

ESTUDIOS DE ECOLOGIA FITOPLANCTONICA EN LA BAHIA DE VALPARAISO II. FITOPLANCTON 1970-1971

SERGIO AVARIA P.*

ABSTRACT. Analysis of phytoplankton contents was made from surface to 30 meters depth between November and October 1971. Approximately weekly samples were taken in the same station, two miles off shore in front of Reñaca beach in the bay of Valparaíso, for a total of 246 samples. General aspects of annual cycle, biomass evaluation, specific composition and vertical distribution are discussed.

INTRODUCCION

El presente trabajo marca el inicio de los estudios cuantitativos del fitoplancton de la bahía de Valparaíso. El constituye un nuevo aporte a los estudios sobre sistemática y ecología del fitoplancton de la bahía, iniciados a partir del año 1963, permitiéndonos ampliar el conocimiento ecológico general del fitoplancton de esta área, en especial sobre su evolución cuali y cuantitativa a lo largo del año como también los cambios producidos en la estructura de sus poblaciones en espacio y tiempo.

Ningún estudio que considere el aspecto cuantitativo del fitoplancton se ha realizado anteriormente en la bahía de Valparaíso. Existe información relacionada con este trabajo como son los estudios taxonómicos de los principales grupos constituyentes del fitoplancton de esta área (Avaria, 1965; Guzmán, 1969) y estudios sobre variaciones mensuales cualitativas del fitoplancton de la bahía durante tres años consecutivos (Avaria, 1971). Además aportan información previa a este estudio los trabajos sobre temperatura y radiación solar de la bahía de Valparaíso en un período de 12 años (Pizarro, 1973) y la observación de un fenómeno de marea roja en la bahía (Avaria, 1971).

Por último cabe mencionar los aportes indirectos al conocimiento del fitoplancton de esta área como son los análisis de muestras de fitoplancton recolectadas por expediciones oceanográficas nacionales en cortes efectuados frente a la bahía de Valparaíso (Meyer, 1970; Meyer y Orellana, en prensa).

METODOS DE TRABAJO

La metodología de trabajo se planificó en función de nuestros propios objetivos tomando en consideración las recomendaciones sugeridas por organismos internacionales y el Panel de Métodos Biológicos de la Academia de Ciencias de USA (1969).

MUESTREO

Se fijó en la bahía de Valparaíso una estación a dos millas de la costa frente a la playa de Reñaca, la que se muestreó periódicamente desde el 27 de octubre de 1970 hasta el

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

29 de octubre de 1971. En la elección de la estación se consideró que en ella se han realizado los trabajos cualitativos de fitoplancton desde el año 1963, y, desde antes, estudios de temperatura superficial del mar. La estación es fácilmente accesible por las embarcaciones menores del Departamento de Oceanología y se encuentra situada lejos de la influencia regular de aguas continentales del río Aconcagua y de la contaminación del puerto de Valparaíso.

El muestreo se realizó, dentro de lo posible semanalmente, en superficie y a las profundidades de 5, 10, 20 y 30 metros. La periodicidad del muestreo se fijó considerando las características de las comunidades del fitoplancton nerítico y la frecuencia de *blooms* originados por los afloramientos de primavera y verano. Las profundidades se eligieron tomando en consideración la profundidad restringida en que varía la zona eufótica a lo largo del año en Valparaíso, que rara vez sobrepasa los 30 metros de profundidad.

En superficie y a las profundidades antes mencionadas, se colectaron muestras de agua con botellas Nansen para los análisis de salinidad, oxígeno, fosfato mineral, nitrato mineral y pH. A las mismas profundidades se extrajeron muestras de agua con botellas de PVC (Van Dorn) para las determinaciones de clorofila "a", "b", "c" y carotenoides y para recuento de células fitoplanctónicas por especies.

Simultáneamente se hicieron mediciones de temperatura del agua a las diferentes profundidades, mediciones de penetraciones de luz con el disco de Sechii y se efectuaron colectas de fitoplancton de red para estudios taxonómicos.

ANÁLISIS

En los análisis cuantitativos de fitoplancton se utilizó el recuento de células fitoplanctónicas por especies. Esta técnica proporciona información sobre la abundancia, crecimiento y estado de sucesión de las especies o comunidades. Tiene ciertas ventajas sobre otros métodos de evaluación de fitoplancton ya que las algas se pueden ver, lo que permite la detección de cambios en formas, fenómenos de parasitismo, estado de división, etc. Además permite evaluar especies y poblaciones escasas que son muy difíciles de evaluar por otros métodos y, posibilita la identificación de las diferentes especies que componen una muestra.

Entre las diversas técnicas de recuento de células que existen hemos utilizado el método de Utermöhl (1958) que es el mejor y más conocido de los métodos de recuento usado en los estudios cuantitativos de fitoplancton. El método consiste en concentrar células de un determinado volumen de agua por sedimentación en cámaras especiales y su observación en un microscopio invertido. Para el examen de nuestro material sedimentado se utilizó un microscopio binocular Wild M40 con ocular de fajas y equipo de contraste de fases.

La preparación de las muestras se hizo según el siguiente procedimiento: de las botellas Van Dorn se extrajeron 200 cc de agua en frascos de color ámbar, fijando inmediatamente la muestra con 7 gotas de un reactivo formado por una solución saturada de yodo resublimado purísimo en solución acuosa saturada de yoduro potásico neutro. Este fijador tiene la ventaja de acelerar la velocidad de sedimentación de las células y evita en parte la destrucción de los pequeños flagelados desnudos, como también,

la formación de hifas de hongos o cadenas de levaduras en las muestras. Estas se analizaron en la misma semana de la colecta o a más tardar a la semana siguiente.

Para la sedimentación y observación de las muestras se utilizaron cámaras tubulares de 5, 10 y 25 cc y cámaras de placas con tubos de 50 y 100 cc. Las primeras se utilizaron durante la primavera y verano y las últimas durante el periodo invernal en que el fitoplancton alcanza extrema pobreza. Durante todo el año se hizo uso de las cámaras de 50 y 100 cc para la cuenta de especies solitarias o escasas cuyos recuentos no fueron significativos en las cámaras tubulares de menor capacidad. El recuento se hizo con ayuda del ocular de fajas barriendo todo el campo del fondo de las cámaras. El tiempo de sedimentación mínimo fue de 48 horas.

Durante el florecimiento de primavera y verano, en que se alcanzan valores de 5 millones de células por litro y más, o en periodos de mucha riqueza fitoplanctónica, el recuento se hacía imposible en todo el fondo, aun de las cámaras de 5 cc. Esto se solucionó haciendo recuentos parciales del fondo de las cámaras disminuyendo el volumen de recuento en forma inversamente proporcional a la cantidad de células de acuerdo al procedimiento sistemático de disminución de volumen siguiente:

a) Recuento de la mitad del volumen de la cámara tubular de 5 cc por medio de barridos alternados del espacio interfajas, hasta recorrer toda la superficie del fondo de la cámara.

b) Recuento de una superficie de 1 cm^2 en las cámaras de 5 o de 10 cc con la ayuda de dos pasadores a muelle colocados detrás de la platina del microscopio que limitan los desplazamientos de ésta a la superficie antes mencionada.

c) Recuento de la suma de dos rectángulos de 10 mm de largo por 0,5 mm de ancho delimitados, respectivamente, en cámaras tubulares de 10 y 25 cc, multiplicando el resultado por un factor previamente determinado que lleva los contajes a células por litro.

d) Recuento de dos rectángulos perpendiculares limitados por las fajas del ocular graduadas a 0,5 mm recorriendo todo el diámetro del fondo de la cámara tubular de 10 cc.

En todos los casos se tuvieron en cuenta las consideraciones estadísticas sobre el método hechas por Uehlinger (1964), Utermöhl (1958), Lund *et al.* (1958) y la información de otros autores que han utilizado este método, especialmente, Holmes and Widring (1956), Smayda (1965), Herrera y Margalef (1963), Hasle (1969), Jacques (1968) y Travers et Travers (1969).

En los análisis cualitativos se siguió el procedimiento descrito en un trabajo anterior (Avaria, 1965) y en los estudios taxonómicos se utilizaron las publicaciones de varios especialistas en la materia, principalmente las de Hendey (1964), Sournia (1968) y Rivera (1968).

La clorofila "a" fue medida según el método descrito en Strickland y Parsons (1968), usando filtros de membrana Sartorius de poros 0.45μ de diámetro y un homogenizador para destruir los filtros y acelerar la extracción de la clorofila. Los análisis se hicieron en el Laboratorio de Química del Departamento de Oceanología.

PRESENTACIÓN DE DATOS

Los resultados de los análisis cuantitativos de fitoplancton se expresan en número de células por litro, volumen celular por litro y concentraciones de Clorofila "a" en mg/m^3 . En el apéndice se dan los resultados de los análisis obtenidos durante todo el período de muestreo: En la Tabla I se dan los resultados de los totales de células por litro a cada profundidad muestreada, y en Tabla II se dan los promedios de los totales de células por litros de superficie a 30 metros y su correspondiente volumen celular y el promedio de las concentraciones de clorofila "a" de superficie a 30 metros.

El promedio de células por litro de 0 a 30 metros se calculó por la siguiente fórmula:

$$P = \frac{1}{2 \sum p_n} \cdot [(N_{1-1} + N_{1-2}) (p_{2-1} - p_{1-1}) + \dots + (N_{n-1} + N_n) (p_n - p_{n-1})]$$

donde:

P = promedio de células por litro de 0 a 30 metros

N = número de células por litro en la profundidad correspondiente

p = profundidad de la respectiva muestra.

Estos valores promedios se usaron para los gráficos del ciclo anual, cálculo de índices de diversidad de especies y cálculos de volumen celular.

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

El volumen celular se calculó haciendo aproximaciones geométricas de las formas características de las diferentes especies, simplificando la variedad de formas a cilindros, esferas o conos, según el caso. En cada muestra se midieron 10 células de cada una de las especies presentes en dicha muestra. Con el promedio de las variaciones para cada especie se hizo el cálculo de volumen para la especie en cuestión. El volumen total se obtuvo sumando los productos del volumen de cada una de las especies por su concentración en la muestra. Para transformar el volumen estimado a peso algal se presume un peso específico de 1.0 haciendo equivaler $1 \text{ mm}^3/\text{l}$ a $1 \text{ mg}/\text{l}$.

En las transformaciones de número de células a volumen celular se tomaron en consideración los trabajos de Smayda (1965), Paasche (1960), Mullin *et al.* (1966), Vives y Fraga (1961) y Stranthmann (1967).

RESULTADOS

Los resultados que se dan a conocer a continuación son producto de un análisis general de la información obtenida durante un año de muestreo, la cual, complementada con la de otros muestreos anuales, será objeto de posteriores análisis en profundidad dirigidos al aporte de un mayor conocimiento sobre ciclo anual, composición específica, diversidad y distribución vertical del fitoplancton, como asimismo de la influencia de los factores abióticos del medio sobre la comunidad vegetal.

CICLO ANUAL

El fitoplancton de la bahía de Valparaíso es característico de los mares templados con una amplia dominancia de las diatomeas sobre los demás grupos constituyentes. Está regulado directamente por el régimen hidrológico de la bahía e indirectamente por la acción de los vientos.

En base a la información aportada en el presente estudio, por investigaciones anteriores sobre las variaciones cualitativas del fitoplancton durante tres años consecutivos (Avaria, 1971) y sobre análisis de temperatura superficial, viento y radiación solar de 12 años en el área de la bahía de Valparaíso (Pizarro, 1973) se ha podido trazar el esquema general de funcionamiento del ciclo anual del fitoplancton de la bahía de Valparaíso que se expone a continuación.

A fines de invierno y principios de primavera se produce un aumento de la frecuencia e intensidad de los vientos del sector sudoeste (tercer cuadrante) que provocan una ruptura de la estabilidad de la columna de agua y despejan el cielo de nubes, con el consiguiente aumento de la radiación solar incidente, creando condiciones propicias para que se produzca un gran incremento de la actividad fitoplanctónica que ha permanecido muy baja durante fines de otoño y todo el invierno. Al avanzar la primavera y transcurrir el verano aumenta la temperatura superficial del agua, aumentando también la estabilidad de la columna, pero además se incrementa la intensidad y fuerza de los vientos del sudoeste provocando rupturas sucesivas de la columna que permiten una renovación periódica de nutrientes a la zona eufótica, la que puede soportar una gran actividad fotosintética desde octubre a marzo, manteniéndose altos valores de biomasa fitoplanctónica.

La alta productividad primaria de la Bahía de Valparaíso que se mantiene durante la primavera, verano y principios de otoño, comienza a bajar paralelamente a la declinación de los vientos del sudoeste a mediados de otoño, luego del florecimiento otoñal característico de los mares templados.

Los vientos del sector norte (cuarto cuadrante) y los períodos de calma característicos del invierno, tienen efecto opuesto a los anteriores, produciendo aumento de la homogeneidad de la columna de agua y aumento de la nubosidad, lo que trae como consecuencia una disminución de la biomasa fitoplanctónica, la que se mantiene baja hasta completar el ciclo, iniciándose uno nuevo en la primavera siguiente.

El período 1970-71 (Figs. 1 y 2) corresponde al esquema recién planteado, y en él podemos distinguir tres fases:

— La primera, desde mediados de noviembre a fines de abril, se caracteriza por una gran actividad fitoplanctónica. En ella se observan varios florecimientos del fitoplancton, el primero de los cuales corresponde al de primavera y el resto a los de verano y otoño. Los períodos de mayor actividad se detectan a fines de noviembre, principios de diciembre, los meses de enero y febrero, mediados de marzo y principios de abril, sin distinguirse claramente el florecimiento otoñal característico de los mares templados. Esta fase coincide con el período de mayor frecuencia e intensidad de los vientos del tercer cuadrante.

— La segunda fase se caracteriza por una extrema pobreza del fitoplancton que se mantiene sin variaciones durante los meses de mayo, junio, julio y principios de agosto. Ella coincide con el período de mayor frecuencia de calmas y vientos del cuarto cuadrante.

— La tercera fase, desde principios de agosto hasta el fin del período de estudios en octubre, se caracteriza por un moderado incremento de la actividad del fitoplancton manifestada por dos pequeños florecimientos durante los meses de agosto y octubre. Ella coincide con el inicio de la influencia de los vientos del tercer cuadrante cuya máxima intensidad se alcanza en los meses de verano.

La primera y tercera fases se pueden considerar como una sola, ya que ellas corresponden al período de surgencias con condiciones hidrológicas bien características. (Comunicación personal del Prof. F. Rey).

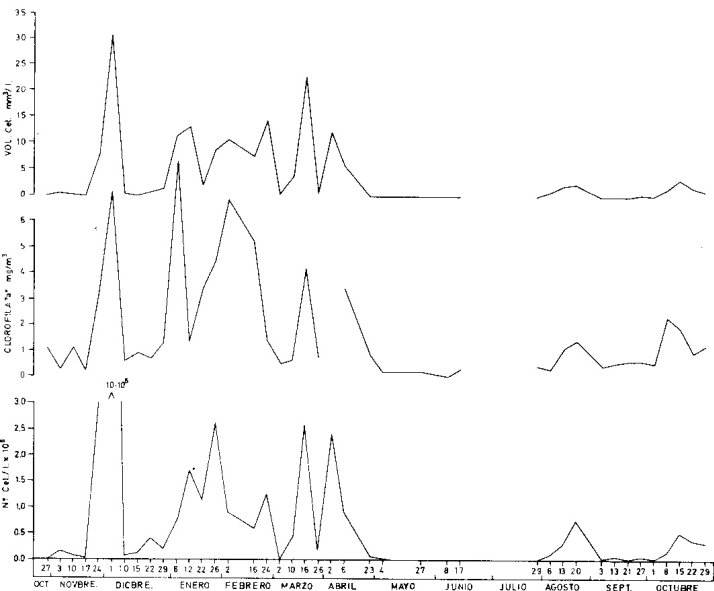


Fig. 1. Ciclo anual del fitoplancton de la bahía de Valparaíso expresado en promedio de células por litro, clorofila "a" en miligramos por metro cúbico y volumen celular en mm³/l, en la capa de superficie a 30 metros de profundidad, durante el período 1970-71.

BIOMASA

La producción actual (standing crop) del fitoplancton durante el período de estudios se expresa en número de células, volumen celular y concentración de clorofila "a" por volumen de agua.

La importancia de estos análisis en los estudios de ecología del fitoplancton ha sido establecida por diversos autores por lo que no estimamos necesario hacer una discusión de ellos, remitiéndonos a los trabajos de Smayda (1965) y Paasche (1960).

Hemos incluido en el trabajo una evaluación de la biomasa fitoplanctónica debido a la importancia que ésta tiene en los estudios de producción y dinámica de las cadenas alimentarias. Ella puede ser estimada de observaciones directas del microscopio, conociendo la concentración de clorofila, calculando la tasa de asimilación de carbono o efectuando mediciones de ATP.

En el presente estudio hemos elegido dos métodos de evaluación de biomasa, uno derivado de análisis microscópicos cuantitativos y el otro basado en análisis espectrofotométricos.

La biomasa fitoplanctónica se estimó en volumen celular o su correspondiente peso algal (mm^3 o mg/l) e indirectamente evaluando la biomasa pigmentaria (mg de clorofila "a"/ m^3). Ambos métodos tienen ventajas y limitaciones pero utilizados simultáneamente se complementan y controlan, aportando valiosa información al conocimiento ecológico del fitoplancton.

Los resultados de los análisis cuantitativos del fitoplancton de la bahía de Valparaíso, obtenidos desde octubre de 1970 a octubre de 1971, expresados en valores promedios del número de células por litro, volumen celular por litro y concentración de clorofila "a" por m^3 de agua en la capa de superficie a 30 metros, se detallan en la Tabla II y se ilustran en la figura 1.

En general se observan grandes variaciones cuantitativas semanales del fitoplancton durante el período estudiado con valores extremos de 0.1×10^3 células por litro en la primera semana de junio, durante la baja invernal, y 10.000×10^3 células por litro durante el florecimiento primaveral de fines de noviembre y principios de diciembre. El promedio anual es de 772×10^3 células por litro. Los valores más frecuentes oscilan entre 1.000 y 3.000×10^3 células por litro durante la primera fase del ciclo anual (noviembre-abril), entre 2 y 10×10^3 células por litro durante la segunda fase (abril-agosto) y entre 100 y 500×10^3 células por litro durante la tercera fase (agosto-octubre).

La biomasa fitoplanctónica expresada en volumen celular por litro oscila entre 0.01 y $31.69 \text{ mm}^3/\text{l}$, con un promedio anual de $4.3 \text{ mm}^3/\text{l}$. Los valores más frecuentes en las diferentes fases del ciclo anual oscilan entre 5 y $15 \text{ mm}^3/\text{l}$ durante la primera fase, entre 0.01 y $0.1 \text{ mm}^3/\text{l}$ en la segunda y de 1 a $3 \text{ mm}^3/\text{l}$ durante la tercera.

La biomasa estimada en mg de clorofila "a" por metro cúbico oscila entre 0.04 y $8.35 \text{ mg}/\text{m}^3$ con un promedio anual de $2.08 \text{ mg}/\text{m}^3$. Los valores más frecuentes oscilan entre 3 y $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ durante la primera fase del ciclo anual, de 0.0 a $0.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ durante la segunda y de 0.5 a $1.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ en la tercera fase.

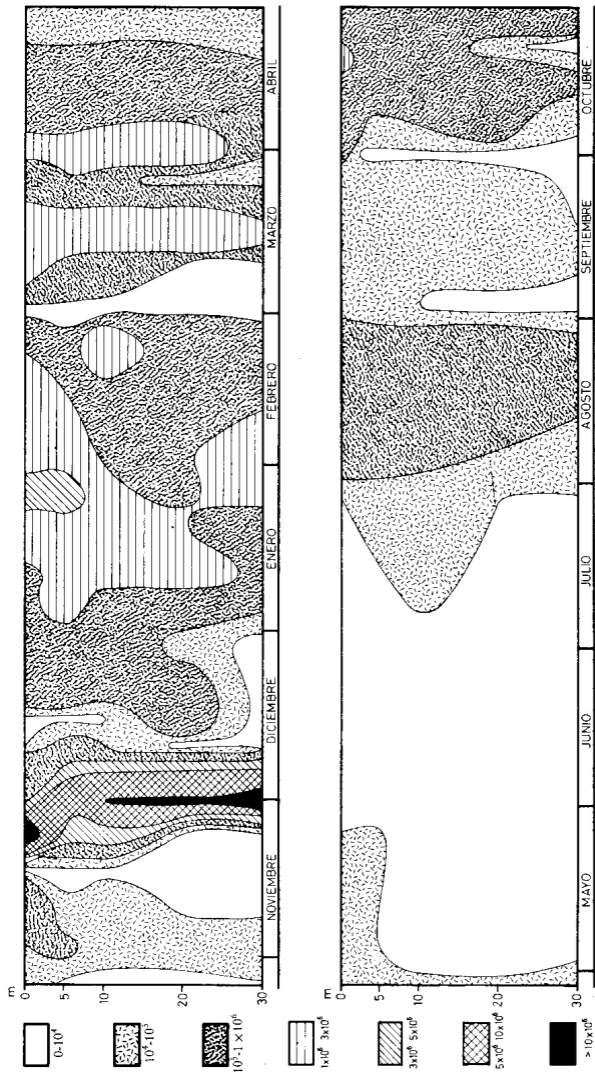


Fig. 2. Distribución en espacio y tiempo de la densidad de células del fitoplancton de la bahía de Valparaíso en el período 1970-71. (En células por litro).

Se observa una buena correlación entre los valores de clorofila "a" y número de células por litro, correlación que se hace más estrecha aún con los valores de volumen celular (Fig. 1). Las diferencias observadas se deben principalmente a la incidencia del nanoplancton y la clorofila inactiva en la biomasa total.

COMPOSICIÓN DEL FITOPLANCTON

La composición específica del fitoplancton de la bahía de Valparaíso durante el período estudiado, no presenta grandes variaciones con respecto a la información obtenida en trabajos anteriores (Avaria, 1965-1971).

En las muestras sedimentadas se identificaron 53 especies de diatomeas de las cuales 19 fueron cualitativamente importantes por su regularidad de presencia en el plancton (Fig. 3). Los dinoflagelados se consideraron como grupo, diferenciados entre sí por tamaños, sin ser sometidos a análisis taxonómicos ya que cuali y cuantitativamente son muy inferiores a las diatomeas con una influencia pequeña en la biomasa fitoplanctónica de la bahía.

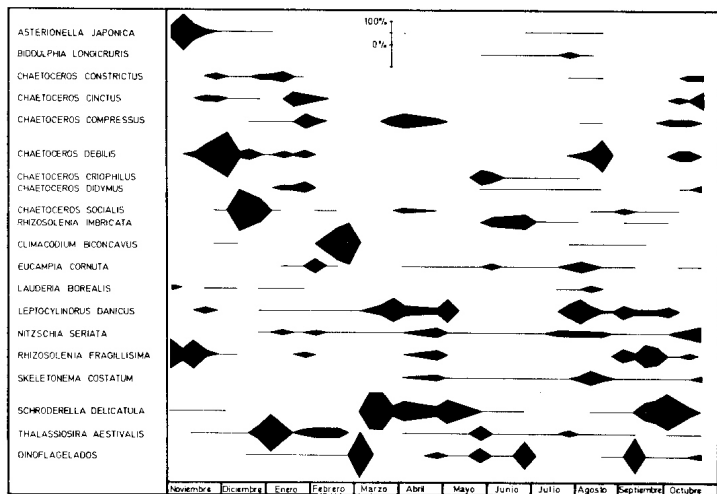


Fig. 3. Ciclo anual de las principales especies del fitoplancton de la bahía de Valparaíso en porcentajes de la población total durante el período 1970-71.

De las especies comunes de diatomeas tienen importancia cuantitativa las siguientes especies que alcanzan en diversas épocas del año valores superiores a 100×10^3 células por litro. Sus valores máximos expresados en células por litro son: *Chaetoceros debilis* 10.000×10^3 , *Schroderella delicatula* fase *schroderi* 2.116×10^3 , *Climacodium biconcavus* 1.154×10^3 , *Chaetoceros compressus* 803×10^3 , *Thalassiosira aestivalis* 631×10^3 , *Chaetoceros didymus* 492×10^3 , *Chaetoceros cinctus* 488×10^3 , *Chaetoceros socialis* 455×10^3 , *Leptocylindrus danicus* 432×10^3 , *Chaetoceros constrictus* 308×10^3 , *Eucampia cornuta* 271×10^3 , *Rhizosolenia fragilissima* 123×10^3 , *Asterionella japonica* 115×10^3 y *Nitzschia seriata* 108×10^3 células por litro. Estas especies son las que prácticamente conforman la productividad primaria de la bahía de Valparaíso. La presencia masiva de gran número de ellas ha sido detectada en años anteriores (Avaria, 1971).

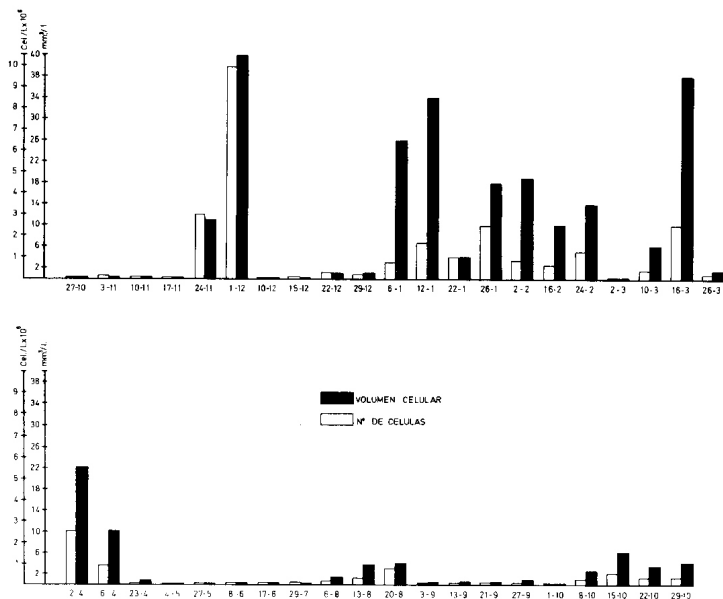


Fig. 4. Cuadro comparativo entre la producción actual del fitoplancton expresado en células por litro y volumen celular por litro.

Las especies que tienen mayor incidencia en la biomasa total del fitoplancton de la bahía durante el periodo de estudios son: *S. delicatula* fase *schroderi* con un 25%, *Ch. debilis* con un 23%, *Th. aestivalis* con un 15% y *Ch. biconcavus* con un 11% de la biomasa total expresada en volumen celular por litro.

Los dinoflagelados grandes, nunca superaron valores de 20×10^3 células por litro. En esta primera parte del trabajo, no se analizaron cuantitativamente los dinoflagelados pequeños constituyentes del nanoplancton ni el nanoplancton en general.

Las especies grandes de diatomeas tales como *E. cornuta*, *C. biconcavus*, *Th. aestivalis* y otras tienen gran importancia en la biomasa total del fitoplancton como se puede apreciar en la figura 4 en que se comparan los valores de la producción actual del fitoplancton expresados en número de células y en volumen celular. Las enormes diferencias entre estos valores producidas el 12 de enero se deben a la dominancia de *Th. aestivalis*, las del 2 de febrero a *E. cornuta*, las del 24 de febrero a *C. biconcavus* y las del 16 de marzo a *Sch. delicatula* fase *schroderi*.

La diversidad específica del fitoplancton sedimentado es bastante baja con valores oscilantes entre 0.50 y 2.89 bits por células (Fig. 5) lo que indica la presencia de un fitoplancton muy productivo que se mantiene en estado inferior de madurez, con sucesiones de especies que nunca alcanzan a terminar las primeras etapas de su evolución.

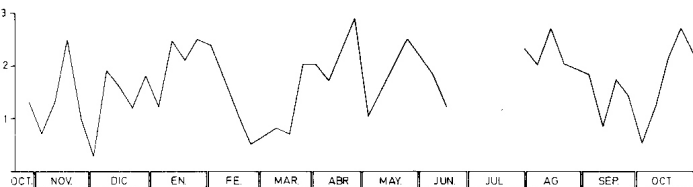


Fig. 5. Variación del índice de diversidad de especies del fitoplancton de la bahía de Valparaíso durante el periodo 1970-71.

DISTRIBUCIÓN VERTICAL

La distribución vertical en la capa de 0-30 metros es relativamente uniforme presentándose fuertes gradientes sólo en primavera y verano durante los florecimientos (Figs. 2 y 5). Las máximas concentraciones de células durante todo el ciclo se encuentran en la capa de 0 a 10 metros observándose la mayor frecuencia de concentraciones máximas a la profundidad de 5 metros. Por lo general la concentración disminuye notoriamente a los 20 y 30 metros de profundidad.

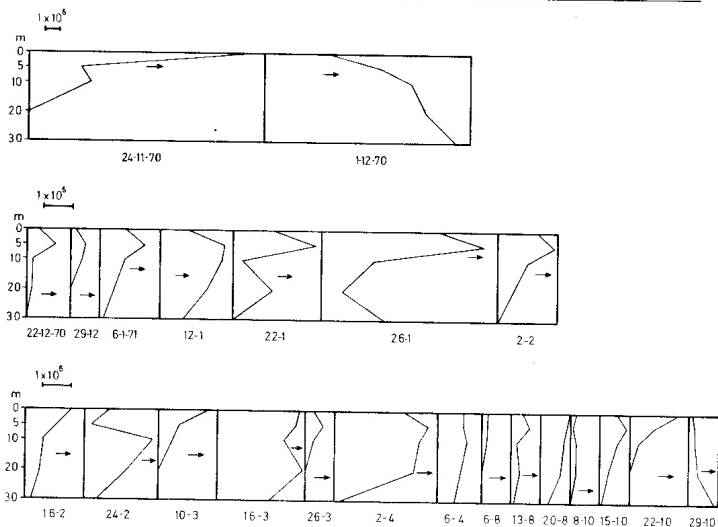


Fig. 6. Distribución vertical del fitoplancton de la bahía de Valparaíso expresado en número de células por litro durante el periodo 1970-71. Se consideran sólo las muestras de densidad superior a 0.1×10^6 cel/l. Las flechas indican las respectivas profundidades de compensación.

La profundidad de compensación sufre grandes oscilaciones en el curso del año con valores que varían entre 5 metros, durante el florecimiento primaveral, y 47 metros durante el invierno, en que la concentración de células alcanza su mínimo (Fig. 7). El promedio anual de la profundidad de compensación es de 21 metros.

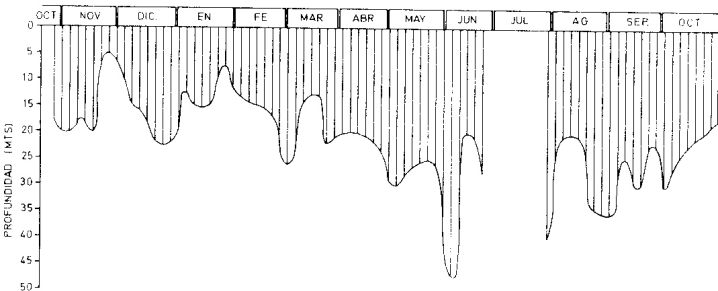


Fig. 7. Variación del espesor de la capa eufótica en la bahía de Valparaíso durante el periodo 1970-71.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. Se analizan cuali y cuantitativamente 246 muestras de fitoplancton recolectadas en superficie y a las profundidades de 5, 10, 20 y 30 metros en una estación fija situada en la bahía de Valparaíso, a dos millas de la costa frente a la playa de Reñaca, la que se muestreó semanalmente desde octubre de 1970 a octubre de 1971.

2. El ciclo anual del fitoplancton 1970-71 se caracteriza por un período de gran actividad fitoplanctónica (noviembre-abril) que coincide con la mayor frecuencia e intensidad de los vientos del tercer cuadrante, seguido de otro de baja actividad del fitoplancton (mayo a octubre), en que predominan las calmas y los vientos del cuarto cuadrante. En el primer período se detectan varios florecimientos del fitoplancton, el primero, de mayor importancia, corresponde al de primavera y el resto a los de verano y otoño. En el segundo período se observa una extrema pobreza del fitoplancton de mayo a agosto y dos pequeños florecimientos en agosto y octubre debido al inicio de la influencia de los vientos del tercer cuadrante.

3. Existen grandes variaciones cuantitativas del fitoplancton a lo largo del año con bruscos cambios semanales. Los valores promedios de superficie a 30 metros expresados en número de células por litro varían entre 100 cél/l y 10 millones de cél/l con un promedio anual de 772.000 cél/l. La biomasa fitoplanctónica expresada en volumen celular por litro varía entre 0.01 y 31.69 mm³/l con un promedio anual de 4.30 mm³/l. La biomasa estimada en concentración de clorofila "a" por metro cúbico varía entre 0.04 y 8.35 mg/m³ con un promedio anual de 2.08 mg/m³.

4. La composición del fitoplancton se caracteriza por un amplio dominio de las diatomeas sobre los demás grupos. En muestras sedimentadas se identifican 53 especies de diatomeas de las cuales 19 son cualitativamente importantes. Las especies que tienen mayor incidencia en la biomasa fitoplanctónica durante el período de estudios son: *Schroderella delicatula* fase *schroderi* con un 25%, *Chaetoceros debilis* con un 23%, *Thalassiosira aestivalis* con un 15% y *Climacodium biconcavus* con un 11% de la biomasa total del año expresada en volumen celular.

5. La diversidad específica del fitoplancton sedimentado es baja con valores extremos entre 0.58 y 2.89 bits/cél., siendo los más frecuentes los fluctuantes entre 1 y 2 bits/cél.

6. La distribución vertical del fitoplancton en la capa de superficie a 30 metros es relativamente uniforme a través del año concentrándose la mayor densidad de células entre superficie y 10 metros, observándose marcados gradientes sólo durante los grandes florecimientos. La profundidad de compensación varía entre 5 metros durante el florecimiento primaveral y 47 metros, en el período invernal, con un promedio anual de 21 metros.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

1.246 samples of phytoplankton were analysed qualitatively and quantitatively taken at the surface and at 5, 10, 20 and 30 meters depth at one single station in Valparaíso bay, two miles off shore from Reñaca beach. The sampling was done weekly from October 1970 to October 1971.

2. The phytoplankton annual cycle is characterized by a period of intense phytoplanktonic activity (November-April) which coincides with the most frequency and intensity of the winds corresponding to the third quadrant followed by a spell of low planktonic activity (May-October) in which calms and winds of the fourth quadrant predominate. In the first phase several phytoplankton blooms were recorded, of which the most important was the one in spring followed by those of summer and autumn. In the second phase a very low phytoplanktonic activity was observed from May to August and two small blooms in August and October were recorded due to the start of the influence of the third quadrant winds.

3. Great quantitative phytoplankton variations with brusque weekly changes through the year were observed. The average values at surface and down to 30 meters expressed in cell numbers per liter vary between one hundred and ten million with an annual average of 772,000 cel/l. The phytoplanktonic biomass expressed in cell volume per liter varies between 0.01 and 31.69 mm³/l. with an annual average of 4.30 mm³/l. The biomass estimated in chlorophyll "a" concentration per cubic meter varies between 0.04 and 8.35 mg/m³ with an annual average of 2.08 mg/m³.

4. The phytoplankton composition is characterized by a great dominance of diatoms over other groups. In sedimented samples 53 species of diatoms were identified of which 19 were qualitatively important. The species with most incidence in the phytoplanktonic biomass during the study period were: *Schroderella delicatula* phase *schroderi* with 25%, *Chaetoceros debilis* with 23%, *Thalassiosira aestivalis* with 15% and *Climacodium biconcavus* with 11% of the total annual biomass expressed in cell volume.

5. The specific diversity of the phytoplankton sediment is low with extreme values between 0.58 and 2.89 bits/cel. the most frequent being those fluctuating between 1 and 2 bits/cel.

6. The vertical distribution of phytoplankton from surface down to 30 meters depth is relatively uniform during the year, greater density of cells being found from the surface down to 10 meters and only during great blooms marked gradients being noticeable. The depth of compensation varies between 5 meters during the spring bloom and 47 meters during the winter period with yearly average of 21 meters.

TABLA 1. Totales de células por ml, en superficie y a las profundidades de 5, 10, 20 y 30 metros.

<i>Fecha</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>30</i>
27 - 10 - 70	19	5	5	1	1
3 - 11 - 70	91	157	45	59	67
10 - 11 - 70	617	16	60	5	119
18 - 11 - 70	6	6	3	8	—
24 - 11 - 70	16.368	3.503	4.192	32	42
1 - 12 - 70	3.766	7.859	10.102	11.085	13.218
10 - 12 - 70	5	147	88	0.2	—
15 - 12 - 70	1	1	1	236	1
22 - 12 - 70	397	990	233	174	—
29 - 12 - 70	218	540	399	29	—
6 - 01 - 71	875	1.497	787	525	122
12 - 01 - 71	918	2.200	2.182	1.626	886
22 - 01 - 71	1.395	2.840	331	1.251	15
26 - 01 - 71	3.906	5.550	1.874	691	2.160
2 - 02 - 71	1.291	1.922	964	465	29
16 - 02 - 71	1.601	1.004	558	448	163
24 - 02 - 71	788	218	2.295	1.395	408
2 - 03 - 71	1	0.6	5	—	—
10 - 03 - 71	1.844	650	462	8	6
16 - 03 - 71	2.800	2.700	2.300	2.900	1.780
26 - 03 - 71	264	621	254	37	42
2 - 04 - 71	2.332	3.187	2.940	2.762	167
6 - 04 - 71	879	920	1.024	811	608
23 - 04 - 71	65	34	41	50	89
4 - 05 - 71	10	11	2	—	—
27 - 05 - 71	10	12	0.3	0.5	—
8 - 06 - 71	0.4	1	—	—	—
17 - 06 - 71	3	3	3	1	1
29 - 07 - 71	10	12	16	10	2
6 - 08 - 71	220	188	172	42	46
13 - 08 - 71	375	522	224	279	88
20 - 08 - 71	961	865	836	677	339
3 - 04 - 71	6	22	9	9	6
13 - 09 - 71	15	40	21	26	16
21 - 09 - 71	36	25	21	19	9
27 - 09 - 71	70	61	49	36	—
1 - 10 - 71	136	2	—	—	9
8 - 10 - 71	179	119	161	195	28
15 - 10 - 71	605	887	597	323	146
22 - 10 - 71	1.550	848	284	15	—
29 - 10 - 71	131	206	151	252	847

TABLA II. Valores promedios de los totales de células por litro de superficie a 30 metros; volúmenes celulares en mm^3 por litro y concentración de clorofila "a" por metro cúbico.

<i>Fecha</i>	<i>N° cél./l $\times 10^3$</i>	<i>mm³/l</i>	<i>mg. cl "a"/m³</i>
27 - 10 - 70	4	0.03	1.14
3 - 11 - 70	140	0.23	0.27
10 - 11 - 70	94	0.39	1.09
18 - 11 - 70	4	0.01	0.21
24 - 11 - 70	3.021	7.92	3.17
1 - 12 - 70	10.048	31.69	7.13
10 - 12 - 70	38	0.48	0.59
15 - 12 - 70	73	0.09	0.93
22 - 12 - 70	351	0.67	0.70
29 - 12 - 70	218	1.42	1.32
6 - 01 - 71	705	11.60	8.35
12 - 01 - 71	1.677	13.33	1.44
22 - 01 - 71	1.084	2.91	3.37
26 - 01 - 71	2.574	8.87	4.43
2 - 02 - 71	836	10.80	6.75
16 - 02 - 71	611	7.71	5.20
24 - 03 - 71	1.313	14.48	1.71
2 - 03 - 71	1	0.06	0.51
10 - 03 - 71	380	3.80	0.55
16 - 03 - 71	2.540	22.36	4.18
26 - 03 - 71	208	0.70	0.70
2 - 04 - 71	2.410	12.48	—
6 - 04 - 71	854	6.15	3.41
23 - 04 - 71	50	0.33	0.77
4 - 05 - 71	2	0.01	0.18
27 - 05 - 71	3	0.03	0.22
8 - 06 - 71	0.1	0.01	0.04
17 - 06 - 71	2	0.07	0.34
29 - 07 - 71	10	0.19	0.36
6 - 08 - 71	116	0.95	0.34
13 - 08 - 71	275	2.21	1.06
20 - 08 - 71	726	2.40	1.42
3 - 09 - 71	10	0.07	0.43
13 - 09 - 71	21	0.02	0.51
21 - 09 - 71	10	0.10	0.63
27 - 09 - 71	44	0.34	0.59
1 - 10 - 71	13	0.13	0.51
8 - 10 - 71	145	1.41	2.25
15 - 10 - 71	479	3.43	1.85
22 - 10 - 71	341	1.97	0.90
29 - 10 - 71	306	1.15	1.18

LITERATURA CITADA

- AVARIA, S. 1965. Diatomeas y Silicoflagelados de la Bahía de Valparaíso. *Rev. Biol. mar., Valparaíso*, 12: 61-119.
- AVARIA, S. 1970. Observación de un fenómeno de Marea Roja en la Bahía de Valparaíso. *Rev. Biol. mar., Valparaíso*, 14(1): 1-5.
- AVARIA, S. 1971. Variaciones mensuales del fitoplancton de la Bahía de Valparaíso, entre julio de 1963 y julio de 1966. *Rev. Biol., Valparaíso*, 14(3): 15-43.
- BIOLOGICAL METHODS PANNEL. Committee on Oceanography. National Academy of Sciences. Recommended Procedures for Measuring the Productivity of Plankton Standing-stock and related oceanic properties N.A.S. Press, Washington DC 1969.
- CUPP, E. E. 1943. Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America. *Bull. Scripps Instn Oceanogr.*, 5(1): 1-273.
- GUZMÁN, L. 1969. Contribución a la Sistemática de los Dinoflagelados Tecados de la Bahía de Valparaíso. (In literis). Tesis para optar al título de Biólogo Marino. Area de Matemáticas y Ciencias Naturales U. de Chile, Valparaíso.
- HASLE, G. R. 1969. An analysis of the phytoplankton of the Pacific Southern Ocean: Abundance, composition and distribution during the Bratleg Expedition, 1947-48. *Hvalrad. Skr.*, 52: 1-168.
- HENDEY, N. I. 1964. Bacillariophyceae (Diatoms) in: An Introductory Account of the Smaller Algae of British Coastal Waters., part V. London, H. M. S. O., *Fish. Invest., Ser. 4*, 317 pp.
- HERRERA, J. Y 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. *Inv. Pesq.*, 24: 33-112.
- HOLMES, R. W. AND T. M. WIDRIG. 1956. The enumeration and collection of marine phytoplankton. *J. Cons.* 22(1): 21-32.
- JACQUES, G. 1968. Etude du plancton de la région de Banyuls. Influence du volume de sédimentations sur la précision de la méthode d'Utermohl. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, 19(3): 391-392.
- LUND, J. W., C. KIPLING AND E. D. LE CREN. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers 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. *Inv. pesq.* 3: 99-106.
- MEYER, R. M. 1970. Algunas observaciones sobre muestras de fitoplancton recolectadas en la Operación Oceanográfica MARCHILE V. Febrero-marzo 1967. *Inv. Mar.* 1(4): 1-91.
- MEYER, R. M. Y E. ORELLANA. (En prensa). Algunas observaciones sobre la distribución del fitoplancton marino recolectado durante la Operación Oceanográfica MARCHILE VII. Marzo, 1968.
- MULLIN, M. M., P. R. SLOAN AND R. W. EPPLEY. 1966. Relationship between carbon content, cell volumen and area in phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.* 11(2): 307-311.
- PAASCHE, E. 1960. On the relationship between primary production and standing stock of phytoplankton. *J. Cons.* 26(1): 33-48.
- PIZARRO, M. J. 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.
- RIVERA, P. 1968. Sinopsis de las Diatomeas de la Bahía de Concepción, Chile. *Gayana, Bot.*, 18: 1-112.
- SMAYDA, T. J. 1965. A quantitative analysis of the phytoplankton of the Gulf of Panama. II. On the relationship between C¹⁴ assimilation and the diatoms standing crop. *Bull. Inter-Amer. trop. tuna Comm.*, 9(7): 465-531.
- SOURNIA, A. 1968. Diatomées planctoniques du canal de Mozambique et de l'île Maurice. Mémoires ORSTOM N° 31, 120 pp.
- STRANTHMANN, R. R. 1967. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnol. Oceanogr.*, 12(3): 411-418.
- STRICKLAND, J. D. H. 1958. Solar radiation penetrating the ocean. A review of requirements, data and methods of measurement, with particular reference to photosynthetic productivity. *Bull. Fish. Res. Bd. Ca.*, 15(3): 453-493.
- STRICKLAND, J. D. H. AND T. R. PARSONS. 1968. A practical handbook of sea water analysis. N° 167, 311 pp.

- TRAVERS, A. ET M. TRAVERS. 1969. Le microplancton du Golfe de Gascogne au mois de juillet 1963. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, **45** (61): 7-69.
- UEHLINGER, V. 1964. Etude statistique des methodes de dénombrement planctonique, *Arch. Sci. Genève*, **17**: 121-223.
- UTERMOHL, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. int. Ver. Limnol.*, **9**: 1-38.
- VIVES, F. y F. PRAGA. 1961. Producción básica en la Ria de Vigo. *Inv. pesq.*, **19**: 129-137.