concentración de células y de clorofila inferiores a los registrados en septiembre de 1989. Cabe hacer notar además que en enero predominaron en el zooplancton formas carnívoras, por lo cual el fitoplancton no estaba sometido a una intensa acción animal como lo estuvo en septiembre de 1989, en que en el zooplancton se detectó una extraordinaria abundancia

de copépodos herbívoros (S. Palma, comunicación personal).

Las diferencias en la distribución vertical encontradas en septiembre y enero también se explicarían por la presencia de una surgencia previa al cruceo en el primer período y la ausencia o mayor lejanía en el tiempo del fenómeno en el segundo período (Silva y Sievers 1991).

TABLA I. Especies identificadas en muestras de fitoplancton recolectadas en cruceos realizados entre Los Vilos y Valparaíso en septiembre de 1989 y enero de 1990.

E S P E C I E S	septiembre 1989	enero 1990
<hr/>		
Diatomeas		
Asterionella glacialis Castracane	+	.
Bacteriastrium delicatulum Cleve	+	.
Odontella longicruris (Greville) Hoban	+	+
Odontella longicruris var. hyalina (Schröder) Cupp	+	+
Cerataulina pelagica (Cleve) Hendey	+	+
Chaetoceros affinis Lauder	+	.
Chaetoceros cinctus Gran	+	+
Chaetoceros compressus Lauder	+	+
Chaetoceros constrictus Gran	+	+
Chaetoceros convolutus Castracane	+	+
Chaetoceros curvisetus Cleve	+	.
Chaetoceros debilis Cleve	+	+
Chaetoceros diadema (Enrenberg) Gran	+	+
Chaetoceros didymus Ehrenberg	+	+
Chaetoceros eibonii Grunow	+	+
Chaetoceros lorenzianus Grunow	+	+
Chaetoceros messanensis Castracane	+	.
Chaetoceros radicans Schütt	+	.
Chaetoceros socialis Lauder	+	+
Chaetoceros tortissimus Gran	+	+

TABLA I. (Continuación).

E S P E C I E S	septiembre 1989	enero 1990
Diatomeas		
<i>Chaetoceros teres</i> Cleve	+	+
<i>Climacodium biconcavum</i> Cleve	+	+
<i>Corethron criophilum</i> f. <i>hystrix</i> (Castracane) Hendey	+	.
<i>Coscinodiscus janischi</i> Schmidt	+	+
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reiman & Lewin	.	+
<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Schütt	+	+
<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow	+	+
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo	+	+
<i>Lauderia annulata</i> Cleve emend. Hasle	+	+
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	+	+
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Peragallo.) Hasle	+	+
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Grunow	+	+
<i>Nitzschia seriata</i> Cleve	+	+
<i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schütt	+	+
<i>Pseudoeunotia doliolus</i> (Wallich) Grunow	+	+
<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>alata</i> Brightwell	+	+
<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>indica</i> (Peragallo) Hustedt	.	+
<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>gracillima</i> (Cleve) Grunow	.	+
<i>Rhizosolenia bergonii</i> Peragallo	+	+
<i>Rhizosolenia delicatula</i> Cleve	+	+
<i>Rhizosolenia fragilissima</i> Bergon	+	+
<i>Rhizosolenia imbricata</i> var. <i>minuta</i> Rivera	+	+
<i>Rhizosolenia imbricata</i> var. <i>shrubsolei</i> (Cleve) Schröder	+	+
<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell	+	+
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i> Peragallo	+	+
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	+	+
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	+	+
<i>Stephanopyxis turris</i> (Greville & Arnott) Ralfs	+	+
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Van Heurck	+	+
<i>Thalassiosira aestivalis</i> Gran & Angst	+	+
<i>Thalassiosira decipiens</i> (Grunow) Jörgensen	+	+
<i>Thalassiosira subtilis</i> (Ostenfeld) Gran emend. Hasle	+	+
<i>Thalassiothrix delicatula</i> Cupp	+	+
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (Grunow) Grunow	+	+
Dinoflagelados		
<i>Ceratium azoricum</i> Cleve	+	+

TABLA I. (Continuación).

E S P E C I E S	septiembre 1989	enero 1990
Dinoflagelados		
<i>Ceratium breve</i> var. <i>parallelum</i> (Schmidt) Jörgensen	.	+
<i>Ceratium candelabrum</i> var. <i>depressum</i> (Pouchet) Jörgensen	.	+
<i>Ceratium contrarium</i> (Gourret) Pavillard	+	+
<i>Ceratium declinatum</i> (Karsten) Jörgensen	.	+
<i>Ceratium declinatum</i> var. <i>normale</i> Jörgensen	.	+
<i>Ceratium deflexum</i> (Kofoid) Jörgensen	+	.
<i>Ceratium extensum</i> (Gourret) Cleve	+	+
<i>Ceratium falcatum</i> (Kofoid) Jörgensen	+	.
<i>Ceratium furca</i> var. <i>berghii</i> Lemmermann	+	+
<i>Ceratium fusus</i> var. <i>seta</i> (Ehrenberg) Schiller	+	+
<i>Ceratium kofoidii</i> Jörgensen	+	+
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	+	.
<i>Ceratium macroceros</i> var. <i>gallicum</i> (Kofoid) Sournia	+	+
<i>Ceratium massiliense</i> (Gourret) Karsten	+	.
<i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>robustum</i> (Cleve) Jörgensen	+	+
<i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>tenerum</i> Jörgensen	+	+
<i>Ceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid	+	+
<i>Ceratium tripos</i> var. <i>ponticum</i> Jörgensen	+	.
<i>Ceratium tripos</i> var. <i>pulchellum</i> (Schröder) López	+	+
<i>Ceratium tripos</i> f. <i>tripodioides</i> (Jörgensen) Paulsen	+	+
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent	.	+
<i>Dinophysis forthii</i> Pavillard	+	.
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret	.	+
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh	+	+
<i>Diplopsalis minor</i> (Paulsen) Silva	+	+
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	+	+
<i>Heteraulacus polyedricus</i> (Pouchet) Drugg & Loeblich	.	+
<i>Kofoidinium velleloides</i> Pavillard	+	.
<i>Podolampas bipes</i> Stein	.	+
<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton	.	+
<i>Protoperidinium brochii</i> (Kofoid & Swezy) Balech	+	+
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech	+	+
<i>Protoperidinium claudicans</i> (Paulsen) Balech	.	+
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech	+	+
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech	+	+
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech	+	+
<i>Protoperidinium fatulipes</i> Kofoid	.	+
<i>Protoperidinium globulus</i> Stein	.	+



TABLA I. ( Continuación).

E S P E C I E S	septiembre 1989	enero 1990
<b>Dinoflagelados</b>		
<i>Protooperidinium obtusum</i> (Karsten) Parke & Dodge	+	+
<i>Protooperidinium oceanicum</i> (Vanhöffen) Balech	+	+
<i>Protooperidinium leonis</i> (Pavillard) Balech	+	+
<i>Protooperidinium pedunculatum</i> (Schütt) Balech	.	+
<i>Protooperidinium pellucidum</i> (Schütt) Balech	.	+
<i>Protooperidinium pentagonum</i> (Gran) Balech	.	+
<i>Protooperidinium punctulatum</i> (Paulsen) Balech	.	+
<i>Protooperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech	.	+
<i>Pyrophacus steinii</i> (Schiller) Wall & Dale	.	+
<i>Pyrocystis noctiluca</i> Murray ex Schütt	.	+
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich III	.	+
<b>Silicoflagelados</b>		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	+	.

**AGRADECIMIENTOS.** Los autores dejan constancia de su reconocimiento al Sr. V. Villanueva, Ayudante Técnico del Laboratorio de Fitoplancton del Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso, por su generosa colaboración en el análisis de muestras y procesamiento de datos; al Sr. R. Astudillo, Dibujante Técnico, por su asistencia en la representación gráfica de la información, y a los tripulantes y técnicos del B/I "Tiberíades" por su eficiente trabajo de recolección de muestras.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALVIAL, A. & S. AVARIA. 1982. Proliferación de primavera del fitoplancton en la bahía de Valparaíso II. Dinámica de las comunidades. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 18(1): 1-52.
- AVARIA, S. 1965. Diatomeas y silicoflagelados de la bahía de Valparaíso. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 12 (1): 61-119.
- AVARIA, S. 1971. Variaciones mensuales cualitativas del fitoplancton de la bahía de Valparaíso de julio 1963 a julio de 1966. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 14(3): 15-43.

- AVARIA, S. 1975. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. II. Fitoplancton 1970-1971. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 15(2):131-148.
- AVARIA, S. & A. ALVIAL. 1985. La investigación ecológica del fitoplancton marino de Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 21(1): 61-106
- AVARIA, S & G. LILLO. 1988. Unidad de programas en Basic para el almacenamiento, búsqueda y cálculo de información sobre fitoplancton marino de Chile analizado en el Instituto de Oceanología. Publ. Ocas. Inst. Oceanología. Univ. Valparaíso, 4: 1-73,
- AVARIA, S. & P. MUÑOZ. 1982. Producción actual, biomasa y composición específica del fitoplancton de la bahía de Valparaíso, Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 19(1): 63-78.
- AVARIA, S. & P. MUÑOZ. 1985. Efectos del Fenómeno de "El Niño" sobre el fitoplancton marino del norte de Chile en diciembre de 1982. (Operación Oceanográfica MARCHILE XIV - ERFEN V). Cienc. y Tec. del Mar, CONA 9: 3-30.
- AVARIA, S. & P. MUÑOZ. 1987. Effects of El Niño 1982-1983 on the Marine Phytoplankton off Northern Chile. J. Geophys. Res., 92(C13): 14369-14382.
- AVARIA, S. & P. MUÑOZ. 1988. Distribución del fitoplancton marino en el norte de Chile en 1988. Inf.Cient. y Tec. Inst. Oceanol., U. Valparaíso, 1/88, 111 pp.
- AVARIA, S. & P. MUÑOZ. 1990. Distribución del fitoplancton marino en el norte de Chile en 1989 y 1990. Inf. Cient. y Tec. Inst. Oceanol., U. Valparaíso, 13/90, 70 pp.
- AVARIA, S. & E. ORELLANA. 1975. Estudios de ecología fitoplanctónica de la bahía de Valparaíso III. Fitoplancton 1972-1973. Rev. Biol. Mar., Valparaíso 15(3): 207-226.
- AVARIA, S., MUÑOZ, P. y M. BRAUN. 1988. El fitoplancton frente a península Los Molles, Valparaíso, Chile (32º 45'S) y su relación con "El Niño" 1982-1983. Rev. Biol.Mar., Valparaíso, 24(1): 1-35.
- AVARIA, S., MUÑOZ, P. & E. URIBE. 1982. Composición y biomasa del fitoplancton del norte de Chile en diciembre de 1980 (Operación Oceanográfica MARCHILE XI-ERFEN II). Cienc. y Tec. del Mar, CONA 6: 5-36.
- AVILES, S., AGUAYO, M., INOSTROZA, F. & J. CAÑON. 1979. Merluza común *Merluccius gayi* (Fuichenot). En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Vol. 1 (peces) Corporación de Fomento de la Producción (AP-79-18) Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 90 pp.

- BARBER, R.T. & R.L. SMITH. 1981. Coastal Upwelling Ecosystems. In: Analysis of marine ecosystem. A. Longhurst (ed.) Academic Press, New York, 31-68.
- BLASCO, D. 1971. Composición y distribución del fitoplancton en la región de afloramiento de la costa peruana. *Inv. Pesq.*, 35: 129-157.
- CABRERA, S. 1984. Estimación de la concentración de clorofila a y feopigmentos: una revisión metodológica. En N. Bahamonde y S. Cabrera (eds.). Embalses, fotosíntesis y productividad primaria. Editorial Alfa Beta, Santiago Chile, 198-200.
- CABRERA, S. y V. MONTECINO. 1984. The meaning of the euphotic chlorophyll a measurement. *Verh. Internat. Verein. Limnol* 22: 1328-1331.
- CALIENES, R., GUILLEN, O. & N. LOSTAUNAU. 1985. Variabilidad espacio-temporal de la clorofila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. *Bol. Inst. Mar Perú-Callao*, 10(1): 1-44.
- CUSHING, D.H. 1975. *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge University Press, Cambridge-New York, 124 pp.
- ESTRADA, M. & D. BLASCO. 1985. Phytoplankton assemblages in coastal upwelling areas. *Int. Symp. Upw. W. Afr., Inst. Inv. Pesq.*, Barcelona, 1: 379-402.
- GONZALEZ, H., BERNAL, P. & R. AHUMADA. 1987. Desarrollo de dominancia local en la taxocenosis de fitoplancton de bahía de Concepción, Chile, durante un evento de surgencia. *Revista Chilena de Historia Natural*, 60: 19-35.
- HASLE, G.R. 1969. An analysis of the phytoplankton of the Pacific Southern Ocean: Abundance, composition and distribution during the Bratteg Expedition, 1947-48. *Hvalradets Skrifter*, 52: 1-168.
- HASLE, G.R. & G.A. FRYXELL. 1970. Diatoms: cleaning and mounting for light and electron microscopy. *Transactions American Microscopical Society*, 89(4): 469-474.
- HENDEY, I.N. 1964. Bacillariophyceae (Diatoms). In: An Introductory account of the smaller algae of British Coastal Waters, part V. London, H.M.S.O., Fish. Invest., Ser., 4, 317 pp.
- HERMOSILLA, J. 1973. Contribución al conocimiento sistemático de los dinoflagelados de la bahía de Concepción, Chile. *GAYANA (Zool.)*, 24: 1-149

- HERRERA, J. & R. MARGALEF. 1963. Hidrografía y fitoplancton de la costa comprendida entre Castellón y la desembocadura del Ebro, de julio de 1960 a julio de 1961. *Inv. Pesq.*, 24: 33-112.
- JACQUES, G. 1968. Etude du plancton de la région de Banyuls. Influence du volume de sédimentations sur la précision de la méthode d'Utermöhl. *Rapport Commission Internationale Mer Méditerranée*, 19(3): 391-392.
- JIMENEZ, R. 1981. Composition and distribution of phytoplankton in the upwelling system of the Galapagos Islands. In: F.A. Richards (ed.). *Coastal Upwelling*. American Geophysical Union, Washington D.C., pp.: 327-338.
- LUND, J.W., KIPLING, C. & E.D. LE CREN. 1958. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia*, 11(2): 143-170.
- MALONE, T.C. 1980. Algal size. In: I. Morris (Ed.). *The Physiological Ecology of Phytoplankton*. Blackwell Sci. Publ. Oxford, pp.: 433-463.
- MARGALEF, R. 1978a. Phytoplankton communities in upwelling areas. The example of NW Africa. *Oecología Aquatica*, 3: 97-132.
- MARGALEF, R. 1978b. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologica Acta*, 1: 493-509.
- MUÑOZ, P. & S. AVARIA. 1980. Estudios taxonómicos de los dinoflagelados tecados de la bahía de Valparaíso. I. Género *Ceratium*. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, 17: 1-57.
- OCHOA, N. & O. GOMEZ. 1988. Variación espacio - temporal del fitoplancton frente a Callao, Perú, en 1986. En: Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento costero peruano (H. Salzwedel y A. Landa Eds.) *Bol. Inst. Mar. Perú* (Volumen extraordinario): 51-57.
- PESANTES, F. 1978. Dinoflegelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Publ. Inst. Oceanogr. Armada, Ecuador*, 2(2): 1-98.
- PRIDDLE, J. & G. FRYXELL. 1985. Handbook of the common plankton diatoms of the Southern Ocean: Centrales except the genus *Thalassiosira*. University Press, Cambridge, V. 12, 159 pp.
- RICARD, M. 1987. Atlas du phytoplancton marin. 2: *Diatomophycées*. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 297 pp..

- RIVERA, P. 1969. Sinopsis de las diatomeas de la bahía de Concepción, Chile. *Gayana Bot.*, 18: 1-112.
- RIVERA, P. 1981. Beiträge zur taxonomie und Verbreitung der Gattung *Thalassiosira* Cleve (Bacillariophyceae) in den Küstengewässern Chiles. *Bibliotheca Phycologica*, Band 56: 1-220, 71 Taf.
- RIVERA, P. 1983. A Guide for References and Distribution for the Class Bacillariophyceae in Chile between 18° 28' S and 58° S. *Bibliotheca Phycologica*, Band 3: 1-386.
- RIVERA, P. 1985. Las especies del género *Nitzschia* Hassall, sección *Pseudonitzschia* (Bacillariophyceae), en la aguas marinas chilena. *Gayana, Bot.*, 46(1/2): 89-116.
- RIVERA, P., AVARIA, S. & H. BARRALES. 1989. The marine diatom *Ethmodiscus rex* (Wallch in Rattray) Hendeby found in net samples off north coast of Chile. *Diatom Research*, 4(1): 131-142.
- RIVERA, P.S., GEBAUER, M. & H.L. BARRALES. 1990. A guide for references and distribution for the class Bacillariophyceae in Chile between 18°28'S and 58° S. Part. II. Data from 1982 to 1988. *Gayana Bot.*, 46(3/4): 155-198.
- ROJAS, B. 1981. Seasonal phytoplankton distribution along the Peruvian Coast. In *Coastal Upwelling*, F.A. Richards (ed.), American Geophysical Union Washington D.C., pp. 348-356.
- SILVA, N. & H. SIEVERS. 1991. Condiciones oceanográficas en un área de desove de la merluza entre Los Vilos y Valparaíso, Chile. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, 26(1):109-140.
- SIMONSEN, R. 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of R.V. "Meteor" 1964-1965. *Meteor Forschungsergeb. (D. Biol.)*, 19: 1-66.
- SINCLAIR, M. & M.J. TREMLAY. 1984. Timing of spawning of Atlantic herring (*Clupea arengus arengus*) populations and the match-mismatch theory. *Can. J. Fish. and Aq. Sci.*, 41: 1055-1065.
- SMAYDA, T.J. 1965. A quantitative analysis of the phytoplankton of the Gulf of Panama. II. An the relationship C14 assimilation and de diatoms standing crop. *Bulletin Inter-American Tropical Tuna Commission*, 9(7): 465-531.
- SOURNIA, A. 1967. Le genre *Ceratium* (péridinien planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une révision mondiale. *Vie et Milieu, Sér. A: Biologie Marine*, 18(2,3,A): 375-499.

- SOURNIA, A. 1968. Diatomées planctoniques du Canal de Mozambique et de l'île Maurice. Mem. O.R.S.T.O.M., 31: 1-120.
- SOURNIA, A. 1982. Form and function in marine phytoplankton. Biol. Rev., 57: 347-394.
- SOURNIA, A. 1986. Atlas du phytoplankton Marin. 1: Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidophycées. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 219 pp.
- STRICKLAND, J.D.H. & T.R. PARSONS. 1972. A practical Handbook of seawater analysis. 2nd Ed. Bulletin Fisheries Research Board Canada, 167, 311 pp.
- TAYLOR, F.J.R. 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report on material collected by the R.V. "Anton Bruun" 1963-1964. Bibliotheca Botanica, 132: 1-234.
- TRAVERS, A. 1972. Le microplancton du Golfe de Marseille: Méthodes d'étude microscopique des organismes. Iethys, 4(3): 535-558.
- TRAVERS, A. 1975. Le microplancton du Golfe de Marseille: Volume, surface et volume plasmique des organisme. Iethys, 6(4): 689-712.
- UEHLINGER, V. 1964. Etude statistique des methodes de dénombrement planctonique. Archives sciences Geneva, 17: 121-223.
- UNESCO. 1966. Determination of photosynthetic pigments in seawater. Monographs on Oceanographic Methodology, 1, 69 pp.
- UNESCO. 1978. Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanographic Methodology 6, 337 pp.
- UNESCO. 1980. Determination of chlorophyll in seawater. Unesco Technical Papers in Marine Science, 35, 20 pp.
- URIBE, E. 1978. Estudio de las comunidades fitoplanctónicas durante un proceso de surgencia frente a Punta Curaumilla, Valparaíso. Tesis de Grado. Universidad Católica de Valparaíso, 65 pp.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkmmung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. int. Ver. Limnol., 9: 1-38.