

# EL FITOPLANCTON FRENTE A PENINSULA LOS MOLLES, VALPARAISO, CHILE (32°45'S) Y SU RELACION CON "EL NIÑO" 1982-83\*

Sergio Avaria\*\*, Pablo Muñoz\*\* y Mauricio Braun\*\*\*

ABSTRACT. Phytoplankton off Península Los Molles, Valparaíso, Chile (32°45'S) and its relation to "El Niño" 1982-83.

Quantitative and qualitative temporal changes of phytoplankton in Valparaíso Bay, Chile, were studied from July 1982 to January 1984 in relation to the "El Niño" event. A total of 526 net and water phytoplankton samples were obtained in 20 bio-oceanographic cruises performed off Península Los Molles, Valparaíso, Chile (32°45'S) as part of the ERFEN-Chile Program (Estudio Regional del Fenómeno "El Niño").

Phytoplankton composition was characterized by the dominance of diatoms. The species responsible for the most important Spring and Summer blooms were the following: *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia pseudoseriata*, *Detonula pumila*, *Chaetoceros radicans* and *C. compressus*.

During the presence of "El Niño" there was a marked increase in the frequency of warm water species of diatoms and dinoflagellates, such as: *Planktoniella sol*, *Chaetoceros coarctatus*, *Ceratium macroceros* var. *gallicum*, *Dinophysis rapa* and *Pyrophacus steinii*.

The phytoplankton cell density and biomass presented strong fluctuations during the period, showing a great difference between the monthly integrated average values at depths of 0-25 meters during the Spring 1982, which reached 950 cél/ml, 4.1 mg/l and 2.0 mg cl a/m and the 1983 Spring values reached 2900 cél/l, 9.4 mg/l and 5.7 mg cl a/m.

The species diversity index of sedimented phytoplankton fluctuated between 0.01 and 3.35 bits/cel with an average value notoriously higher during Spring 1982 as compared with Spring 1983.

\* Investigación financiada por el Comité Oceanográfico Nacional.

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

\*\*\* Instituto de Fomento Pesquero, Casilla 1287, Santiago, Chile.

The phytoplankton characteristic annual cycle showed greater alterations due to "El Niño" 1982-83. It shows a decrease in cell density and biomass values from September to April as compared with normal years. The period of greatest abundance was shortened and instead of being from October to April, it only lasted from October until January. The presence of many warm water species of diatoms and dinoflagellates was recorded in the neritic plankton. The maximum intensity of the anomalous conditions was found on the last week of January 1983.

The comparative analysis between Spring-Summer values 1982-83 with those recorded during the same period of "El Niño" 1972-73, and the Spring-Summer 1983-84 values with those registered during four normal years, permits to propose a hypothetic scheme for the phytoplankton annual cycle in the study area, under normal conditions and "El Niño" conditions. During "El Niño" the greatest abundance period is shortened and a decrease of about 50% in the cell density and biomass values can be observed.

Key words: plankton, ecology, biological indicators.

## INTRODUCCION

El conocimiento del fitoplancton del Pacífico Sudeste ha adquirido especial interés en los últimos años, debido a la importancia que tiene en los esfuerzos orientados a predecir el fenómeno "El Niño" y evaluar su efecto sobre la producción biológica en esa área del océano mundial.

Al disponer de antecedentes de varios años del ciclo anual del fitoplancton frente a Valparaíso, en condiciones oceanográficas consideradas normales (Avaria 1965, 1971, 1975; Avaria & Muñoz 1982, Alvial & Avaria 1982), es interesante conocer sus alteraciones bajo condiciones anómalas producidas durante "El Niño". Las características oceanográficas físicas y químicas para

el área, en relación con el mencionado fenómeno, han sido tipificadas recientemente por Prado & Sievers (1987). La caracterización de las condiciones oceanográficas consideradas normales para la zona, basadas en la revisión de diecinueve publicaciones sobre el tema, fue entregada por Sievers (1979).

En este trabajo se estudian las variaciones del fitoplancton desde julio de 1982 hasta enero de 1984; antes, durante y después de "El Niño" 1982/83, efectuando un análisis comparativo de la influencia que tuvieron en el fitoplancton de Valparaíso los dos fenómenos más intensos de la segunda mitad de este siglo, como fueron los eventos de 1972/73 y de 1982/83.

## MATERIALES Y METODOS

Entre el 21 de julio de 1982 y el 5 de enero de 1984 se realizaron 21 cruceros bio-oceanográficos frente a la península Los Molles, Valparaíso, Chile (32°45'S) en la L/V "Cruz del Sur" del Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso.

En los primeros cuatro cruceros, entre julio y septiembre de 1982, se efectuaron tres estaciones situadas a 2, 7 y 14 millas de la costa (Estaciones 1, 2A y 3), las que se redujeron a dos, situadas a distancias de 2 y 12 millas de la costa, a partir de noviembre de 1982 (Estaciones 1 y 2). Para el análisis de los datos de fitoplancton se eliminó la estación de 7 millas, considerando arbitrariamente la estación situada a 12 millas de la costa como la más oceánica, teniendo en cuenta la similitud de la información obtenida en las estaciones de 12 y 14 millas (Fig. 1).

Se obtuvo información sobre fitoplancton en 20 de los 21 cruceros realizados. En cada estación se recolectaron muestras de agua con botellas Niskin, en superficie y a profundidades de 5, 10, 25 y 50 metros, para recuento de células y determinación de concentración de pigmentos. En forma simultánea se recolectaron tres muestras de fitoplancton de red para análisis taxonómicos, mediante arrastres superficiales de 15 minutos de duración con redes de 62 y 125 micrones de tamaño de malla, y arrastres verticales entre 25 m y superficie con una red de 37 micrones. La obtención de muestras con redes de diferentes tamaños de

malla se hizo con el objeto de mejorar la selección de especies indicadoras, evitando así la minimización en la frecuencia de aparición de ciertos dinoflagelados escasos y de algunas diatomeas solitarias. Las muestras de red se fijaron con formalina al 5% neutralizada con bórax y las muestras de agua con lugol. Se colectó un total de 406 muestras de agua y 120 muestras de red, depositándose las últimas en la Colección de Fitoplancton del Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso.

El análisis taxonómico se efectuó observando, directamente en un microscopio de contraste de fases Leitz Dialux 20, el material fijado o tratado previamente con ácidos para eliminación de materia orgánica de diatomeas o con hipoclorito de sodio para separar las 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 especies se consultaron numerosos trabajos especializados, siendo de particular interés los de Hendey (1964), Avaria (1965), Sournia (1967, 1968), Rivera (1969), Hermosilla (1973), Pesantes (1978), Muñoz & Avaria (1980), Priddle & Fryxell (1985), y las revisiones de Simonsen (1974), Taylor (1976) y Rivera (1981, 1983).

El recuento de células se hizo en un microscopio invertido Wild M-40, previa sedimentación de las muestras en cámara

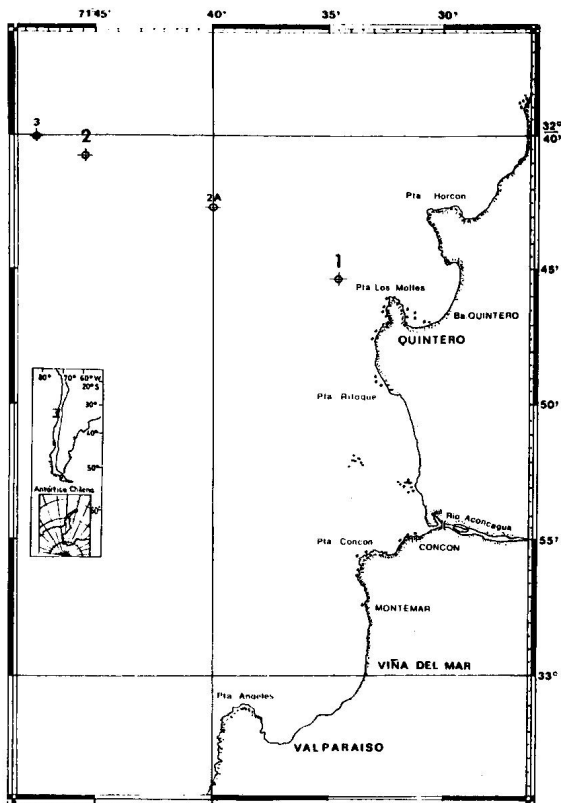


Fig. 1. Situación de las estaciones bio-oceanográficas. (De Prado & Sievers 1987).



ras 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) y Jiménez (1981).

La evaluación de la biomasa fitoplanctónica se efectuó mediante la determinación de clorofila *a*, siguiendo la técnica de Strickland & Parsons (1972), y por cálculo de volúmenes celulares y su conversión a peso algal a partir de los recuentos de células, siguiendo el método indicado en Avaria (1975). Tanto en el muestreo como en los diferentes análisis se consideraron las recomendaciones de UNESCO (1978).

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.

Los resultados del análisis cualitativo se expresan en índices de abundancia relativa por especie 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). El índice de

diversidad de especies utilizado es el propuesto por Margalef (1956). El análisis estadístico empleado es el de correlación simple entre factores basado en el coeficiente de correlación de Pearson.

Para efectos comparativos se utilizaron datos de años anteriores de concentración celular, clorofila *a* y de volumen celular transformado a peso algal, disponibles en los archivos del Laboratorio de Fitoplancton del Instituto de Oceanografía de la Universidad de Valparaíso. En los gráficos se trabajó con valores promedios correspondientes al estrato de agua entre la superficie y 25 metros de profundidad, integrando los valores obtenidos para los diferentes niveles muestreados. Esta integración ha sido aplicada por numerosos autores en trabajos de ecología fitoplanctónica, entre ellos Hasle (1969), Smayda (1965), Avaria (1975), Uribe (1978) y Alviaj & Avaria (1982). Sólomente en la figura 4 no se hizo integración de valores.

## RESULTADOS

## Fluctuaciones del fitoplancton

## Variaciones cuantitativas

La evaluación cuantitativa del fitoplancton, expresada en número de células por mililitro, miligramos de peso

algal húmedo por litro y miligramos de clorofila *a* por metro cúbico, integrando valores obtenidos entre la superficie y la profundidad de 25 metros, fluctuaron entre máximos de 2.900 cél/ml, 9.4 mg/l y 10 mg cl *a*/m<sup>3</sup>, y mínimos de 0.1 cél/ml, 0.0 mg/l y 0.06

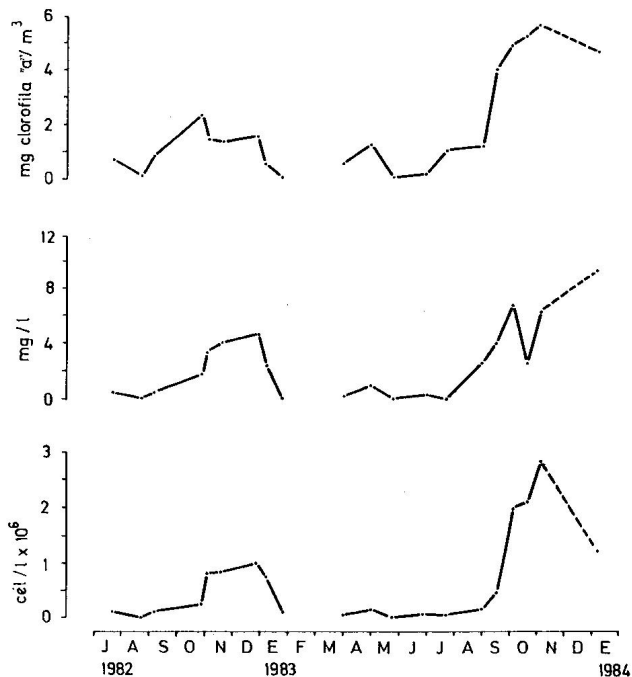


Fig. 2. Variación de la densidad y biomasa del fitoplancton, desde julio de 1982 hasta enero de 1984. Estación 1.

mg cl  $a/m^3$ , registrándose generalmente valores inferiores en la estación oceánica con respecto a la estación costera (Figs. 2 y 3). Los valores correspondientes a cada profundidad se muestran en la figura 4.

Desde julio hasta mediados de noviembre de 1982, la concentración del fitoplancton fue aparentemente normal

para el área de estudio y período del año. De julio a septiembre se registraron valores relativamente bajos de densidad y biomasa, los que estarían dentro de los rangos normales para la época del año, de acuerdo con lo señalado por Avaria & Orellana (1975). A partir de octubre estos valores empiezan a incrementarse alcanzando máximos a principios de noviembre. Esta situa-

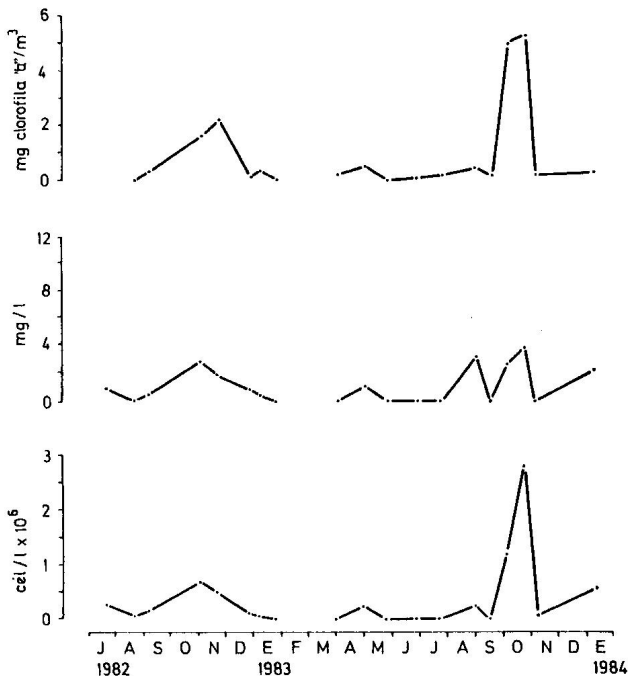


Fig. 3. Variación de la densidad y biomasa del fitoplancton, desde julio de 1982 hasta enero de 1984. Estación 2.

ción se altera a fines de diciembre de 1982, donde los valores de densidad y biomasa experimentan una drástica disminución, registrándose valores anormalmente bajos a fines de enero de 1983. Durante el periodo de Invierno de 1983, los bajos valores observados en la densidad y biomasa son característicos del fitoplancton de otoño - Invierno (Avaria & Orellana op.cit.).

Hacia mediados de septiembre de 1983 se recuperan las condiciones en la distribución cuantitativa del fitoplancton, registrándose un fuerte incremento de la densidad y biomasa fitoplanctónica, que alcanza un máximo en noviembre, experimentando una leve disminución hacia comienzos de enero de 1984.

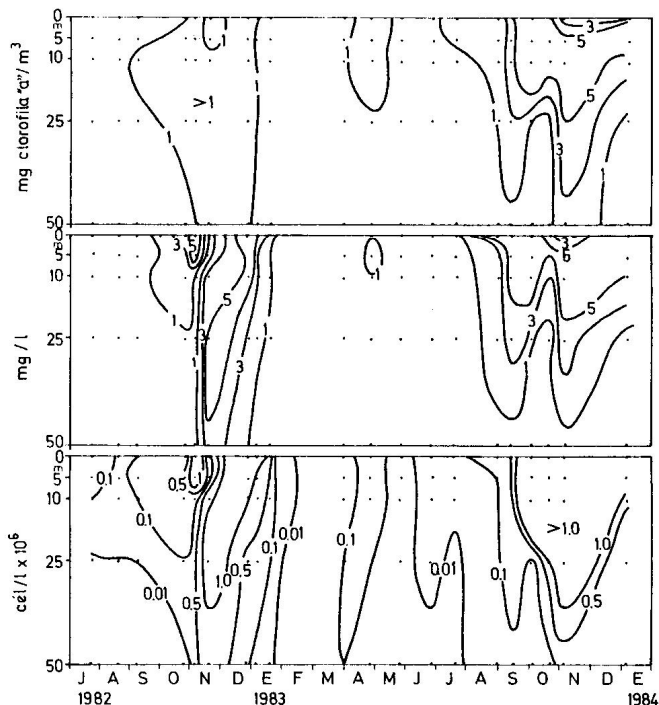


Fig. 4. Distribución, en espacio y tiempo, de la densidad y biomasa del fitoplancton desde julio de 1982 hasta enero de 1984. Estación 1.

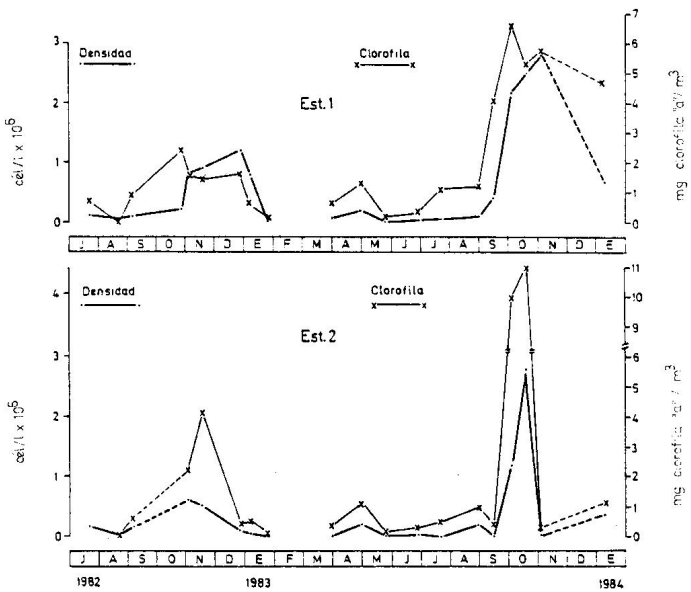


Fig. 5. Variación de la densidad de células y de la clorofila a desde julio de 1982 hasta enero de 1984.

plankton, como el carácter de sus fluctuaciones.

Al comparar los valores de densidad y biomasa en la primavera de 1982 y 1983 con los de años anteriores, se observa que para 1982 los valores promedio son bajos y muy próximos a los obtenidos en la primavera de 1972, año "El Niño"; mientras que los registrados durante el período de primavera de 1983, se acercan mas a los valores observados en años normales (Fig. 7). En general estos períodos de primavera

se caracterizan por una alta producción fitoplanctónica, exceptuando 1972 y 1982 (Tabla 1), los cuales destacan por presentar las concentraciones mas bajas, tanto de densidad de células como de clorofila a (Fig. 8).

#### Variaciones cualitativas

El análisis de la composición de especies se caracterizó por el predominio de las diatomeas sobre otros grupos constituyentes del fitoplancton en la

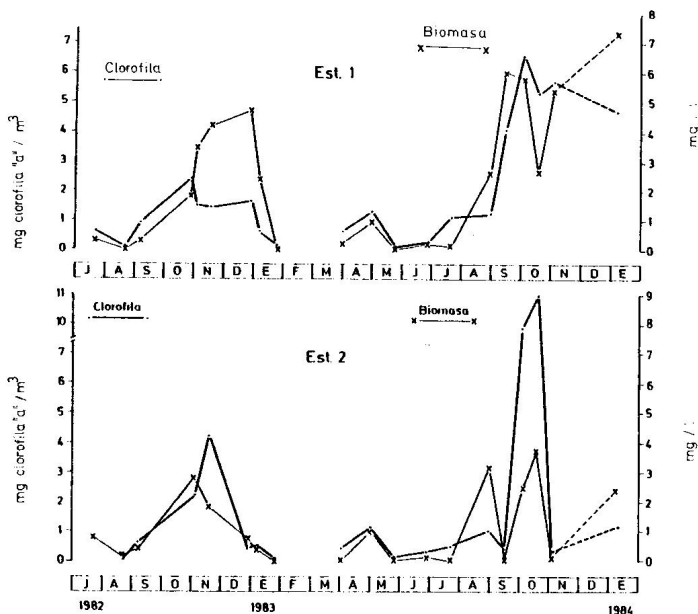


Fig. 6. Variación de la biomasa del fitoplancton expresada en peso algal húmedo y concentración de clorofila a, desde julio de 1982 hasta enero de 1984.

mayor parte del período estudiado. Se identificaron 61 especies y variedades de diatomeas, 97 de dinoflagelados, 4 de silicoflagelados y una especie de cololitofoído (Anexo 1).

Las especies de mayor importancia cualitativa, por su dominancia en el plancton, fueron las diatomeas: *Nitzschia pseudoseriata*, *Leptocylindrus danicus*, *Detonula pumila*, *Chaetoceros didymus*, *C. lorenzianus*, *C. compressus*, y los dinoflagelados: *Ceratium azoricum*, *C. furca* var. *berghii*, *C. tripos* f. *tripodioides*, *C. pentagonum* var. *robustum*, *Dipllopsalis lenticula*, *D. minor* y *Protoperidinium depressum* (Figs. 9 y 10).

presentó escasas variaciones en las dos estaciones muestreadas, apreciándose un leve incremento de los dinoflagelados en la estación más alejada de la costa.

Desde julio de 1982 hasta mediados de noviembre del mismo año, la composición y densidad del fitoplancton fue normal para el área de estudio y período del año. De julio a septiembre se registraron pequeños incrementos de *Skeletonema costatum*, *Detonula pumila* y alta frecuencia de especies de diatomeas de gran tamaño, tales como *Chaetoceros convolutus* y *C. lorenzianus*.

A partir de octubre se registró una sucesión rápida de especies proliferantes ("blooming species"), tales como:

La composición del fitoplancton

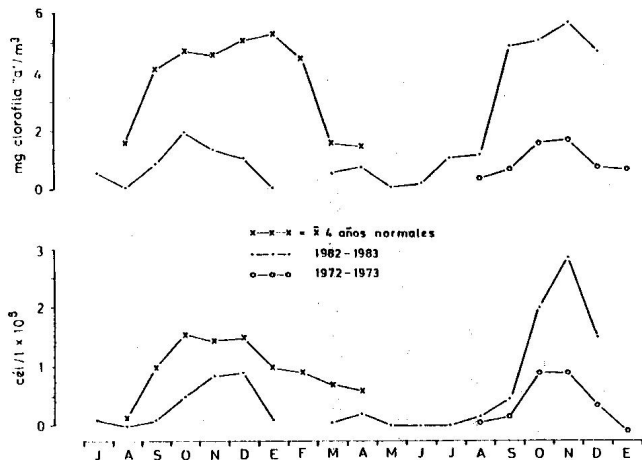


Fig. 7. Ciclo anual del fitoplancton en condiciones consideradas normales y en condiciones "El Niño".

*Detonula pumila*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia pseudoseriata*, *Skeletonema costatum* y especies pequeñas del género *Chaetoceros* (*C. debilis*, *C. didymus*), dominando notablemente sobre otras diatomeas. Aunque de menor importancia cuantitativa, fueron frecuentes en las muestras de red los dinoflagelados: *Ceratium furca* var. *berghii*, *C. pentagonum* var. *robustum*, *C. tripos* f. *tripodoides* y *Protoperdinium divergens*, todas especies comunes en Valparaíso en esa época del año.

Hacia fines de diciembre, se observó una situación anómala para la época del año, caracterizada por un aumento en frecuencia y abundancia de especies de

dinoflagelados y de diatomeas de aguas cálidas, algunas de ellas registradas por primera vez con tal abundancia en la costa de Valparaíso. Las especies consideradas indicadoras de esta situación fueron las diatomeas: *Planktoniella sol*, *Rhizosolenia alata* f. *indica*, *Chaetoceros coarctatus* y los dinoflagelados: *Ceratium macroceros* var. *gallicum*, *Dinophysis rapa*, *Dissodinium gerbaultii*, *Heteraulacus polyedricus* y *Phyropacus steinii* (Fig. 11). Paralelamente se registró una violenta disminución de los valores de densidad y biomasa, los que alcanzaron su mínima expresión a fines de enero de 1983.

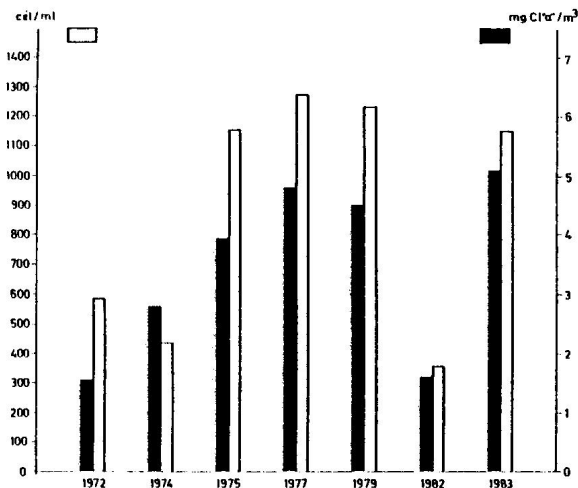


Fig. 8. Comparación entre los valores promedio de densidad y biomasa del fitoplancton en el período de primavera de diferentes años.



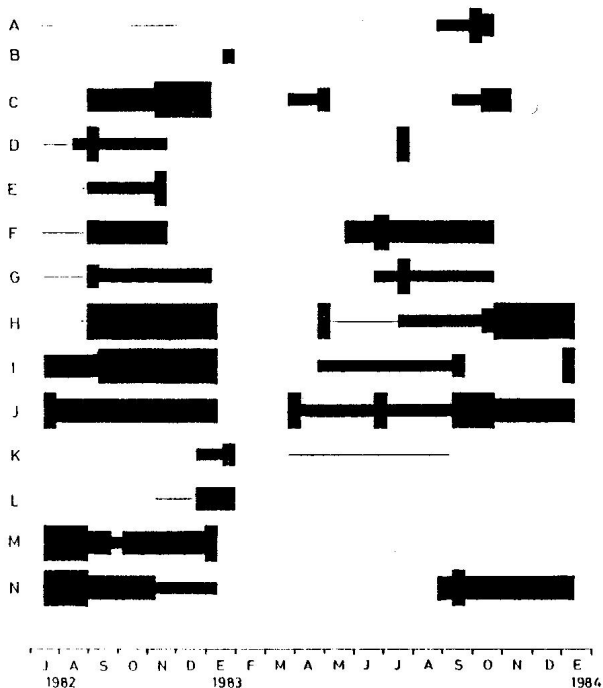


Fig. 9. Variación temporal de las principales especies de diatomeas desde julio de 1982 hasta enero de 1984. Los diferentes grosores de trazo, del más fino al más ancho, representan índices de abundancia relativa: rara, escasa, abundante, y muy abundante. La letras indican las especies siguientes: A. *Asterionella glacialis*, B. *Chaetoceros coarctatus*, C. *C. compressus*, D. *C. convolutus*, E. *C. debilis*, F. *C. didymus*, G. *C. lorenzianus*, H. *Detonula pumila*, I. *Leptocylindrus danicus*, J. *Nitzschia pseudoseriata*, K. *Planktoniella sol*, L. *Rhizosolenia alata* f. *indica*, M. *Skeletonema costatum*, N. *Thalassiosira aestivalis*.

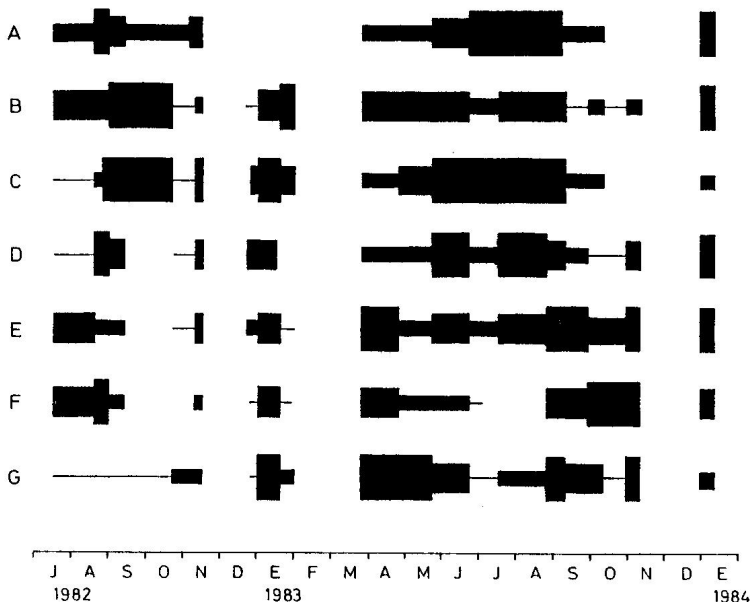


Fig. 10. Variación temporal de las principales especies de dinoflagelados desde julio de 1982 hasta enero de 1984. Los diferentes grosores de trazo, del más fino al más ancho, representan índices de abundancia relativa: rara, escasa, abundante y muy abundante. Las letras indican las especies siguientes: A. *Ceratium azoricum*, B. *C. furca* var. *berghii*, C. *C. pentagonum* var. *robustum*, D. *C. tripos* f. *tripodioides*, E. *Diplopsalis lenticula*, F. *D. minor*, G. *Protoperidinium depressum*.

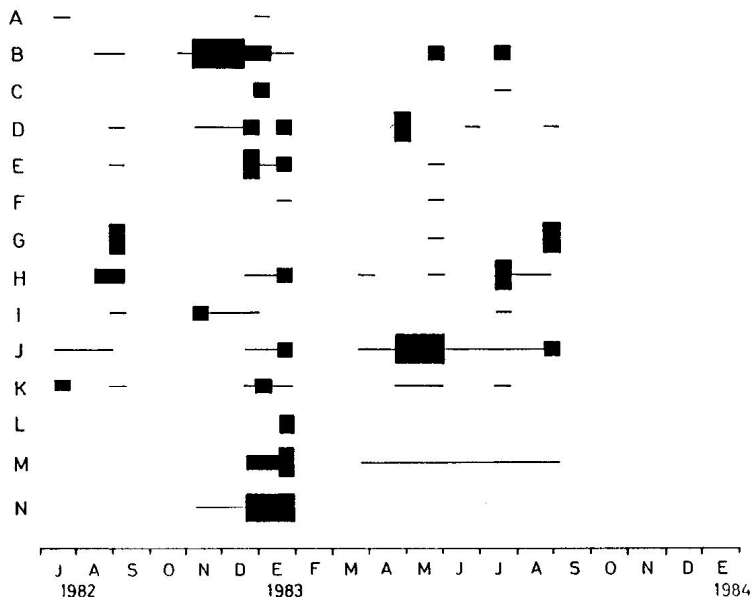


Fig. 11. Variación temporal de las principales especies de dinoflagelados y diatomeas propias de aguas cálidas desde julio de 1982 hasta enero de 1984. Los diferentes grosores de trazo, del más fino al más ancho, representan índices de abundancia relativa: A. *Ceratium falcatum*, B. *C. macroceros* var. *gallicum*, C. *C. massiliense*, D. *C. pentagonum* var. *tenerum*, E. *Dinophysis rapa*, F. *Dissodinium gerbaultii*, G. *Gonyaulax minuta*, H. *Heteraulacus polyedricus*, I. *Kofoidinium velleloides*, J. *Protoperidinium globulus*, K. *Pyrophacus steinii*, L. *Chaetoceros coarctatus*, M. *Planktoniella sol*, N. *Rhizosolenia alata* f. *indica*.

No hay información de febrero y marzo, pero el régimen de vientos imperante en ese período con incremento de calmas y decremento de vientos del tercer cuadrante, los registros diarios de temperatura superficial del agua en Montemar y la información sobre composición del fitoplancton en abril, permiten suponer con cierta certeza que la situación de enero se mantuvo durante febrero y marzo.

La permanencia de especies que siempre están ausentes del plancton de Valparaíso en el período otoño-invierno, tales como *Rhizosolenia alata* f. *indica*, *Planktoniella sol*, *Ceratium extensum*, *C. macroceros* var. *gallicum*, *C. pentagonum* var. *tenerum*, *Protoperdinium depressum* y *P. globulus*, indicarían que las anomalías provocadas por "El Niño" se mantuvieron hasta agosto de 1983.

Hacia mediados de septiembre se recuperan las condiciones normales de la composición del fitoplancton. Se registra un incremento sostenido de la densidad y biomasa fitoplanctónica, desaparecen las especies oceánicas de aguas cálidas y aparecen especies profliferantes de diatomeas típicas de áreas de surgencia en crecimientos fugaces, que las hacen predominar en el fitoplancton por períodos cortos de tiempo. La sucesión estuvo formada por *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia pseudoseriata*, *Chaetoceros compressus*, *C. radicans* y *Detonula pumila*, todas con valores máximos integrados entre superficie y 25 metros, superiores a 500 cél/ml (Fig. 12).

(figura 12 en página aparte)

### Diversidad específica

Los valores de diversidad específica del fitoplancton sedimentado en el período de julio de 1982 a enero de 1984, son bastante bajos y oscilaron entre 0.74 y 3.35 bits/cél, con un promedio de 1.74 bits/cél para la estación 1, y entre 0.01 y 3.17 bits/cél, con un valor promedio de 1.82 bits/cél para la estación 2 (Tabla 2).

El análisis comparativo entre diversidad específica y concentración de células en primavera de 1977, 1982 y 1983 permitió observar una tendencia general para esta época, cual es la de presentar una diversidad específica baja (Fig. 13). En la primavera de 1982 hay una clara relación inversa entre ambos parámetros, y es en este período primaveral donde se registra el más alto valor de diversidad. Esto último se explicaría por la mayor variedad de taxa debido a la presencia de especies de aguas cálidas, incremento de dinoflagelados y procesos de surgencia menos intensos, que permitirían que las sucesiones en 1982 llegaran a estados más avanzados que en 1977 y 1983, años normales donde fueron más frecuentes e intensas las proliferaciones fitoplanctónicas.

La relación alta diversidad-baja concentración celular, es un patrón distintivo de las comunidades fitoplanctónicas de aguas cálidas. La primavera de 1982 fue más cálida que la de 1977 y 1983; por lo tanto, habría una estructura poblacional de transición del fitoplancton, entre una comunidad inmadura de aguas frías surgentes (típica de 1977 y 1983) y otra de aguas cálidas, en que las comunidades son más

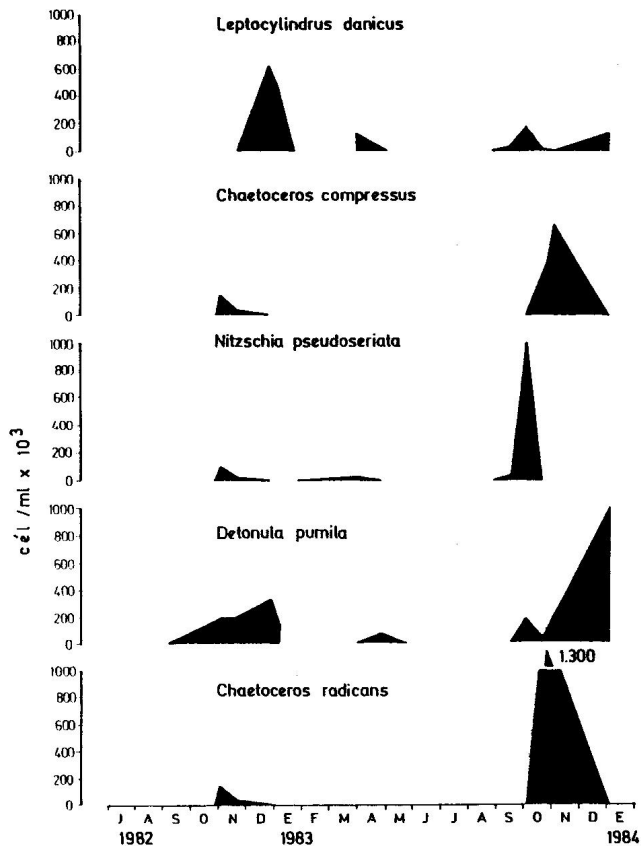


Fig. 12. Sucesión de las principales especies de diatomeas, desde julio de 1982 hasta enero de 1984.

maduras y las sucesiones alcanzan a estados más avanzados. Por otra parte, el índice de diversidad aumentó debido a la mezcla de especies típicas del

área con especies de aguas oceánicas cálidas que llegaron con la masa de agua subtropical, detectada por Prado & Sievers (1987).

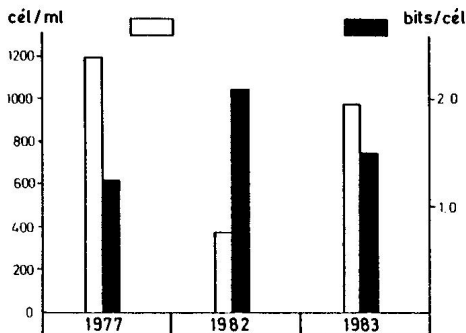


Fig. 13. Cuadro comparativo entre diversidad específica y concentración celular del fitoplancton, en primavera de los años 1977, 1982 y 1983. El asterisco indica año de "El Niño".

## DISCUSION

Los resultados del estudio de la variación temporal del fitoplancton en el período julio 1982 - enero 1984, permitieron configurar sus características desde el período previo a la aparición de un evento "El Niño" de gran intensidad, hasta el restablecimiento de las condiciones ambientales normales en la zona.

Para la interpretación de las alteraciones sufridas por el fitoplancton en el período precitado, ha sido de gran valor el trabajo de Prado & Sievers (1987), relativo a las caracte-

rísticas físicas y químicas del área, ya que esas observaciones se efectuaron simultáneamente con el muestreo de fitoplancton que aquí se analiza.

En períodos previo y posterior al fenómeno, que coinciden con características oceanográficas consideradas normales, se registró un notable predominio de las diatomeas sobre los otros grupos constituyentes del fitoplancton, lo que concuerda con lo observado por Avaria (1975) y Avaria & Orellana (1975), al estudiar el ciclo anual frente a Valparaíso, como también con

lo obtenido por Avaria & Muñoz (1982) al analizar la estructura fitoplanctónica del área.

De las especies señaladas como cuantitativamente importantes, cuatro de ellas fueron también mencionadas como especies de mayor incidencia, tanto en biomasa como densidad celular, en estudios de la dinámica de las comunidades en la bahía de Valparaíso (Alvial & Avaria 1982). En orden decreciente estas son: *Detonula pumila*, *Chaetoceros socialis*, *Nitzschia pseudoseriata* y *keletonema costatum*. Por otro lado, Uribe (1978) identifica como especies de mayor incidencia en la biomasa a *D. pumila*, *N. pseudoseriata*, *S. costatum* y especies pequeñas de *Chaetoceros* (*C. debilis*, *C. radicans*, *C. socialis*), características de la comunidad costera durante un proceso de surgencia frente a Punta Curaumilla. Autores que han investigado en otras áreas similares, citan a *D. pumila* como una especie característica de áreas de surgencia (Sournia 1968), y a *S. costatum* y especies pequeñas de *Chaetoceros*, como taxa dominantes en la primera etapa de la sucesión fitoplanctónica en áreas de afloramiento (Margalef 1978).

A fines de 1982, se constató un aumento inusitado en la frecuencia y abundancia de especies de dinoflagelados y diatomeas de aguas cálidas, algunas de ellas registradas por primera vez en tal abundancia en la costa frente a Valparaíso, conjuntamente con una fuerte disminución de la densidad y biomasa del fitoplancton.

Dicha anomalía biológica coincidió con anomalías térmicas positivas (casi 2 °C de diferencia a 250 m, entre 1982

y 1983), bajas concentraciones de oxígeno en toda la columna de agua y concentraciones muy bajas de nitrato y de fosfato en la capa superficial. Además, coincidió con una advección de la masa de agua subtropical (AST) que aumentó su contribución a la mezcla, alcanzando incluso al 50%, dando al agua superficial característica de AST, mas que la subantártica normal de la zona (Prado & Sievers op. cit.).

La subtropicalización del área no sólo produjo un incremento de la frecuencia y abundancia de dinoflagelados oceánicos de aguas cálidas, sino que también produjo cambios en el zooplancton. Es así como se registró un notorio incremento en abundancia y diversidad de tintinidos, grupo que en condiciones normales tiene escasa representatividad en el área. En la primavera de 1982 se observaron numerosas especies que no aparecieron en la misma estación del año siguiente (Muñoz 1984).

El grupo de moluscos pterópodos también mostró un marcado incremento de frecuencia y densidad durante el período anómalo. De particular interés fue la presencia de *Limaclina trochiformis* especie propia de aguas tropicales y subtropicales que no había sido citada para Chile. Sin embargo fue el pterópodo más abundante entre superficie y 200 metros, encontrándose en el plancton entre agosto de 1982 y septiembre de 1983 (Ramorino & Campos 1984).

En lo que se refiere al ictoplancton, si bien la influencia de "El Niño" no interrumpió la actividad reproductiva de los peces, se observó la disminución en la abundancia relativa de larvas de algunas especies y la alteración

en los patrones de distribución vertical de las mismas, las que se encontraron en aguas más profundas (Balbontín & Orellana 1984).

Finalmente, cabe mencionar que la riqueza poblacional de aves disminuyó en la zona de estudio durante el evento con una baja significativa de la densidad aviar. La estructura comunitaria presentó diferencias en términos de relaciones importancia-riqueza, diversidad y densidad de la biomasa comunitaria, índices propios del deterioro y/o rigurosidad del ambiente (Araya 1984).

En cuanto al ciclo anual del fitoplancton, éste presenta características diferentes en los periodos primavera-verano de 1982 y 1983, particularmente en lo referente a sus fluctuaciones cuantitativas. Mientras en 1982 los promedios mensuales máximos registrados en la capa de agua de superficie a 25 m, llegan a 950 cél/ml, 4.1 mg/l y 2.0 mg cl a/m<sup>3</sup>; en 1983 los máximos llegaron a 2900 cél/ml, 9.4 mg/l y 5.7 mg cl a/m<sup>3</sup>.

La Interacción entre las fluctuaciones del fitoplancton y la de los parámetros abióticos controlados, demuestran una buena relación entre el periodo de baja actividad del fitoplancton y la ausencia de procesos normales de surgencia, desde fines de noviembre de 1982 hasta fines de septiembre de 1983. Durante este periodo se registraron temperaturas superficiales anormalmente altas y bajo contenido de fosfato en superficie, constatándose además una profundización de la termoclina. El inicio del "pulso de primavera" en octubre de 1983 y el mantenimiento de

los altos valores de densidad del fitoplancton hasta enero de 1984, coincide con el periodo normal de surgencia de primavera. Durante este periodo se registraron valores bajos de temperatura y altos valores de nutrientes en superficie (Prado & Sievers op. cit.).

Los valores de densidad celular y biomasa registrados en primavera-verano de 1982 son análogos a los observados en el mismo periodo durante "El Niño" 1972/73, y los de primavera-verano de 1983 se acercan mas a los registrados en años normales, situación que se ilustra con bastante claridad en la figura 7.

El análisis comparativo antes señalado y la información existente sobre ciclos anuales del fitoplancton frente a Valparaíso (Avaría 1975, Ramírez 1975, Avaría & Orellana 1975, Avaría & Muñoz 1982), permitió plantear un esquema hipotético del ciclo anual del fitoplancton del área en condiciones normales y en condiciones "El Niño", caracterizándose este último por el acortamiento del periodo largo de riqueza fitoplanctónica, y una disminución aproximada del 50% en los valores de densidad y biomasa del fitoplancton (Fig. 14). Futuras Investigaciones que se realicen en los próximos eventos de "El Niño", entregarán antecedentes para confirmar, modificar o rechazar la validez de esta hipótesis.

Por otra parte, la composición específica del fitoplancton desde julio a fines de septiembre de 1982, fue normal para la zona y época del año, dominando cualitativamente las especies de diatomeas de gran tamaño sobre las especies proliferantes de pequeño tamaño, rasgos



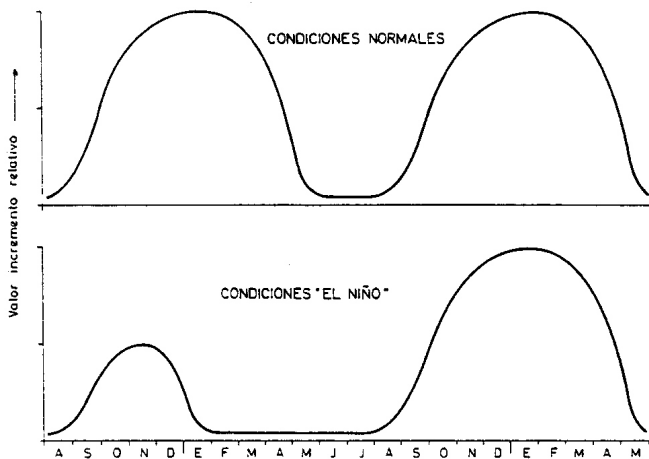


Fig. 14. Esquema teórico del ciclo anual del fitoplancton nerítico frente a Valparaíso en condiciones normales y en condiciones "El Niño".

característicos del fitoplancton de otoño-invierno (Avaria & Orellana op. cit.). El primer pulso fue originado por *Sekeletonema costatum*, especie presente durante casi la totalidad del período estudiado, que luego fue reemplazada por *Detonula pumilla*.

Al parecer existiría una relación de exclusión entre *S. costatum* y *D. pumilla*, ya que en períodos de máxima concentración de la primera, la segunda presenta sus mínimos o desaparece del plancton. Al respecto, Avaria (1971) observó una relación de este tipo entre las dos especies en la bahía de Valparaíso. Alvial & Avaria (1982) detectaron también una relación excluyente entre *Chaetoceros socialis*, *S. costatum*

y *D. pumilla* en la misma área. Recientemente González et al. (1987), en un estudio de la distribución del fitoplancton en la bahía de Concepción, señalan una segregación espacial evidente entre *S. costatum* y *D. pumilla* que tendría su causa aparente en la proporción de nutrientes ( $\text{NO}_3/\text{PO}_4$ ) disponibles para el crecimiento de las poblaciones.

A partir de octubre de 1982 las especies proliferantes de diatomeas se suceden con gran rapidez, dominando notoriamente sobre otras diatomeas y dinoflagelados neríticos comunes del área. Dicha situación corresponde al período de proliferación de primavera característico del fitoplancton de la

bahía de Valparaíso (Avala & Avaria op. cit.).

Hacia fines de diciembre de 1982 y durante enero de 1983, numerosas especies de diatomeas y dinoflagelados oceánicos de aguas cálidas se hacen mas frecuentes y abundantes. Su presencia en esa época del año es absolutamente anormal y se debió a la subtropicalización de la zona ya discutida anteriormente. La presencia de especies que siempre están ausentes del plancton de otoño-Invierno en Valparaíso, observadas desde marzo hasta fines de agosto, corroborarían lo señalado por Prado & Sievers (op. cit.) en el sentido que las anomalías se mantuvieron hasta septiembre de 1983. Los valores de densidad de células y biomasa del fitoplancton registrados entre marzo y agosto, no son indicativos de la anomalía, ya que el período Invernal en años normales es siempre de baja actividad fitoplanctónica (Avaria 1975, Avaria & Orellana 1975, Avaria & Muñoz 1982).

Cabe destacar que con anterioridad a septiembre de 1982, ya estaban presentes en el plancton dinoflagelados termófilos, entre ellos: *Ceratium falcatum*, *Protoperdinium globulus* y *Pyrrophacus steinii*, este último de gran importancia por el fuerte incremento que experimentó en su abundancia relativa en la zona norte de Chile durante el desarrollo del evento de "El Niño" 1982/83 (Avaria & Muñoz 1985). Estas tres especies, debido a su temprana aparición podrían considerarse como eventuales indicadores biológicos de la presencia de "El Niño" en Valparaíso.

Hacia mediados de septiembre de 1983, desaparecen las especies oceáni-

cas de aguas cálidas y proliferan diatomeas típicas de aguas surgentes, las cuales predominan por cortos lapsos y se mantienen durante toda la primavera de 1983, coincidiendo con la recuperación de las condiciones oceanográficas registrada por Prado & Sievers (op. cit.).

En términos de composición específica y basándonos en lo expuesto, podríamos afirmar que las condiciones ambientales volvieron a su normalidad hacia mediados de septiembre, y que en general desde esa fecha no se evidenciaron grandes variaciones en la estructura de las poblaciones fitoplanctónicas en las dos estaciones muestreadas, aunque se constató un leve aumento de dinoflagelados en la estación más oceánica en enero de 1984.

Considerando las variaciones en la composición de especies, densidad y biomasa del fitoplancton, conjuntamente con las fluctuaciones de las características físicas y químicas del agua, podríamos afirmar que, en síntesis, el ciclo anual característico del fitoplancton frente a Valparaíso sufrió notables alteraciones, coincidentes con el fenómeno de "El Niño" 1982/83. Estas alteraciones se manifestaron en una disminución de los valores de densidad de células y biomasa desde septiembre a abril en relación con años normales, acortamiento del período de gran actividad fitoplanctónica que normalmente cubre el período octubre-abril, al período octubre-enero, y abundancia de numerosas especies de diatomeas y dinoflagelados oceánicos de aguas cálidas en el plancton nerítico. La máxima intensidad de las anomalías se registraron a fines de enero de 1983, coin-

ciendo con las mayores alteraciones en las condiciones oceanográficas.

La información aquí entregada es la primera evidencia del efecto de "El Niño" en el plancton de Valparaíso. Antes de 1982 se pensaba que la influencia del fenómeno no era importante al sur de Antofagasta (23° S), y prácticamente todas las investigaciones biológicas se centraron en la zona norte de Chile y frente a Perú, dirigiéndose casi todo el esfuerzo de trabajo en torno a la anchoveta.

Solamente a partir de 1972 la investigación comienza a considerar los cambios producidos por "El Niño" en el ecosistema de surgencia costera del Pacífico Sudeste (Arntz & Valdívía 1985). En 1982, cuando se presenta el evento más intenso de este siglo, se despierta un gran interés en la comunidad científica internacional y las investigaciones sobre "El Niño" toman un gran impulso.

Las observaciones efectuadas frente a la costa peruana durante "El Niño" 1982/83, permiten relacionar las condiciones oceanográficas anómalas con respuestas biológicas específicas, apreciándose que los nutrientes, la biomasa fitoplanctónica y la productividad primaria están claramente reguladas por los cambios físicos de "El Niño" (Barber & Chávez 1983). Algunos de estos efectos se observaron también en el norte de Chile (Avaria & Muñoz 1987), y con menor intensidad frente a Valparaíso, como aquí se consigna.

El evento 1982/83 permitió además observar que los cambios en la composición, distribución y abundancia de

fitoplancton guardan relación directa con la intensidad del fenómeno (Rojas et al. 1985). Las observaciones hechas a lo largo de la costa de Perú por los autores antes mencionados y por Avaria & Muñoz (1987), en el norte de Chile durante "El Niño" 1982/83, señalan que hubo una fuerte disminución de la biomasa fitoplanctónica, que las diatomeas se restringieron a áreas extremadamente costeras y que numerosas especies de diatomeas y dinoflagelados propios de aguas oceánicas ocuparon aguas neríticas. Dichas anomalías se observaron desde Ecuador hasta 23° S en diciembre de 1982 (Comisión Permanente del Pacífico Sur 1983), y hasta los 33° S en enero de 1983, con intensidades decrecientes de norte a sur como lo demuestran estos resultados. Antecedentes complementarios sobre el tema se encuentran en una excelente revisión de Arntz (1986), sobre aspectos físicos relacionados con el evento, así como del comportamiento de los nutrientes y del fitoplancton frente a la costa sudamericana del Pacífico.

No hay antecedentes sobre efectos de "El Niño" en el fitoplancton al sur de Valparaíso, pero de acuerdo con una información de Barber et al. (1985), se detectaron cambios ecológicos significativos en el Océano Austral, reflejados en una reducción de la productividad primaria en el borde del hielo en repliegue de la Antártica, durante el verano austral 1982/83, y menor cantidad de krill en 1984.

De todo lo expuesto se deduce que "El Niño" no es un fenómeno que tenga efectos sobre el océano en latitudes bajas y medias como se pensaba hasta hace poco tiempo, y que futuros estu-

dios que se realicen en Valparaíso y más al sur, serán de Indudable interés para mejorar el conocimiento actual de

los efectos de "El Niño" en la biota marina del Pacífico Sudeste.

## CONCLUSIONES

1. La composición del fitoplancton de la zona de estudios se caracterizó por el predominio de las diatomeas sobre los otros grupos constituyentes. Las especies de mayor importancia cualitativa y cuantitativa en condiciones oceanográficas normales, fueron las diatomeas: *Nitzschia pseudoseriata*, *Leptocylindrus danicus*, *Detonula pumila*, *Chaetoceros compressus*, *C. didymus*, *C. lorenzianus* y los dinoflagelados: *Ceratium azoricum*, *C. furca* var. *berghii*, *C. tripos* f. *tripodioides*, *C. pentagonum* var. *robustum*, *Diplopsalis lenticula* y *Protoperidinium depressum*. Durante la presencia de "El Niño" se registró un incremento en la frecuencia y abundancia de especies de aguas cálidas, entre las que se destacaron: *Plaktoniella sol*, *Chaetoceros coarctatus*, *Ceratium macroceros* var. *gallicum*, *Dinophysis rapa*, *Dissodinium gerbaultii*, *Heteraulacus polyedricus* y *Pyrophacus steinii*.
2. La densidad de células y biomasa fitoplanctónica muestran fuertes fluctuaciones en el tiempo, con valores muy altos en primavera-verano y bastante bajos en otoño-invierno, alterándose el patrón en enero de 1982 durante la máxima intensidad de "El Niño". Se observó una marcada diferencia entre los valores registrados en los períodos previo y posterior al evento. En 1982 los promedios mensuales máximos de superficie a 25 metros llegaron a 950 cél/ml, 4.1 mg/l y 2.0 mg cl a/m<sup>3</sup>, mientras que en 1983 los máximos llegaron a 2900 cél/ml, 9.4 mg/l y 5.7 mg cl a/m<sup>3</sup>.
3. Los valores del índice de diversidad de especies del fitoplancton sedimentado durante el período de estudio, oscilaron entre 0.01 y 3.35 bits/cél, con promedios de 1.74 y 1.82 bits/cél para las estaciones costera y oceánica, respectivamente. El valor promedio del índice registrado en la primavera de 1982 fue notoriamente superior al registrado en el mismo período de años normales, debido a la mezcla de especies típicas del área con especies de aguas cálidas y, a los estados más avanzados que experimentaron las sucesiones en 1982 con respecto a años normales.
4. El ciclo anual característico del fitoplancton del área sufrió notables alteraciones durante "El Niño" 1982/83, las que se manifestaron en una disminución de los valores de densidad de células y biomasa desde septiembre a abril en relación con años normales, un acortamiento del período de gran actividad fito-

planctónica que normalmente cubre el período octubre-abril, al período octubre-enero, y abundancia de numerosas especies de diatomeas y dinoflagelados oceánicos de aguas cálidas

en el plancton nerítico. La máxima intensidad de las anomalías se registró a fines de enero de 1983.

**AGRADECIMIENTOS.** Los autores expresan su reconocimiento a los a tripulantes de la L/I "Cruz de Sur", por su eficiente trabajo en la recolección de muestras. Asimismo agradecen a la Sra. Isabel Guajardo, por su valiosa colaboración en el análisis de muestras biológicas y procesamiento de datos y al Sr. René Astudillo, por su asistencia en la elaboración de los dibujos.

#### LITERATURA CITADA

- Alvial, A. & S. Avaria. 1982. Proliferación de primavera del fitoplancton de la bahía de Valparaíso. II. Dinámica de las comunidades. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 18 (1): 1-56.
- Araya, B. 1984. Aves Marinas. En: Variaciones climatológicas y bio-oceanográficas en la zona de Quintero, Chile (32°45'S) en relación al fenómeno "El Niño". Informe Final. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso, 473 pp.
- Arntz, W.E. 1986. The two faces of El Niño 1982-83. *Meeresforschung Reports on Marine Research*, 31 (1): 1-46.
- Arntz, W.E. & J. Valdivia. 1985. Visión integral del problema "El Niño": Introducción. En: W. Arntz, A. Landa & J. Tarazona (eds.) "El Niño" y su impacto en la fauna marina. *Boletín del Instituto del Mar del Perú (volumen extraordinario)*, pp. 5-10.
- Avaria, S. 1965. Diatomeas y silicoflagelados de la bahía de Valparaíso. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 12: 61-119
- Avaria, S. 1971. Variaciones mensuales del fitoplancton de la bahía de Valparaíso, entre julio de 1963 y julio de 1966. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 14 (3): 15-43.
- Avaria, S. 1975. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. II. Fitoplancton 1970-71. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 15 (2): 131-148.

- Avaria, S. & P. Muñoz. 1982. Producción actual, biomasa y composición específica del fitoplancton de la bahía de Valparaíso en 1979. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 18 (2): 129-157.
- 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). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA* 9: 3-30.
- Avaria, S. & P. Muñoz. 1987. Effects of the 1982-1983 El Niño on the Marine Phytoplankton off Northern Chile. *Journal of Geophysical Research Oceans* 92 (C13): 14369-14382. press).
- Avaria, S. & E. Orellana. 1975. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. III. Fitoplancton 1972-1973. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 15 (3): 207-226.
- Balbontín, F. & M. C. Orellana. 1984. Ictioplancton. En: *Vigilancia de variaciones climatológicas y bio-oceanográficas en la zona de Quintero, Chile (32º45'S) en relación al fenómeno "El Niño"*. Informe Final. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso, 473 pp.
- Barber, R.T. & F.P. Chávez. 1983. Biological consequences of "El Niño". *Science*, 22: 1203-1210.
- Barber, R.T., Chávez, F.P. & J.E. Kogelschatz. 1985. Efectos biológicos de "El Niño". *Boletín ERFEN*, 14: 3-29.
- Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). 1983. Informe del Comité Científico ERFEN sobre "El Niño" 1982-83 (III Reunión, Cali, Colombia, 16-19 de febrero de 1983). *Boletín ERFEN*, 4: 4-22.
- González, H., Bernal, P. & R. Ahumada. 1987. Desarrollo de la dominancia local en la taxocenosis del 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 Brategg 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., Fishery Investigations Series IV, 317 pp.
- Hermosilla, J.G. 1973. Contribución al conocimiento sistemático de los dinoflagelados de la bahía de Concepción, Chile. *Gayana (Zoología)*, 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 junio de 1961. *Investigación Pesquera*, 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' Utermohl. *Rapport Commission Internationale Mer Méditerranée*, 19 (3): 391-392.
- Jiménez, 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.
- Margalef, R. 1956. Información y diversidad específica en las comunidades de organismos. *Investigación Pesquera*, 3: 99-106.
- Margalef, R. 1978. Phytoplankton communities in upwelling areas. The example of NW Africa. *Oecología aquatica*, 3: 97-132.
- Muñoz, P. 1984. Tintinidos. En: *Vigilancia de variaciones climatológicas en la zona de Quintero, Chile (32°45'S) en relación al fenómeno "El Niño"*. Informe Final. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso, 473 pp.
- Muñoz, P. & S. Avaria. 1980. Estudios taxonómicos de los dinoflagelados tecados de la bahía de Valparaíso. I. Género *Ceratium*. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 17 (1): 1-58.
- Pesantes, F. 1978. Dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Publicación Instituto Oceanográfico Armada. Ecuador*, 2 (2): 1-98.
- Prado, R. & H. Sievers. 1987. Distribución de características físicas y químicas frente a península Los Molles, Chile (32°45'S) y su relación con el fenómeno "El Niño" 1982/83. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 23 (1): 31-75.

- Priddle, J. & G. Fryxell. 1985. Handbook of the common plankton diatoms of the Southern Ocean: Centrales except the genus *Thalassiosira*. University Press, Cambridge, U. K., 159 pp.
- Ramirez, B. 1975. Variaciones estacionales de los pigmentos fitoplanctónicos analizados frente a Valparaíso. *Investigaciones Marinas*, 6 (1): 1-24.
- Ramorino, I & B. Campos. 1984. Zooplancton. En: Vigilancia de variaciones climatólogicas y bio-oceanográficas en la zona de Quintero, Chile (32°45'S) en relación al fenómeno "El Niño". Informe Final. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso, 473 pp.
- Rivera, P. 1969. Sinopsis de las diatomeas de la bahía de Concepción, Chile. *Gayana (Botánica)*, 18: 1-112.
- Rivera, P. 1981. Beiträge zur taxonomic 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.
- Rojas, B., Gómez, O. & N. Ochoa. 1985. Efectos del fenómeno de "El Niño" 1982-83 sobre el fitoplancton de la costa peruana. En: Bas, C., Margalef, R. & P. Rubies (eds.) Simposio Internacional sobre las Areas de Afloramiento del Oeste Africano. Instituto de Investigaciones Pesqueras, Barcelona, 1: 417-433.
- Sievers, H. 1979. Variaciones estacionales de temperatura, salinidad, contenido de oxígeno y altura dinámica frente a Punta Curaumilla (mayo de 1974 - abril de 1975). Tesis para optar al título de Oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, 77pp.
- Simonsen, R. 1974. The diatom plankton of the Indian ocean expedition of R. V. "Meteor" 1964-1965. *Meteor Forschungsergebnisse (D. Biologie)*, 19: 1-66.
- Smayda, I. J. 1965. A quantitative analysis of the phytoplankton of the Gulf of Panama. II. An the relationship between 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, Série A: Biologie Marine*, 18 (2, 3, A): 375-499.



- Sournia, A. 1968. Diatomées planctoniques du Canal Mozambique et de l'île Maurice. Mémoires ORSTOM, 31: 1-120.
- 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. Iéthys, 4 (3): 535-558.
- Travers, A. 1975. Le microplancton du Golfe de Marseille: Volume, surface et volume plasmique des organismes. Iéthys 6 (4): 689-712.
- Uehlinger, V. 1964. Etude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. Archives sciences Geneva, 17: 121-223.
- UNESCO. 1978. Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanographic methodology, 6, 357 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 Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung Limnologie, 9: 1-38.

Tabla 1. Cuadro comparativo de la densidad de células y biomasa entre períodos de primavera durante "El Niño" (1972, 1982), con un período post "Niño" (1983) y el promedio de cuatro años considerados normales (1974, 1975, 1977, 1979). Valores integrados entre superficie y 25 metros.

AÑO	DENSIDAD (cél/ml)	BIOMASA (cl a/m)
1972	588.7	1.55
1982	353.4	1.61
1983	1149.1	5.12
$\bar{x}$ 4 años	1028.2	4.03

Tabla 2. Variaciones del índice de diversidad de especies del fitoplancton sedimentado de julio de 1982 a enero de 1984. Valores integrados entre superficie y 25 metros en las estaciones 1 y 2.

FECHA	DIVERSIDAD E.1 (bits/cél)	DIVERSIDAD E.2 (bits/cél)
21.07.82	1.71	1.49
20.08.82	0.89	1.12
07.09.82	2.78	1.25
27.10.82	1.44	----
03.11.82	2.85	2.35
17.11.82	3.35	2.37
28.12.82	0.89	1.40
05.01.83	1.45	2.53
25.01.83	----	0.01
30.03.83	2.48	1.02
29.04.83	2.49	2.67
25.05.83	1.17	2.55
27.06.83	1.35	1.45
20.07.83	2.09	3.17
30.08.83	0.89	1.33
15.09.83	1.75	2.27
04.10.83	1.68	2.26
19.10.83	1.29	2.03
03.11.83	1.77	2.44
05.01.84	0.74	0.93

Anexo 1. Especies identificadas en muestras de fitoplancton recolectadas frente a Valparaíso de julio 1982 a enero de 1984.

E S P E C I E S	M U E S T R A S	
	Red	Agua
DIATOMEAS		
<i>Asterionella glacialis</i> Castracane	+	+
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve	+	.
<i>Biddulphia longicuris</i> Greville	+	+
<i>Biddulphia longicuris</i> var. <i>hyalina</i> (Schr.) Cupp	+	+
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendeby	+	+
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	+	+
<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder	+	-
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	+	+
<i>Chaetoceros constrictus</i> Gran	+	+
<i>Chaetoceros convolutus</i> Gran	+	+
<i>Chaetoceros criophilum</i> Castracane	.	+
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	+	-
<i>Chaetoceros debilis</i> Cleve	+	+
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	+	+
<i>Chaetoceros diadema</i> (Ehrenberg) Gran	+	-
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg	+	+
<i>Chaetoceros laciniatus</i> Schütt	+	+
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	+	+
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	+	+
<i>Chaetoceros radicans</i> Schütt	+	+
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder	+	+
<i>Chaetoceros teres</i> Cleve	+	+
<i>Chaetoceros wighami</i> Brightwell	+	.
<i>Climacodium biconcavus</i> (Ostenf.) Cleve	+	+
<i>Corethron criophilum</i> f. <i>hystrix</i> (Castr.) Hendeby	+	+
<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg	+	+
<i>Coscinodiscus janischi</i> Schmidt	+	+
<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg	+	+
<i>Detonula pumila</i> (Castr.) Schütt	+	+
<i>Ethmodiscus rex</i> (Wallich in Rattray) Hendeby	+	.
<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow	+	+
<i>Guinardia flaccida</i> (Castr.) Peragallo	+	+
<i>Lauderia annulata</i> Cleve	+	+
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	+	+
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (Perag.) Hasle	.	+
<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg	+	.

## Anexo 1. (continuación)

E S P E C I E S	M U E S T R A S	
	Red	Agua
DIATOMEAS		
<i>Melosira moniliformis</i> (Müller) Agerdh	.	+
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	+	+
<i>Nitzschia pseudoseriata</i> Hasle	+	+
<i>Planktoniella sol</i> (Wall.) Schütt	+	+
<i>Pseudoeunotia doliolus</i> (Wall.) Grunow	+	+
<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>alata</i> Brightwell	+	+
<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>gracillima</i> (Cleve) Gran	+	+
<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>indica</i> (Perag.) Ostenfeld	+	+
<i>Rhizosolenia bergonii</i> Peragallo	+	+
<i>Rhizosolenia delicatula</i> Cleve	+	+
<i>Rhizosolenia fragilissima</i> Bergon	.	+
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran	.	+
<i>Rhizosolenia imbricata</i> var. <i>minuta</i> Rivera	+	+
<i>Rhizosolenia imbricata</i> var. <i>shrubsolei</i> (Cl.) Schr.	+	+
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	+	+
<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell	+	+
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i> Peragallo	+	+
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	+	+
<i>Stephanopyxis turris</i> (Grev. et Arnt.) Ralfs	+	+
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow	+	+
<i>Thalassiosira aestivalis</i> Gran et Angst	+	+
<i>Thalassiosira decipiens</i> (Grun.) Jörgensen	+	.
<i>Thalassiosira subtilis</i> (Ostenf.) Grunow	+	+
<i>Thalassiothrix delicatula</i> Cupp	+	+
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> Grunow	+	+
DINOFLAGELADOS		
<i>Brachydinium capitatum</i> Taylor	+	.
<i>Centrodinium intermedium</i> Pavillard	+	.
<i>Ceratium arietinum</i> var. <i>gracilentum</i> (Jörg.) Sournia	+	.
<i>Ceratium azoricum</i> Cleve	+	+
<i>Ceratium breve</i> var. <i>parallelum</i> (Schmidt) Jörgensen	+	.
<i>Ceratium candelabrum</i> var. <i>depressum</i> (Pouchet) Jörg.	+	.
<i>Ceratium carriense</i> Gourret	+	.

## Anexo 1. (continuación)

E S P E C I E S	M U E S T R A S	
	Red	Agua
DINOFLAGELADOS		
<i>Ceratium concilians</i> Jörgensen	+	.
<i>Ceratium contrarium</i> (Gourret) Pavillard	+	.
<i>Ceratium contortum</i> var. <i>contortum</i> Sournia	+	.
<i>Ceratium contortum</i> var. <i>longinum</i> (Karsten) Sournia	+	.
<i>Ceratium declinatum</i> (Karst.) Jörgensen	+	.
<i>Ceratium declinatum</i> var. <i>normale</i> (Jörg.) Taylor	+	.
<i>Ceratium extensum</i> (Gourret) Cleve	+	.
<i>Ceratium falcatum</i> (Kofoid) Jörgensen	+	.
<i>Ceratium furca</i> var. <i>berghii</i> Lemmermann	+	+
<i>Ceratium furca</i> var. <i>eugrammum</i> (Ehr.) Schiller	+	.
<i>Ceratium fusus</i> var. <i>seta</i> (Ehr.) Schiller	+	+
<i>Ceratium gibberum</i> var. <i>dispar</i> (Pouchet) Sournia	+	.
<i>Ceratium hexacanthum</i> Gourret	+	.
<i>Ceratium horridum</i> (Cleve) Gran	+	.
<i>Ceratium incisum</i> (Karsten) Jörgensen	+	.
<i>Ceratium inflatum</i> (Kofoid) Jörgensen	+	+
<i>Ceratium kofoidii</i> Jörgensen	+	+
<i>Ceratium limulus</i> (Gourr. ex Pouchet) Gourret	+	.
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehr.) Cleve	+	+
<i>Ceratium lunula</i> (Schimp. ex Karsten) Jörgensen	+	.
<i>Ceratium macroceros</i> var. <i>gallicum</i> (Kofoid) Sournia	+	.
<i>Ceratium macroceros</i> var. <i>macroceros</i> (Ehr.) Vanhöf.	+	+
<i>Ceratium massiliense</i> (Gourret) Karsten	+	.
<i>Ceratium minutum</i> Jörgensen	+	.
<i>Ceratium pavillardii</i> Jörgensen	+	.
<i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>robustum</i> (Cleve) Jörgensen	+	+
<i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>tenerum</i> Jörgensen	+	.
<i>Ceratium petersii</i> Steemann Nielsen	+	.
<i>Ceratium praelogum</i> (Lemm.) Kof. & Jörg.	+	.
<i>Ceratium pulchellum</i> f. <i>dalmaticum</i> (Böhm) Schiller	+	.
<i>Ceratium symmetricum</i> Pavillard	+	.
<i>Ceratium trichoceros</i> (Ehr.) 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> (Jörg.) Paulsen	+	+
<i>Ceratium vultur</i> Cleve	+	.

## Anexo 1. (continuación)

E S P E C I E S	M U E S T R A S	
	Red	Agua
DINOFLAGELADOS		
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein	+	.
<i>Dinophysis acuminata</i> Clarp. et Lachm.	+	+
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent	+	+
<i>Dinophysis exigua</i> Kofoid ex Skogs.	.	+
<i>Dinophysis forthii</i> Pavillard	+	+
<i>Dinophysis ovum</i> Schütt	+	+
<i>Dinophysis rapa</i> (Stein) Abé	+	.
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret	+	+
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh	+	+
<i>Diplopsalis minor</i> (Paulsen) Silva	+	+
<i>Dissodinium gerbaultii</i> (Pav.) Taylor	+	.
<i>Gonyaulax c. f. catenella</i> Whedon et Kofoid	+	.
<i>Gonyaulax minuta</i> Kofoid et Michener	+	+
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	+	+
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Clap. and Lachm.) Dies	+	.
<i>Heteraulacus polyedricus</i> (Pouch.) Drugg et Loeblich	+	.
<i>Kofoidinium velleloides</i> Pavillard	+	.
<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein	+	.
<i>Oxytoxum subulatum</i> Kofoid	+	.
<i>Podolampas bipes</i> Stein	+	.
<i>Podolampas elegans</i> Schütt	+	+
<i>Podolampas spinifera</i> Okamura	.	+
<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton	+	.
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	.	+
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	+	+
<i>Prorocentrum rostratum</i> Stein	.	+
<i>Protoperidinium brochii</i> (Kof. et Swezy) Balech	+	+
<i>Protoperidinium claudicans</i> (Paulsen) Balech	+	+
<i>Protoperidinium conicoides</i> (Paulsen) Balech	+	+
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech	+	+
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech	+	+
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bail.) Balech	+	+
<i>Protoperidinium diabolus</i> (Cleve) Balech	+	+
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehr.) Balech	+	.
<i>Protoperidinium fatulipes</i> (Kof.) Balech	+	.
<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech	+	.

## Anexo 1. (continuación)

E S P E C I E S	M U E S T R A S	
	Red	Agua
DINOFLAGELADOS		
<i>Protoperidinium grande</i> (Kof.) Balech	+	-
<i>Protoperidinium leonis</i> (Pav.) Balech	+	+
<i>Protoperidinium oblongum</i> (Auriv.) Parke et Dodge	+	-
<i>Protoperidinium obtusum</i> (Karsten) Parke et Dodge	+	-
<i>Protoperidinium oceanicum</i> (Vanhöffen) Balech	+	+
<i>Protoperidinium pedunculatum</i> (Schütt) Balech	+	+
<i>Protoperidinium pellucidum</i> (Schütt) Balech	+	+
<i>Protoperidinium pentagonum</i> (Gran) Balech	+	-
<i>Protoperidinium punctulatum</i> (Paulsen) Balech	+	-
<i>Protoperidinium sphaericum</i> (Murray et Witt.) Balech	+	-
<i>Protoperidinium steinii</i> (Jörg.) Balech	+	+
<i>Protoperidinium sympholis</i> Hermosilla y Balech	+	-
<i>Ptychodiscus noctiluca</i> Stein	+	-
<i>Pyrocystis fusiformis</i> Wyv.-Thoms et Blackman	+	-
<i>Pyrocystis noctiluca</i> Murray et Schütt	+	-
<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein	+	-
<i>Pyrophacus steinii</i> (Schiller) Wall et Dale	+	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich III	+	+
COCOLITOFORIDOS		
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich)	+	+
SILICOFLAGELADOS		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	+	+
<i>Dictyocha polyactis</i> Ehrenberg	+	+
<i>Dictyocha octonaria</i> Ehrenberg	+	+
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg	-	+