

ESTUDIOS DE ECOLOGIA FITOPLANCTONICA EN LA BAHIA DE VALPARAISO. III. FITOPLANCTON 1972-73

SERGIO AVARIA Y ELIZABETH ORELLANA *

ABSTRACT. Analysis of phytoplankton contents was made from surface to 30 meters depth between April 1972 and April 1973. Aproximately weekly samples were taken in the same station, two miles from shore in front of Reñaca beach, in the bay of Valparaíso, for a total of 252 samples. General aspects of annual cycle, biomass evaluation, specific composition, structure population and vertical distribution are discussed.

INTRODUCCION

Continuando el estudio cuantitativo del fitoplancton de la bahía de Valparaíso iniciado en el año 1970, en el presente trabajo se dan a conocer los resultados obtenidos en el período comprendido entre abril de 1972 y abril de 1973.

Se trabajó en una estación situada a dos millas frente a la playa de Reñaca, la que se muestreó periódicamente en superficie y a las profundidades de 5, 10, 20 y 30 metros. Se realizaron 42 muestreos en los que se obtuvieron 210 muestras de agua para determinación de pigmentos y análisis microscópicos cuantitativos, además de 42 muestras de red para análisis cualitativos. Simultáneamente se hicieron mediciones de temperatura del agua y penetración de luz con el disco de Sechii y se registraron datos de algunos factores meteorológicos. A las profundidades antes mencionadas se obtuvieron también muestras de agua para análisis de salinidad, oxígeno, pH, y nutrientes cuyo estudio detallado será objeto de otra publicación de esta serie.

El muestreo, análisis y elaboración de datos se realizó según la metodología descrita en un trabajo anterior sobre el tema (Avaria, 1975). En la misma publicación se dan a conocer antecedentes relacionados con este estudio.

RESULTADOS

CICLO ANUAL

El período 1972-73 corresponde al esquema planteado en un trabajo anterior (Avaria, 1975) con un período de gran actividad fitoplanctónica en primavera y verano (octubre-abril), caracterizado por el aumento de la frecuencia e intensidad de los vientos del Cuadrante III que provocan mezclas verticales por continuos rompimientos de la estabilidad de la columna de agua y un período de escasa actividad del fitoplancton durante el resto del año (abril-octubre), caracterizado por la presencia de calmas y vientos del Cuadrante IV que tienen efecto contrario a los anteriores.

Debido a la importancia del régimen de vientos en la regulación del ciclo anual del fitoplancton en la bahía de Valparaíso, se hizo un análisis de vientos durante el período

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

do de estudios en base a tres observaciones diarias efectuadas en Montemar a las 08.00 horas, 14.00 horas y 20.00 horas utilizando la escala de Beaufort.

Las observaciones de las 14.00 horas son las más significativas ya que sus resultados son muy similares a las medias obtenidas para 10 años en la misma zona (Pizarro, 1973). Estas indican que los vientos predominantes son los del Cuadrante III con una frecuencia media de 45% y fuerza 2-3. Le siguen en importancia los vientos del Cuadrante IV con una frecuencia media del 30% y fuerza 1-2. La frecuencia de los periodos de calma es de un 22%. Los vientos de los Cuadrantes I y II no influyen en el ciclo anual del fitoplancton de la bahía y su frecuencia media es de un 1% y 2%, respectivamente, con fuerza 1. El detalle del análisis de vientos se da en la Tabla 5 y se ilustra en la Fig. 1.

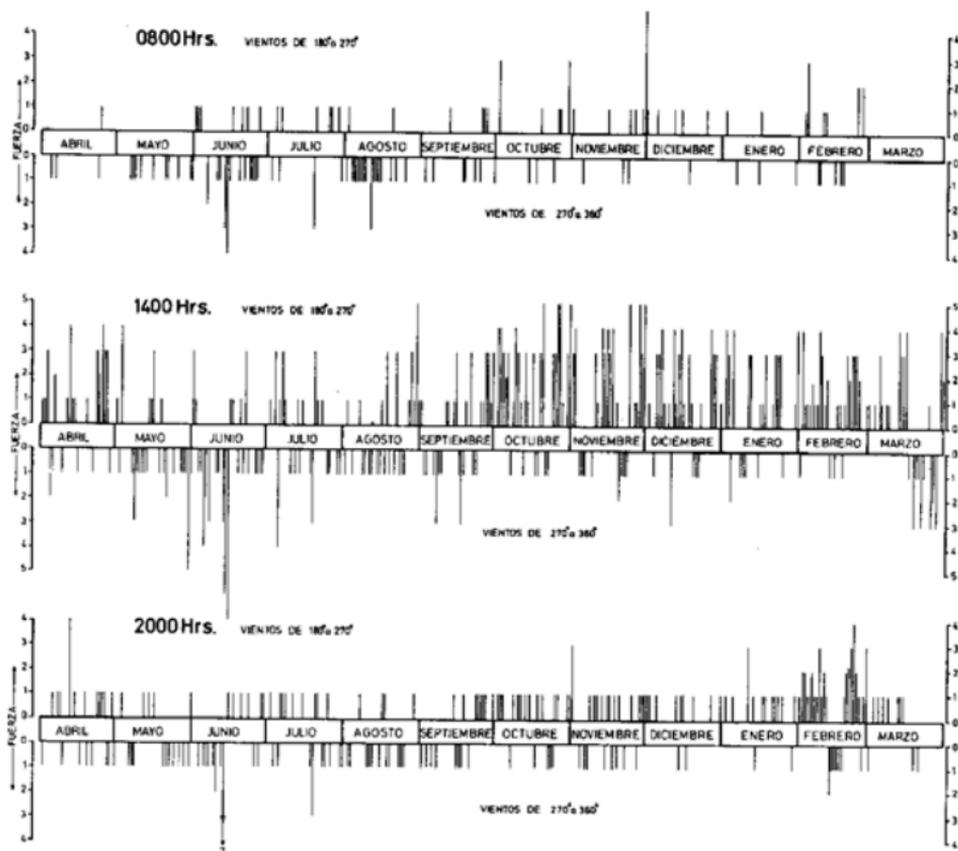


Fig. 1. Variación de los vientos en Montemar durante el periodo 1972-73.

En el ciclo anual 1972-73 (Figs. 2 y 3) se diferencian dos fases características:

— La primera, desde fines de abril a principios de octubre, se caracteriza por una baja actividad del fitoplancton a consecuencia del período de calmas e influencias de los vientos del Cuadrante IV que dificultan el aporte de nutrientes a la zona eufótica. El promedio de frecuencia de calmas en esta fase es de un 20% y de vientos del Cuadrante IV un 44% con fuerza 1-2.

Los pequeños florecimientos detectados en junio, julio y agosto guardan relación con la acción moderada de vientos del Cuadrante III que se manifestaron a fines de mayo, la primera y tercera semana de julio y la última de agosto (Fig. 2). La mezcla vertical producida por estos vientos es facilitada por la inestabilidad de la columna de agua, característica de la época invernal, como consecuencia de la disminución del gradiente de densidad por el enfriamiento de las aguas superficiales.

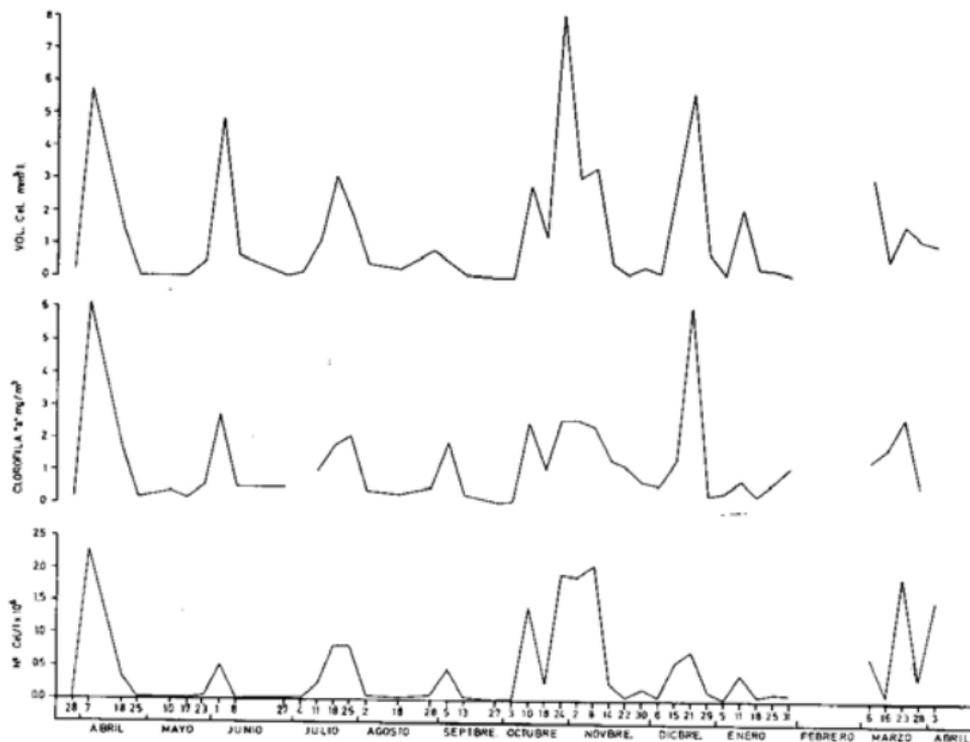


Fig. 2. Ciclo anual de fitoplancton de la bahía de Valparaíso expresado en promedio de células por litro, clorofila "a" expresado en miligramos por metro cúbico y volumen celular en milímetros cúbicos por litro, en la capa de superficie a treinta metros de profundidad durante el período 1972-73.

El gran florecimiento detectado al iniciarse el período de estudios, en el mes de abril, podría corresponder al florecimiento otoñal de 1972.

— La segunda fase, desde principios de octubre al término del período de estudios, se caracteriza por una gran actividad fitoplanctónica a consecuencia de las sucesivas

rupturas de la columna provocadas por el fuerte incremento de los vientos del Cuadrante III que se inicia a fines de septiembre alcanzando su máxima frecuencia durante el mes de febrero (56%, fuerza 2-3). Estos vientos provocan rupturas sucesivas de la columna a pesar del aumento de la estabilidad, consecuencia del paulatino recalentamiento de las aguas superficiales.

Durante esta fase se detectan varios florecimientos. El primero corresponde al de primavera que se inicia a principios de octubre manteniéndose hasta mediados de noviembre, marcando la máxima actividad del fitoplancton en este período. El segundo, corresponde a los de verano en que se detectan dos florecimientos pequeños en diciembre y enero y un tercero mayor en marzo. No se tomaron muestras durante el mes de febrero, pero por la información de años anteriores era de esperar uno o dos fuertes florecimientos durante ese mes. El florecimiento detectado en la segunda quincena de marzo podría corresponder al florecimiento otoñal del año 1973.

Es probable que todos los florecimientos detectados a través del año estén relacionados a fenómenos de surgencias, ya que según Silva (1973) en la zona costera de Valparaíso la surgencia es un fenómeno temporal aperiódico que puede ocurrir en cualquier estación del año aunque el período más probable para que esto ocurra es en primavera y verano.

BIOMASA

Los valores promedios de la biomasa fitoplanctónica entre superficie y 30 metros, obtenidos desde abril de 1972 a abril de 1973 expresados en volumen celular, calculado a partir de número de células por litro y concentración de clorofila "a", en mg por metro cúbico, se detallan en la Tabla 6 y se ilustran en la figura 2.

Se observan grandes variaciones cuantitativas de una semana a otra con valores oscilantes entre 0.1×10^3 y 2.293×10^3 . Los valores más frecuentes oscilan entre 500×10^3 y 1.020×10^3 con un promedio anual de 452×10^3 . Los más altos se obtienen en abril de 1972 con 2.3×10^6 cél/l, en octubre y noviembre de 1973, durante el florecimiento primaveral, sobrepasando levemente los valores de 2×10^6 cél/l y en marzo de 1973 con valores de 1.8×10^6 cél/l.

La biomasa fitoplanctónica expresada en volumen celular por litro oscila entre 0.0 y $8.04 \text{ mm}^3/\text{l}$ con un promedio anual de $1.51 \text{ mm}^3/\text{l}$. Los valores más frecuentes oscilan entre 0 y $0.5 \text{ mm}^3/\text{l}$ en otoño-invierno y entre 1 y $4 \text{ mm}^3/\text{l}$ en primavera-verano.

La biomasa estimada en mg de clorofila "a" por metro cúbico oscila entre 0.03 y $6.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ con un promedio anual de $1.33 \text{ mg}/\text{m}^3$. Los valores más frecuentes oscilan entre 0 y $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ en otoño-invierno y entre 1 y $3 \text{ mg}/\text{m}^3$ en primavera-verano.

COMPOSICIÓN ESPECÍFICA

La composición específica del fitoplancton durante el período 1972-73 no difiere mayormente de la de los años anteriores. Se identifican 55 especies de diatomeas en las muestras sedimentadas de las cuales 25 especies fueron cualitativamente importan-

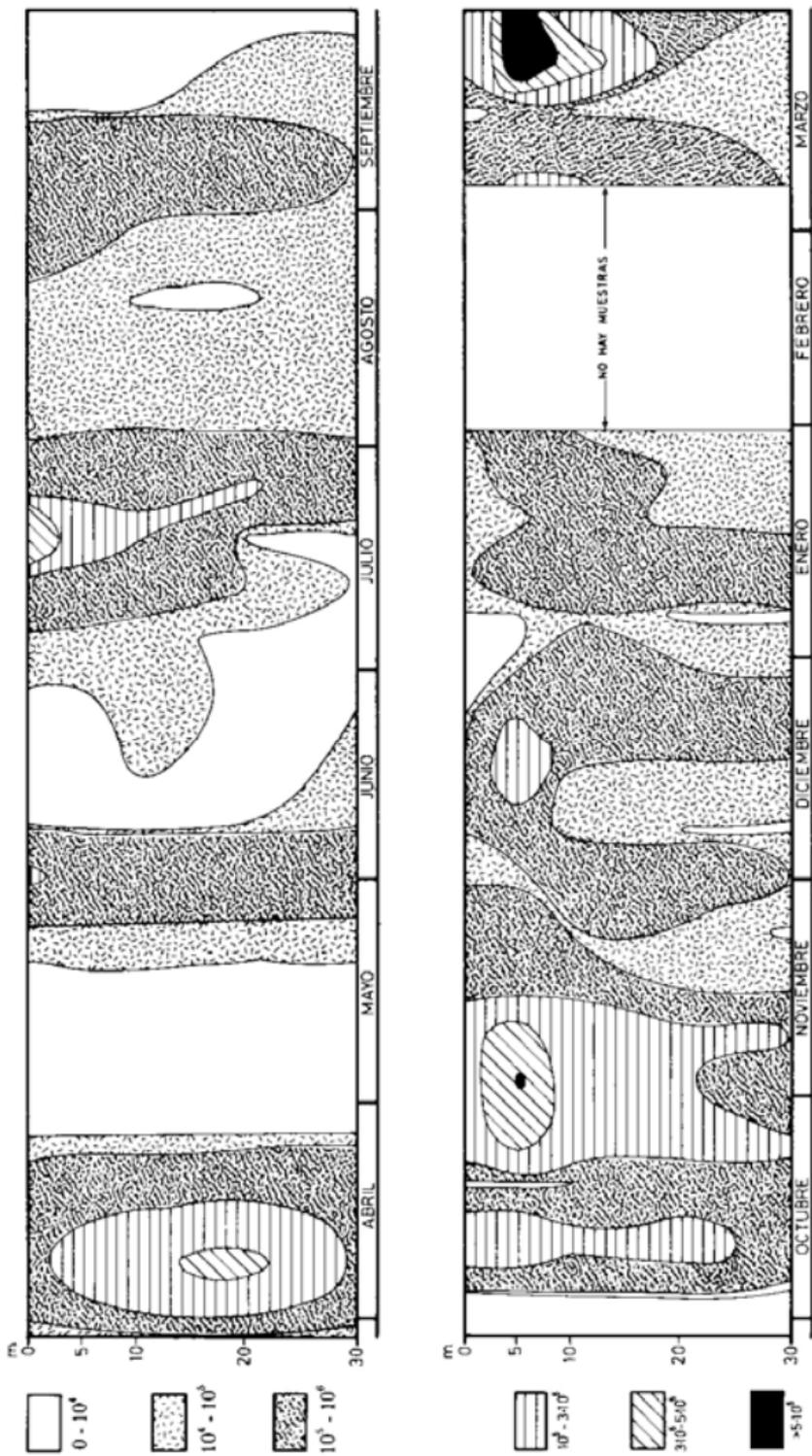


Fig. 3. Distribución en espacio y tiempo de la densidad de células de fitoplancton de la bahía de Valparaíso en el período 1972-73 (En células por litro).

tes por su regularidad de presencia en el plancton (Fig. 4). Los dinoflagelados se consideraron como grupos diferenciándolos entre sí por tamaños, siendo sometidos a análisis taxonómicos sólo en las muestras de red. Se identificaron 30 especies de dinoflagelados predominando las siguientes: *Ceratium furca*, *C. pentagonum*, *C. tripos*, *D. lenticula* y *P. oceanicum*.

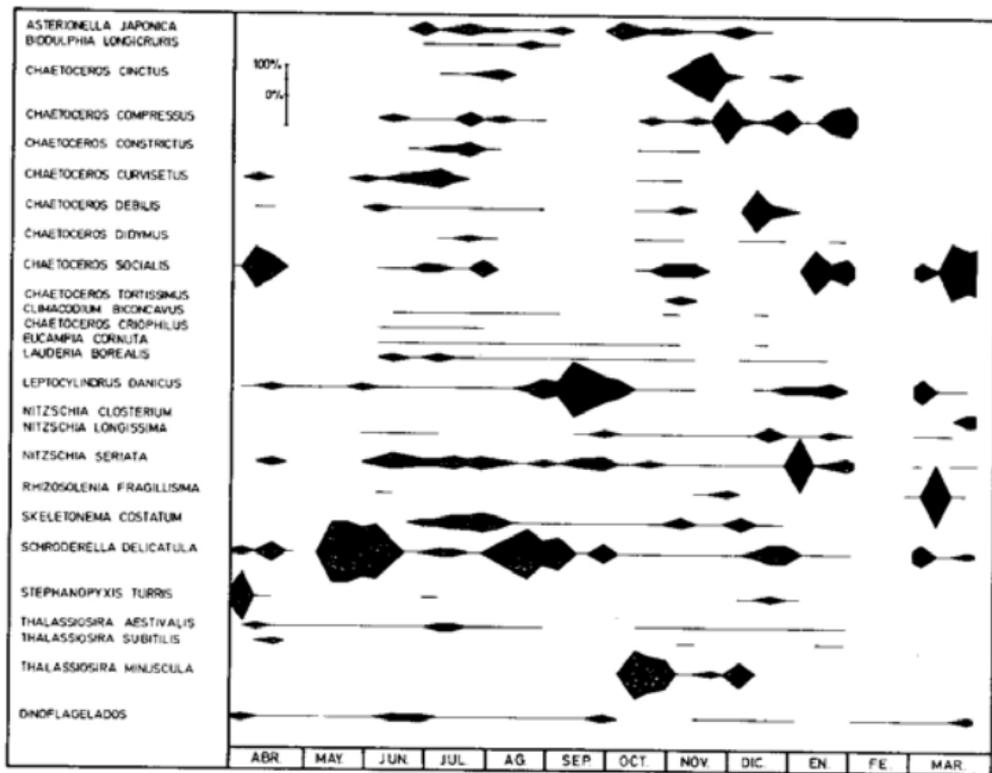


Fig. 4. Cielo anual de las principales especies de la bahía de Valparaíso en porcentaje de la población total durante el periodo 1972-73.

De las especies comunes de diatomeas tienen importancia cuantitativa las especies que alcanzan en diversas épocas del año valores superiores a 100×10^3 cél/l, cuyos valores máximos expresados en promedios de células por litro de superficie a 30 metros son los siguientes: *Asterionella japonica* 226×10^3 , *Chaetoceros cinctus* 587×10^3 , *Ch. compressus* 123×10^3 , *Ch. constrictus* 127×10^3 , *Ch. debilis* 427×10^3 , *Ch. socialis* 1.748×10^3 , *Ch. tortissimus* 238×10^3 , *Leptocylindrus danicus* 257×10^3 , *Nitzschia seriata* 161×10^3 , *Skeletonema costatum* 409×10^3 , *Schroderella delicatula* fase *schroderi* 475×10^3 y *Thalassiosira minuscula* 1.147×10^3 .

Estas especies son las responsables de la productividad primaria de la bahía de Valparaíso durante el período estudiado. De ellas, las que alcanzan más altos valores en profundidades determinadas son: *Ch. socialis* 8.350×10^3 a 5 metros, *Th. minuscula* 2.280×10^3 a 5 metros, *S. delicatula* 1.100×10^3 en superficie y *S. costatum* 1.600×10^3 en superficie.

Cuantitativamente se observa una dominancia de las especies pequeñas de diatomeas sobre las grandes durante todo el ciclo (Fig. 5), magnificándose los valores de los números de células como ocurre el 7 de abril y el 23 de marzo de 1973 a causa de *Ch. socialis*, el 10 de octubre y el 10 de noviembre de 1972 a causa de *Th. minuscula*. Cuando la biomasa está dada por especies de mayor tamaño se magnifica el volumen celular como ocurre el 1° de junio, el 5 de septiembre y el 21 de diciembre de 1972 en que domina *S. delicatula*.

Al analizar la composición específica a lo largo del año se observan diferencias estacionales que se resumen en la Tabla 1.

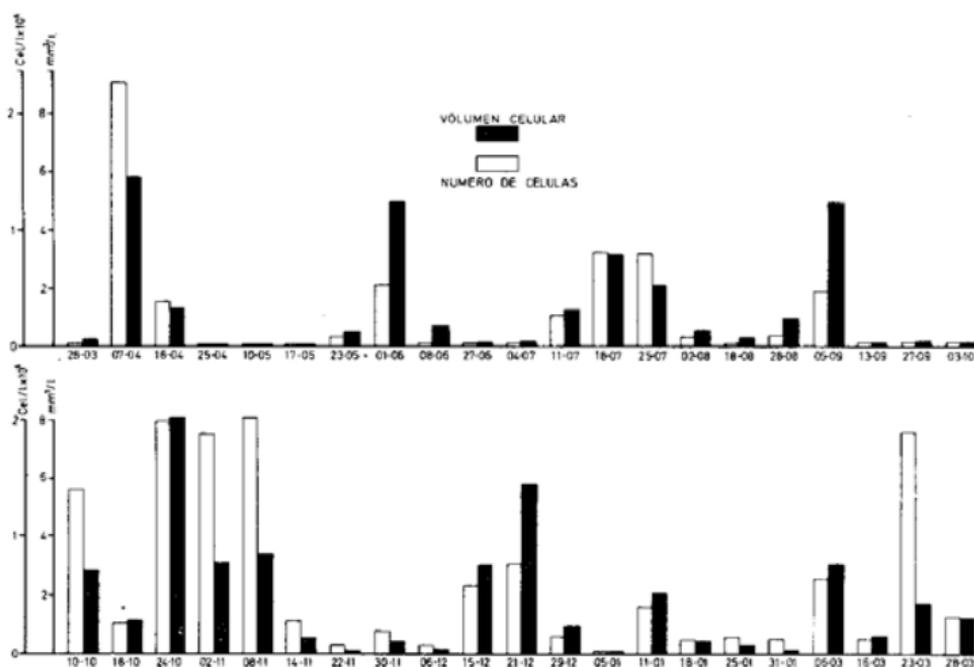


Fig. 5. Cuadro comparativo entre la producción actual de fitoplancton expresado en número de células por litro y volumen celular por litro.

TABLA 1. Variaciones estacionales de la composición del fitoplancton.

OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
<i>S. turris</i> <i>N. closterium</i> <i>L. borealis</i>	<i>Ch. constrictus</i> <i>Ch. didymus</i> <i>B. longicurvis</i> <i>Ch. criophilus</i> <i>C. criophilum</i>	<i>L. danicus</i> <i>Th. minuscula</i> <i>Ch. cinctus</i> <i>Ch. debilis</i> <i>Ch. tortissimus</i>	<i>C. pelagica</i> <i>Th. nitzschioides</i> <i>N. seriata</i>	
	<i>Ch. curvisetus</i>	<i>A. japonica</i> <i>S. costatum</i>	<i>Ch. compressus</i> <i>N. longissima</i>	<i>Ch. socialis</i> <i>Rh. fragilissima</i> <i>S. delicatula</i>
<i>P. pulvisculus</i> <i>D. tripos</i> <i>G. polyedricum</i> <i>P. globulus</i> <i>C. contortum</i>	<i>C. azoricum</i> <i>C. furca</i> <i>C. fusus</i> <i>P. simulum</i>	<i>D. minor</i> <i>P. thorianum</i>	<i>P. conicum</i> <i>P. brochii</i> <i>P. pentagonum</i> <i>P. depressum</i> <i>P. diegensis</i>	
<i>D. acuminata</i> <i>C. pentagonum</i> <i>G. polygramma</i>	<i>P. pallidum</i>	<i>D. lenticula</i> <i>C. tripos</i>		

En otoño se detecta un gran florecimiento el 7 de abril, causado por *Ch. curvisetus* y *Ch. socialis*, y un segundo más pequeño el 1° de junio causado por *S. delicatula*. El 23 de mayo se observa un incremento de la biomasa de dinoflagelados por el desarrollo de *P. globulus*, *D. acuminata* y *C. contortum* var. *karstenii*.

En invierno se observa la mayor heterogeneidad en la composición específica del fitoplancton de todo el periodo de estudio. Se detectan dos pequeños florecimientos. El primero durante la segunda quincena de julio debido a *S. costatum*, *N. seriata*, *A. japonica* y varias especies pequeñas del género *Chaetoceros*. El segundo florecimiento se detecta el 5 de septiembre debido a *S. delicatula* y *L. danicus*. En esta estación se observan dos incrementos en la biomasa de los dinoflagelados: el primero coincide con el florecimiento de julio debido a *D. lenticula* y *P. pallidum* y el segundo inmediatamente anterior al florecimiento de septiembre debido a *C. furca*.

Entre los dinoflagelados abundantes en el invierno se encuentra una amplia dominancia del género *Ceratium*.

En primavera se detecta un gran florecimiento debido a *Th. minuscula*, *Ch. socialis*, *Ch. cinctus*, *Ch. compressus* y *S. costatum*. Durante este florecimiento se observa una caída de la población de diatomeas el 18 de octubre, caída que coincide con un incremento de dinoflagelados, debido a un nuevo florecimiento de *C. furca*.

Durante el verano se observan dos florecimientos, el mayor en la segunda quincena de diciembre debido a *Ch. debilis* y *S. delicatula* y el segundo el 11 de enero debido a *Ch. socialis* y *C. pelagica*. En ambos florecimientos al disminuir las diatomeas se observa un aumento de los dinoflagelados, los cuales se mantienen muy abundantes todo el mes de enero siendo las especies más comunes *C. furca*, *C. tripos*, *D. lenticula* y *P. pentagonum*. El mes de enero se caracteriza por una dominancia cualitativa de los dino-

flagelados con respecto a los demás meses del año. Durante el mes de febrero no se recolectaron muestras, pero por la información obtenida en años anteriores debería producirse uno o dos florecimientos con un fuerte incremento de diatomeas y la desaparición de dinoflagelados, semejante a los que se observan en el mes de marzo. Observando la figura 4 podría suponerse que las especies dominantes en febrero serían *Ch. socialis*, *L. danicus* y *S. delicatula*.

El mes de marzo se inicia con la fase final de un florecimiento de diatomeas que debe haber alcanzado el máximo en febrero debido a las especies *L. danicus* y *S. delicatula* el que termina el 16 de marzo. A fines de marzo se produce otro gran florecimiento debido a *Ch. socialis* cuya caída, la última semana de marzo, coincide con un incremento de dinoflagelados debido a *D. acuminata*, *C. tripos*, *P. pulvisculus*, *C. furca* y especies de los géneros *Gymnodinium*, *Amphidinium* y *Gyrodinium*. Durante primavera y verano se observó una dominancia cualitativa de *D. lenticula* y *C. tripos*.

La diversidad específica es baja con valores oscilantes entre 0.1 y 3.3 bits/cél. Los valores más altos, entre 2 y 3 bits/cél., se observan en los meses de julio y agosto. Durante el florecimiento primaveral se observan valores inferiores a 1 bit/cél. y durante el verano los valores más frecuentes oscilan entre 1 y 2 bits/cél (Fig. 6). Dichos valores son los normales para poblaciones neríticas con proliferaciones locales.

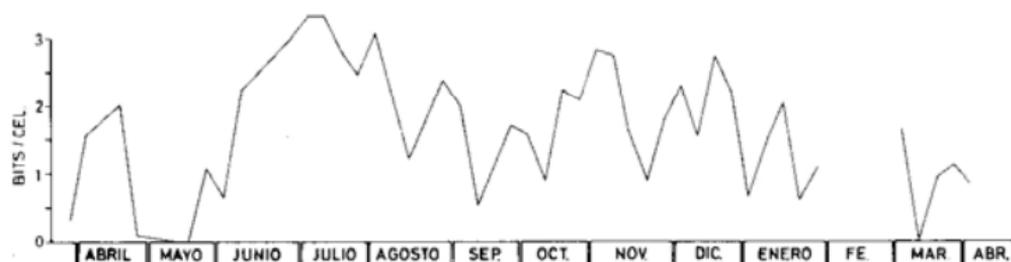


Fig. 6. Variación del índice de diversidad de especies del fitoplancton de la bahía de Valparaíso durante el período 1972-73.

Al analizar los cambios de la composición específica del fitoplancton en el tiempo, aparentemente se observan durante el año dos sucesiones de poblaciones en las cuales es posible diferenciar los tres estados característicos que distingue Margalef (1958) en el curso de una sucesión.

La primera sucesión se iniciaría a fines de mayo terminando a principios de octubre. Al comenzar la sucesión se observa una dominancia absoluta de *S. delicatula*, especie a la cual se le van agregando, durante el mes de junio, especies pequeñas del género *Chaetoceros* (*Ch. curvisetus*, *Ch. compressus*, *Ch. socialis*, *Ch. constrictus*). Al avanzar la sucesión durante los meses de julio y agosto se observa la aparición de especies grandes del género *Chaetoceros* (*Ch. convolutus*, *Ch. criophilus*, *Ch. decipiens*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. diadema*, *Ch. teres*) y de otras especies grandes de diatomeas tales como *B. longicurris*, *C. criophilus*, *E. cornuta*, *C. biconcavus*, *L. borealis* y *D. mediterraneus*. El término de la sucesión, durante el mes de septiembre, se caracteriza por la aparición de diatomeas del género *Rhizosolenia* (*Rh. alata*, *Rh. imbricata*, *Rh. srhub-*

solei), *P. sol*, un fuerte incremento de dinoflagelados y la presencia de silicoflagelados y elementos del zooplancton.

La segunda sucesión se iniciaría a mediados de octubre prolongándose hasta fines de noviembre, coincidiendo con el florecimiento primaveral y la presencia de vientos del Cuadrante III que provocan rupturas de la columna de agua impidiendo al fitoplancton llegar a etapas muy avanzadas como en la sucesión anterior.

Al comenzar la sucesión se observa una amplia dominancia de *Th. minuscula* a la que se agregan, hasta fin de octubre, especies pequeñas del género *Chaetoceros*, *N. delicatissima* y *A. japonica*. En el mes de noviembre se observa la aparición de especies grandes de diatomeas tales como *E. zodiacus*, *E. cornuta*, *Ch. teres* y *Ch. lorenzianus*. El fin de la sucesión se caracteriza por la presencia de *Rh. fragilissima*, *Th. aestivalis*, un fuerte incremento de la biomasa de dinoflagelados, la aparición de silicoflagelados y del protozoo ciliado *Cyclotrichium meunieri*.

A partir de fines de noviembre, hasta el final del período de estudios, no se observa la aparición de especies grandes de diatomeas ni incrementos considerables en la biomasa de flagelados, lo que podría indicar sucesiones cortadas en sus inicios por rupturas sucesivas de la columna de agua, debido a la mayor influencia de los vientos del Cuadrante III. Aun cuando no se tienen datos del mes de febrero, por informes de otros años se puede suponer que el fitoplancton mantiene el comportamiento del período inmediatamente anterior.

No se observó una buena relación entre las fluctuaciones del índice de diversidad y el estado de madurez de las sucesiones. Posteriores análisis de espectros de diversidad podrían dar mayor información acerca de la estructura de las poblaciones de fitoplancton en la bahía de Valparaíso.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

La distribución vertical es relativamente uniforme, concentrándose la densidad de células entre superficie y 10 metros de profundidad (Fig. 7). Los porcentajes de la media general son de 22% en superficie, 28% a 5 m, 26% a 10 m, 13% a 20 m, y 12% a 30 m (Fig. 8). En el invierno la densidad máxima se detecta en superficie, en primavera a 5 m, en verano entre 5 y 10 m y en otoño entre 10 y 20 m.

El gradiente de distribución vertical se hace muy marcado durante los florecimientos de primavera, verano y otoño. En la figura 3 se observa que no todos los florecimientos se distribuyen en toda la columna de agua. El del mes de abril va de 2 a 30 metros con una concentración máxima de células entre 15 y 20 metros. El de principios de julio se observa en toda la capa de agua con su máxima concentración en superficie. El florecimiento de primavera llega hasta los 25 metros en su inicio para alcanzar toda la capa de agua a fines de octubre y mediados de noviembre con la máxima concentración a 5 metros de profundidad. El florecimiento de diciembre se produce sobre los 10 metros sin alcanzar la superficie, el de enero de 5 a 30 metros. El florecimiento de marzo, correspondiente al inicio del florecimiento de otoño del año 1973, se verifica en la zona superficial de la columna sobre los 15 metros con la máxima densidad celular entre 5 y 10 metros.

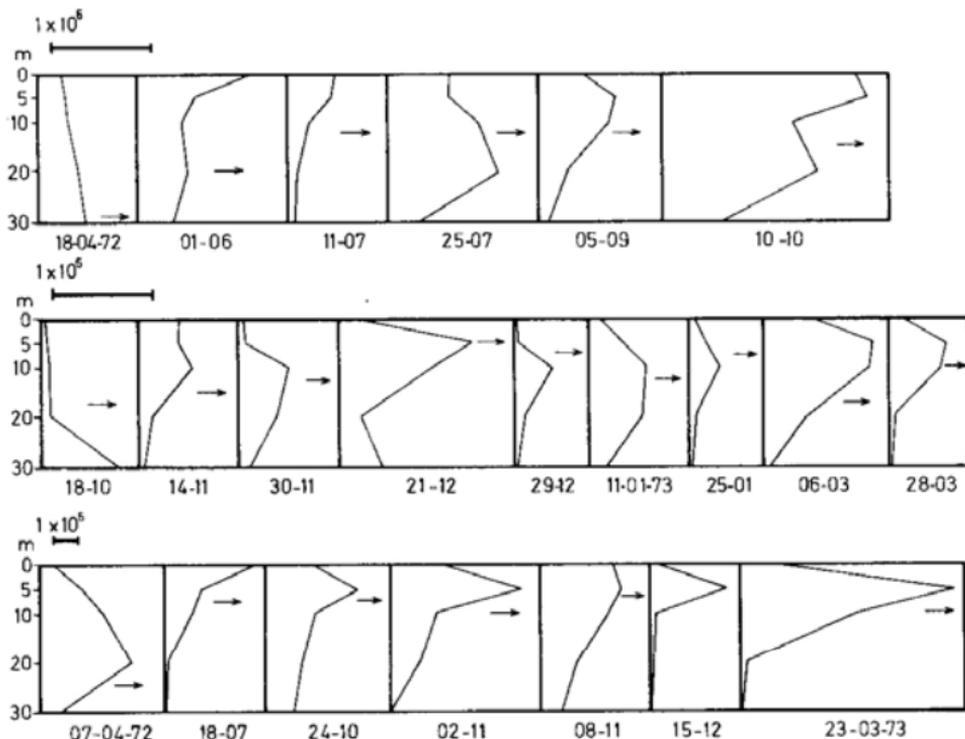


Fig. 7. Distribución vertical del fitoplancton de la bahía de Valparaíso, expresado en células por litro durante el periodo 1972-73. Se consideran sólo las muestras de densidad superior a 100×10^3 cél/l. Las flechas indican las respectivas profundidades de compensación.

La profundidad de compensación oscila entre 5 metros, durante el florecimiento de primavera, y 30 metros durante los meses de mayo y junio. Los valores extremos se alcanzan en mayo con 47,5 metros y en diciembre con 5 metros. El promedio anual fue de 16,2 metros. Desde abril a septiembre la profundidad de compensación se mantuvo por lo general entre 20 y 30 metros, y desde octubre a marzo lo hizo a 20 metros (Fig. 9). Se observó una relación inversa entre las variaciones de la biomasa fitoplanctónica y las variaciones de la profundidad de desaparición del disco de Secchi.

COMPARACIÓN DE DOS CICLOS ANUALES

a) Ciclos

Al comparar el ciclo anual del fitoplancton 1970-71 con el ciclo del periodo 1972-73 se aprecia que ambos se encuadran dentro del esquema general planteado por Avaria

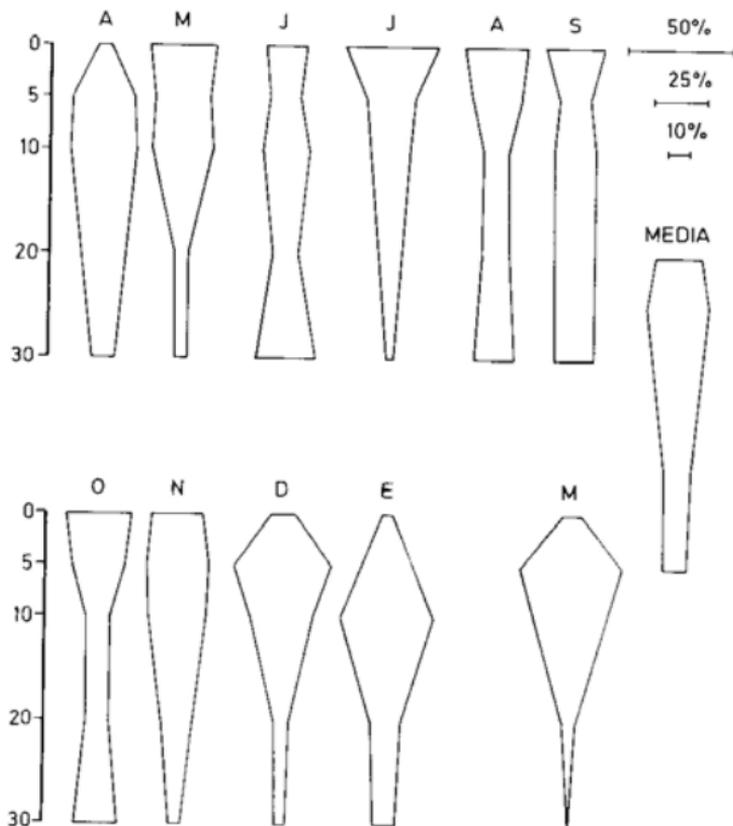


Fig. 8. Distribución vertical del fitoplancton durante el periodo 1972-73. Promedios mensuales expresados en porcentajes de la población total de las cinco profundidades.

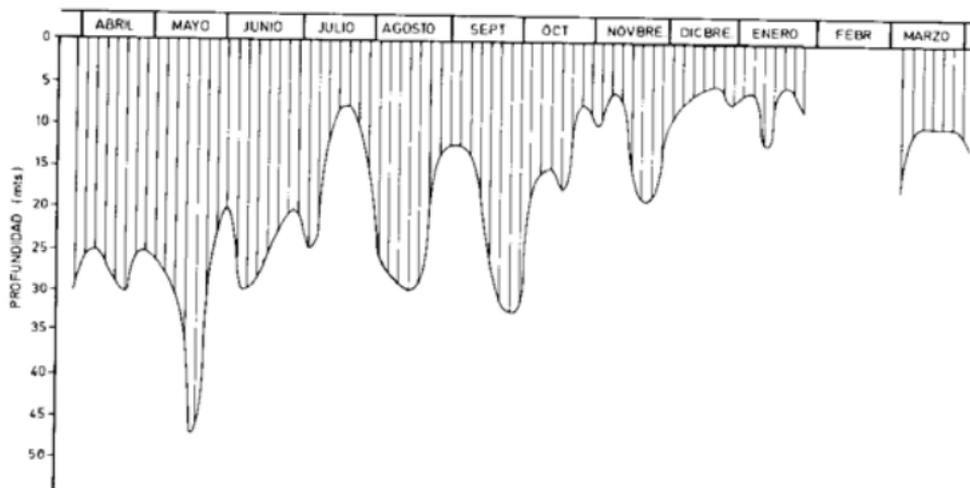


Fig. 9. Variación del espesor de la capa eufótica de la bahía de Valparaíso durante el periodo 1972-73.

(1975), con un período de gran actividad fitoplanctónica, en primavera y verano durante la época de afloramiento provocado por la acción de los vientos del Cuadrante III y uno de baja actividad durante los meses de invierno, en que predominan los períodos de calma y viento del Cuadrante IV.

En ambos ciclos se observan grandes oscilaciones de la biomasa fitoplanctónica en cortos períodos de tiempo, que van de una a tres semanas, efecto que se hace más marcado durante períodos de afloramientos.

Si comparamos las variaciones mensuales del número de células y la clorofila "a" se observan dos oscilaciones de la biomasa a través del año: un incremento a partir del florecimiento primaveral que se mantiene durante todo el verano y termina después del florecimiento otoñal y un período de baja actividad durante el invierno y principios de primavera.

El primer período dura alrededor de siete meses en ambos ciclos, y su inicio está desplazado un mes entre el primero con respecto al segundo, en agosto. En ambos ciclos termina en el mes de abril. El florecimiento primaveral se detecta a fines de noviembre en el primer ciclo y a mediados de octubre en el segundo.

El segundo período se detecta desde fines de abril a fines de octubre, en el primer ciclo, y desde fines de abril a principios de octubre, en el segundo. Durante el período de baja actividad del fitoplancton se observan moderados incrementos en su biomasa que son muy variables en ambos ciclos.

b) Biomasa

Al comparar la biomasa de ambos ciclos anuales se observan diferencias notables en la productividad primaria de las aguas de la bahía de Valparaíso, observándose una producción más alta durante el primer ciclo estudiado con respecto al segundo como se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2. Promedios anuales de biomasa fitoplanctónica.

Biomasa	Año 1970-71	Año 1972-73
N° cél/l $\times 10^3$	772	452
Vol. cél. en mm ³ /l	4,3	1,51
Cl "a" mg/m ³	2,08	1,33

En la comparación de biomazas de ambos años hay que considerar que en el primero está incluido el mes de febrero y excluido el mes de julio, y en el segundo está excluido febrero e incluido julio, hechos que influyen en hacer más extremas que en la realidad estas diferencias debido a que febrero es un mes de gran actividad fitoplanctónica y julio no lo es. También influye en estas diferencias el florecimiento anormal de diciembre de 1970 con valores que superaron los 10 millones de células por litro.

Las diferencias más acentuadas se observan al comparar los volúmenes celulares, y en ello influye el predominio de especies grandes en el primer año de estudios y la dominancia de especies pequeñas en el segundo. Este mismo hecho explica que las di-

ferencias de valores de clorofila "a" no sean tan acentuadas ya que las células pequeñas tienen mayor concentración de clorofila "a" en relación a otros pigmentos.

Si los valores se comparan mes a mes estas diferencias no se hacen tan evidentes como se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 3. Promedios mensuales de biomasa fitoplanctónica.

Mes	1970-71		1972-73	
	Cél/l $\times 10^3$	Cl. "a" mg/m ³	Cél/l $\times 10^3$	Cl. "a" mg/m ³
Enero	1510	7.6	146	0.7
Febrero	920	4.5	—	—
Marzo	782	1.5	743	1.6
Abril	1104	1.9	855	2.7
Mayo	18	0.2	13	0.4
Junio	1	0.2	185	1.2
Julio	10	0.4	456	1.6
Agosto	372	0.9	48	0.4
Septiembre	21	0.5	160	0.7
Octubre	256	1.3	896	1.6
Noviembre	787	1.2	897	1.7
Diciembre	2146	2.1	383	2.1

c) Composición específica

La composición del fitoplancton es muy semejante en los dos años estudiados. En ambos periodos se presentó un fitoplancton muy homogéneo con una amplia dominancia de las diatomeas sobre los demás grupos constituyentes. Las especies de diatomeas responsables de la productividad primaria fueron las mismas en ambos periodos variando sólo su aparición en el tiempo; las especies más importantes cuali y cuantitativamente son: *S. delicatula*, *L. danicus*, y *S. costatum*, *N. seriata*, *A. japonica* y las especies pequeñas del género *Chaetoceros* tales como: *Ch. debilis*, *Ch. socialis*, *Ch. compressus*, y *Ch. cinctus*. Las especies pequeñas del género *Chaetoceros* son las más importantes desde el punto de vista cualitativo. Se observa una mayor influencia de las especies grandes en el primer ciclo estudiado.

Las especies responsables del florecimiento primaveral fueron: *Ch. debilis* en el primer año y *Th. minuscula* en el segundo. En los florecimientos de verano y otoño participan las mismas especies presentes en diferentes meses como se ilustra en la Tabla 4.

Los dinoflagelados grandes se presentan con bastante regularidad en ambos años apareciendo luego de la caída de las diatomeas. También abundan durante los meses de verano de enero a marzo; el resto del año casi desaparecen del plancton. En ambos casos el incremento de dinoflagelados se explica por la baja concentración de nutrientes que va en detrimento de las poblaciones de diatomeas.

Las especies más importantes de dinoflagelados son: *Ceratium furca*, *C. tripos*, *Diplopsalis lenticula* y *Peridinium oceanicum*.

TABLA 4. Variaciones mensuales de las principales especies del fitoplancton.

Mes	1970-71	1972-73
Enero	<i>Th. aestivalis</i> , <i>Ch. compressus</i>	<i>Ch. compressus</i> , <i>N. seriata</i>
Febrero	<i>E. cornuta</i> , <i>C. biconcavus</i>	
Marzo	<i>S. delicatula</i> , <i>L. danicus</i>	<i>Rh. fragilissima</i> , <i>L. danicus</i>
Abril	<i>S. delicatula</i> , <i>L. danicus</i>	<i>Ch. socialis</i> , <i>Ch. curvisetus</i>
Mayo	<i>Ch. criophilus</i> , <i>S. delicatula</i>	<i>S. delicatula</i> , <i>Ch. curvisetus</i>
Junio	<i>Ch. criophilus</i> , <i>Rh. imbricata</i>	<i>S. delicatula</i> , <i>Ch. curvisetus</i>
Julio	<i>L. danicus</i> , Dinoflagelados	<i>Ch. curvisetus</i> , <i>N. seriata</i>
Agosto	<i>L. danicus</i> , <i>S. costatum</i>	<i>S. delicatula</i> , <i>S. costatum</i>
Septiembre	<i>Rh. fragilissima</i> , Dinofl.	<i>S. delicatula</i> , <i>E. cornuta</i>
Octubre	<i>S. delicatula</i> , <i>Ch. cinctus</i>	<i>L. danicus</i> , <i>Th. minuscula</i>
Noviembre	<i>A. japonica</i> , <i>Ch. debilis</i>	<i>Th. minuscula</i> , <i>Ch. cinctus</i>
Diciembre	<i>Ch. debilis</i> , <i>Ch. socialis</i>	<i>Th. minuscula</i> , <i>Ch. debilis</i>

En ambos períodos la diversidad fluctuó entre 0.33 y 3.33 bits por célula, con valores más frecuentes de 1 a 2 bits por célula. Estos valores comparados con los de otras áreas están dentro de los valores normales dados para poblaciones neríticas con proliferaciones locales.

d) Distribución vertical

En general la distribución vertical del fitoplancton en la capa de superficie a 30 metros es relativamente uniforme, observándose las máximas concentraciones entre superficie y 10 metros con ciertas variaciones a lo largo del año. En los meses de verano (diciembre a marzo) la máxima concentración de células se presenta a 5 metros y a partir de los 10 metros la biomasa decae suavemente para alcanzar los valores mínimos a 30 metros.

Los meses de invierno (mayo a septiembre) se caracterizan por una distribución vertical bastante homogénea, con un leve máximo en superficie. Si en estos meses se produce una mezcla repentina de la columna, como sucedió en julio de 1972, la actividad del fitoplancton se concentra entre superficie y 5 metros decayendo bruscamente hacia mayores profundidades.

Los meses de octubre y noviembre, en los cuales se produce el florecimiento primaveral, presentan una distribución vertical bastante irregular con las concentraciones máximas de células en superficie y una caída brusca de la biomasa a partir de 10 metros. Cuando el florecimiento alcanza su máximo (24-nov.-70, 3-oct.-72) la biomasa se concentra sólo en los primeros metros debido a que el fitoplancton de superficie actúa como filtro provocando insuficiente luz para la fotosíntesis de las células más profundas.

La profundidad de compensación en ambos períodos osciló entre 5 y 47,5 metros con valores frecuentes de 12,5 a 30 metros.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. Se analizan cuali y cuantitativamente 252 muestras de fitoplancton recolectadas de superficie a 30 metros en una estación fija, situada en la bahía de Valparaíso a dos millas de la costa frente a Reñaca, la que se muestreó semanalmente desde abril de 1972 a abril de 1973.

2. El ciclo anual del fitoplancton en el período 1972-73 presenta dos fases diferentes. La primera, de fines de abril a principios de octubre, caracterizada por una baja actividad fitoplanctónica con tres pequeños florecimientos superficiales de menor importancia y la presencia de calmas y vientos del Cuadrante IV. La segunda, de principios de octubre a fines de abril, se caracteriza por una gran actividad del fitoplancton con grandes florecimientos en primavera, verano y otoño y la dominancia de vientos del Cuadrante III.

3. Existen grandes variaciones de la biomasa fitoplanctónica a través del año con bruscos cambios semanales. Los valores promedios de superficie a 30 metros expresados en células por litro varían entre 0.1 y 2293×10^3 con un promedio anual de 452×10^3 cél/l. Los valores expresados en volumen celular por litro varían entre 0.01 y 8.04 mm³/l, con un promedio anual de 1.51 mm³/l. Los valores expresados en miligramos de clorofila "a" por metro cúbico varían entre 0.03 y 6.2 mg/m³, con un promedio anual de 1.33 mg/m³.

4. La distribución vertical del fitoplancton es relativamente uniforme concentrándose la densidad de células de superficie a 10 metros de profundidad con ciertas variaciones estacionales de la densidad máxima. La profundidad de compensación varía entre 5 metros, durante el florecimiento de primavera, y 47,5 metros, en el período de pobreza invernal, con un promedio anual de 16,2 metros.

5. La composición del fitoplancton se caracteriza por un amplio predominio de las diatomeas sobre los demás grupos. En las muestras sedimentadas se identifican 55 especies de diatomeas de las cuales 25 son cuali y cuantitativamente importantes con dominancia de especies pequeñas sobre las grandes. Las más significativas son *Schroderella delicatula* fase *schroderi*, *Leptocylindrus danicus* y algunas especies pequeñas del género *Chaetoceros* (*Ch. compressus*, *Ch. debilis*, *Ch. socialis* y *Ch. cinctus*). Se identifican 30 especies de dinoflagelados sin significación cuantitativa con predominio de *Ceratium furca*, *C. tripos* y *Diplopsalis lenticula*. Se observan variaciones estacionales en la composición específica con un fitoplancton homogéneo en primavera-verano y más heterogéneo en otoño e invierno. El índice de diversidad de especies presenta una variación anual de 0.6 a 3.3 bits/cél. observándose la mayor frecuencia de valores altos durante otoño e invierno.

6. Al comparar dos ciclos anuales entre sí, en ambos se observan los mismos períodos de actividad fitoplanctónica. El primero de gran actividad, durante 7 meses, en primavera-verano y otro de baja actividad, durante 5 meses, en otoño-invierno con marcadas diferencias interanuales en los valores de biomasa fitoplanctónica. La distribución vertical es similar en ambos períodos con máximas concentraciones de células de superficie a 10 metros de profundidad. La composición específica no presenta grandes variaciones detectándose las mismas especies variando sólo en su aparición en el tiempo. El índice de diversidad rara vez supera los valores de 3 bits/cél.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

1. 252 samples of phytoplankton taken from surface to 30 meters depth at one single station in Valparaíso bay, two miles off shore from Reñaca beach, were analysed qualitatively and quantitatively. The sampling was done weekly from April 1972 to April 1973.

2. The phytoplankton annual cycle during the period 1972-73 showed two different phases. The first, from the end of April to the beginning of October was characterized by a low phytoplankton activity with three minor surface blooms of less importance with calms and winds from the IV Quadrant. The second, from the beginning of October to the end of April, was characterized by a great phytoplankton activity with big blooms in spring, summer and autumn with dominant winds from the III Quadrant.

3. Great quantitative phytoplankton biomass variations took place during the year with brusque weekly changes. The average values at surface and down to 30 meters depth expressed in cells per liter vary between 0.1 and 2293×10^3 cel/l with and annual average of 452×10^3 cel/l. The phytoplankton biomass expressed in cell volume per liter varies between 0.01 and $8.04 \text{ mm}^3/\text{l}$ with and annual average of $1.51 \text{ mm}^3/\text{l}$. The biomass estimated in chlorophyll "a" concentration per cubic meter varies between 0.03 and $6.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ with and annual average of $1.33 \text{ mg}/\text{m}^3$.

4. The phytoplankton vertical distribution is relatively uniform during the year, greater density of cells being found from the surface down to 10 meters with certain seasonal changes of the maximum density. The compensation depth varies between 5 meters during the spring and 47.5 meters during the winter period with yearly average of 16.2 meters.

5. The phytoplankton composition is characterized by a great dominance of diatoms over other groups. In sedimented samples, 55 species of diatoms were identified of which 25 are qualitatively and quantitatively important with dominance of the small species over the larger ones. The most significant are *Schroderella delicatula*, phase *schroderi*, *Leptocylindrus danicus* and some small species of the genus *Chaetoceros* (*Ch. compressus*, *Ch. cinctus*, *Ch. debilis* and *Ch. socialis*). 30 species of dinoflagellates were identified without quantitative significance of which *Ceratium furca*, *C. tripos*, and *Diplopsalis lenticula* were dominant. Seasonal variations in the specific composition with a homogeneous phytoplankton in spring and summer were observed and more heterogeneous in autumn and winter. The diversity index of species gives an annual variation of 0.6 to 3.3 bits/cel with a major frequency of higher values during autumn and winter.

6. Comparing the two annual cycles, both showed the same periods of phytoplankton activity. The first great activity period came during 7 months during spring and summer, another of less activity during 5 months came in fall and winter with marked interannual differences in the biomass phytoplankton values. The vertical distribution is similar for both periods with maximum cell concentration from surface down to 10 meters. The specific composition does not show great variations during the two years. The same species were recorded for both years but their presence was noticed at different times. The diversity index seldom rises above 3 bits/cel.

LITERATURA CITADA

- AVARIA, S. 1975. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. II Fitoplancton 1970-71. *Rev. Biol. mar. Valparaíso*, 15 (2).
- MARGALEF, R. 1958. Temporal Succession and Spatial heterogeneity in phytoplankton. In *Perspectives in Marine Biology*, ed. A. A. Buzzati-Traverso; Berkeley and Los Angeles; pp. 323-349.
- PIZARRO, M. 1973. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. I La temperatura superficial y la radiación solar. *Rev. Biol. mar., Valparaíso*. 15 (1): 77-105.
- SILVA, N. 1973b. Variaciones estacionales de temperatura, salinidad y contenido de oxígeno en la zona costera de Valparaíso. *Inv. Mar.* 4 (3): 89-112.

Manuscrito recibido en septiembre de 1974.

TABLA 5. Promedios mensuales de frecuencia y fuerza de los vientos en Montemar desde abril 1972 a marzo 1973.

VIENTOS		A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Cuadrante III SW	Frec. %	47	19	20	32	36	43	68	53	58	45	75	42
	Fuerza Media	2	2	1-2	1-2	2	2	3	3	2-3	3	2	2-3
Cuadrante IV NW	Frec. %	20	52	53	36	45	33	19	26	16	19	14	29
	Fuerza Media	1	2	2	1-2	1	1-2	1	1	1-2	1	1	2
Cuadrante II SE	Frec. %	3	0	0	3	3	0	3	0	0	0	0	0
	Fuerza Media	1	—	—	1	1	—	1	—	—	—	—	—
Cuadrante I NE	Frec. %	0	6	7	3	0	0	0	3	0	3	4	0
	Fuerza Media	—	1	1	1	—	—	—	1	—	1	1	—
Calma	Frec. %	30	23	20	26	16	24	10	16	26	33	7	29

TABLA 6. Valores promedios de los totales de células por litro, desde la superficie hasta 30 m, volúmenes celulares y concentración de clorofila "a".

Fecha	N° cél/l $\times 10^3$	mm^3/l	$mg. cl^{a}/m^3$
28 - 03 - 72	5	0.17	0.2
07 - 04 - 72	2.293	5.74	6.2
18 - 04 - 72	359	1.38	1.7
25 - 04 - 72	0.1	0.0	0.2
10 - 05 - 72	0.2	0.0	0.4
17 - 05 - 72	0.1	0.01	0.2
23 - 05 - 72	40	0.43	0.5
01 - 06 - 72	531	4.86	2.7
08 - 06 - 72	14	0.67	0.5
27 - 06 - 72	10	0.07	0.5
04 - 07 - 72	16	0.15	—
11 - 07 - 72	219	1.13	1.0
18 - 07 - 72	802	3.10	1.8
25 - 07 - 72	786	1.89	2.1
02 - 08 - 72	52	0.46	0.4
18 - 08 - 72	14	0.24	0.3
28 - 08 - 72	77	0.85	0.5
05 - 09 - 72	454	4.81	1.9
13 - 09 - 72	24	0.08	0.3
27 - 09 - 72	1	0.01	0.03
03 - 10 - 72	0.4	0.0	0.1
10 - 10 - 72	1.421	2.86	2.5
18 - 10 - 72	231	1.15	1.1
24 - 10 - 72	1.926	8.04	2.6
02 - 11 - 72	1.864	3.04	2.6
08 - 11 - 72	2.078	3.38	2.4
14 - 11 - 72	282	0.48	1.4
22 - 11 - 72	82	0.12	1.2
30 - 11 - 72	180	0.36	0.7
08 - 12 - 72	56	0.16	0.6
15 - 12 - 72	580	2.98	1.4
21 - 12 - 72	758	5.71	6.1
29 - 12 - 72	138	0.81	0.3
05 - 01 - 73	15	0.05	0.4
11 - 01 - 73	405	2.06	0.8
18 - 01 - 73	83	0.32	0.3
25 - 01 - 73	130	0.24	0.7
31 - 01 - 73	99	0.12	1.2
06 - 03 - 73	658	3.07	1.4
16 - 03 - 73	90	0.57	1.8
23 - 03 - 73	1.908	1.68	2.7
28 - 03 - 73	315	1.23	0.6

TABLA 7. Totales de células por ml, en superficie y a las profundidades de 5, 10, 20 y 30 m.

<i>Fecha</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>30</i>
28 - 03 - 72	10	22	3	0	0
07 - 04 - 72	616	1689	2646	3516	754
18 - 04 - 72	237	273	294	422	476
25 - 04 - 72	0	0.1	0	0	0
10 - 05 - 72	0	1	1	0	0
17 - 05 - 72	1	0	0.2	0	0
23 - 05 - 72	30	57	45	34	33
01 - 06 - 72	1172	540	451	508	370
08 - 06 - 72	7	2	2	11	48
27 - 06 - 72	5	11	25	3	2
04 - 06 - 72	60	17	15	4	2
11 - 07 - 72	484	417	237	112	8
18 - 07 - 72	3564	1467	995	3	8
25 - 07 - 72	637	608	895	1103	318
02 - 08 - 72	7	45	48	68	47
18 - 08 - 72	30	18	8	6	30
28 - 08 - 72	282	173	57	20	29
05 - 09 - 72	424	764	723	259	124
13 - 09 - 72	11	11	13	33	38
27 - 09 - 72	4	0.1	1	1	1
03 - 10 - 72	3	1	0	0	0
10 - 10 - 72	1938	2052	1305	1575	383
18 - 10 - 72	69	92	107	152	783
24 - 10 - 72	1871	3710	1963	1452	1101
02 - 11 - 72	1904	5284	1834	1138	18
08 - 11 - 72	2880	3192	2701	1431	922
14 - 11 - 72	389	388	505	137	69
22 - 11 - 72	257	159	88	33	4
30 - 11 - 72	34	73	503	373	130
06 - 12 - 72	129	181	40	14	7
15 - 12 - 72	229	3038	135	30	52
21 - 12 - 72	13	1326	930	230	420
29 - 12 - 72	3	29	369	98	32
05 - 01 - 73	3	7	39	3	7
11 - 01 - 73	75	320	572	513	169
18 - 01 - 73	10	62	166	43	84
25 - 01 - 73	17	152	299	74	17
31 - 01 - 73	38	278	126	46	17
06 - 03 - 73	683	1086	1065	448	59
16 - 03 - 73	2	168	100	18	3
23 - 03 - 73	1412	8586	4600	149	24
28 - 03 - 73	71	595	521	45	3