

## PRODUCCION PRIMARIA DEL FITOPLANCTON Y SU RELACION CON LA TEMPERATURA, OXIGENO, NUTRIENTES Y SALINIDAD EN LA BAHIA DE MEJILLONES DEL SUR

Luis Rodríguez\*, Oscar Zárate\* y Enrique Oyarce\*

**ABSTRACT.** Primary production of the phytoplankton and its relation with temperature, oxygen, nutrients and salinity in Mejillones del Sur Bay.

This study has been carried out in Mejillones del Sur Bay between June to December 1983 and March - May 1984. Quantitative information on phytoplankton, photic zone, surface temperature, dissolved oxygen, nutrients and salinity is given.

In the phytoplankton samples were determined 41 taxa between diatoms, dinoflagellates, silicoflagellates and a protozoa ciliate.

Monthly variation in cell number, chlorophyll a concentration and primary production were determined and the ranges were between 0 - 172 cél/ml, 0.5 - 10.1 mg/m<sup>3</sup> and 0 - 138 mg c/m<sup>3</sup>/hr respectively.

The values obtained for extinction of light, surface temperature, dissolved oxygen, phosphate, nitrate, nitrite and salinity presented normal horizontal and vertical distribution, however, these factors showed changes during September as a maximum of light penetration, low surface temperature and the dissolved oxygen and salinity presented an opposite distribution in relation with nutrients that reached high values. Apparently, these characteristics changes corresponded to a coastal upwelling in the area.

Key words: Phytoplankton, primary production, factors.

\* Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad de Antofagasta, Casilla 1240, Antofagasta, Chile.

## INTRODUCCION

En la zona norte se han realizado diversas expediciones oceanográficas e investigaciones que se relacionan con el área de Mejillones del Sur. Estos resultados han sido publicados, entre otros, por los siguientes autores: Wooster & Gilmartin (1961), Rodríguez (1966, 1968a, 1968b), Navea (1968), Tomicic (1968a, 1968b), Brandhorst (1971), Sievers & Silva (1974), Robles *et al.* (1974), Silva & Konow (1975), Neshyba & Méndez (1976), Bastén (1978), Navea & Miranda (1980), Zúñiga *et al.* (1983), Avendaño (1984a, 1984b), Blanco & Díaz (1985) y Fuenzalida (1985).

Por otra parte, Bastén (*op. cit.*) ha señalado que es necesario aumentar la información sobre la plataforma continental, ya que es en esta región donde se realizan actividades relacionadas con las principales pesquerías pelágicas tales como la de anchoveta (*Engraulis ringens* Jenyns), sardina (*Sardinops sagax* Jenyns) y jurel (*Trachurus murphyi* Nichols) y en donde además, ocurren fenómenos de surgencia costera.

La Península de Mejillones parece ser un área en que la surgencia se presenta en forma permanente (Robles *et al.* 1975), por lo que su importancia es enorme en pesquerías pelágicas.

Anteriormente no se había realizado un estudio tendiente a conocer las variaciones experimentadas por el fitoplancton, especialmente respecto a producción primaria y al efecto de algunos factores como temperatura superficial, penetración de la luz, oxígeno disuelto, fosfato, nitrato, nitrito y salinidad.

El objetivo principal de esta investigación preliminar consistió en establecer la distribución y relación entre el fitoplancton y los factores antes señalados, por lo que se describen tales condiciones, que regulan en alguna medida las proliferaciones del fitoplancton en la bahía de Mejillones del Sur.

La información existente sobre algunos de los factores considerados y el fitoplancton para la bahía y áreas cercanas es bastante escasa y se encuentra dispersa en publicaciones de trabajos desarrollados por expediciones nacionales y extranjeras (Meyer 1970, Ramírez *et al.* 1974, Avaria *et al.* 1982, Avaria & Muñoz 1983, Avaria & Alvia 1985, Ramírez 1985). Además, cabe destacar que la información referente al fitoplancton de que se dispuso estuvo relacionada sólo con antece-

dentes cualitativos, basados en un análisis de abundancia relativa y en la determinación de 69 especies y variedades de diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados en 48 muestras de red colectadas durante el otoño, invierno y primavera de 1966 y 1967.

Conjuntamente con la determinación de las especies presentes, se analizan por primera vez, los cambios experimentados por la densidad fitoplanctónica, concentración de clorofila a y producción primaria bruta.

El presente trabajo marca el inicio de los estudios cuantitativos del fitoplancton de la bahía de Mejillones del Sur y constituye un aporte a los estudios sobre sistemática y ecología, para esta área.

#### MATERIALES Y METODOS

En la bahía de Mejillones del Sur (23°55'S; 70°28'W) se ha estudiado un área de dos millas cuadradas (Fig. 1). En esta área se realizó una recolección de muestras mensuales desde junio a diciembre de 1983 y desde marzo a mayo de 1984, en 9 estaciones bio-oceanográficas comprendidas en tres transectas perpendiculares a la costa. Las muestras fueron recolectadas entre las 9.00 y las 14.30 horas.

En cada estación bio-oceanográfica se midió la temperatura superficial con un termómetro de 0,1°C de precisión en una muestra de agua de mar recolectada mediante un balde. Las muestras de agua se tomaron con una botella Nansen en superficie y a profundidades de 18% y 1% de extinción de la luz, determinadas mediante el disco de Secchi.

En cada muestra fue analizado el fitoplancton, contenido de oxígeno disuelto, concentración de fosfato, nitrato, nitrito y salinidad, estableciéndose así su distribución mensual promedio en las profundidades respectivas durante el período de estudio.

El análisis cualitativo del fitoplancton se efectuó mediante observación microscópica directa del material fijado y en casos necesarios utilizando el método de Müller-Melchers & Ferrando (1956), la identificación de las especies se realizó recurriendo especialmente a Wood (1954), Curl (1959), Hende

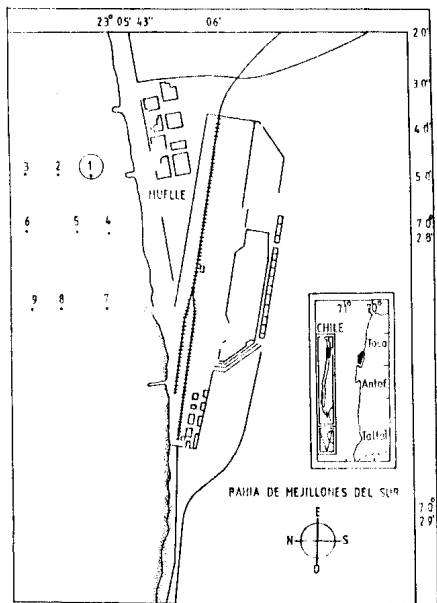


Fig. 1. Bahía de Mejillones del Sur. Ubicación geográfica de las estaciones bio-oceanográficas. (1) = Estación fija.

(1964), Avaria (1965), Rivera (1968), Saunders & Glenn (1969), Steidinger & Williams (1970) y Muñoz & Avaria (1980).

Para el análisis cuantitativo se utilizó el método de Utermöhl (1958) que proporciona información sobre la abundancia y estado de sucesión de la comunidad fitoplanctónica.

De cada muestra se extrajeron 60 ml de agua que se guardaron en frascos de vidrio herméticos tras añadir 3 gotas de solución de Utermöhl. Posteriormente se sedimentaron en cámaras tubulares de 10 ml y 25 ml por un tiempo mínimo de 24 horas. El recuento se efectuó con ayuda de un ocular de faja, bariendo tres franjas del fondo de las cámaras; el valor mensual (cél/ml) obtenido corresponde a la suma de los valores promedios obtenidos para cada especie presente mensualmente.

En cada estación bio-oceanográfica se extrajeron además

500 ml para determinar la concentración de clorofila a. Cada muestra fue puesta en frascos de plástico herméticos a baja temperatura mediante hielo, para su posterior tratamiento en el laboratorio.

Las determinaciones de clorofila a, producción primaria bruta, oxígeno disuelto y nutrientes (fosfato, nitrato y nitrato) se hicieron según métodos y técnicas establecidas por Strickland & Parsons (1972). Las mediciones de producción primaria bruta se efectuaron en una estación fija a las profundidades de 0,25 m y 1,25 m desde la superficie, debido a la carencia de una mayor infraestructura. El cálculo de la producción bruta se hizo con el factor señalado por Strickland (1960) y la salinidad fue determinada mediante un salinómetro de inducción Beckman RS-7B.

## RESULTADOS

### Fitoplancton

En las muestras de fitoplancton fueron determinados 41 taxa, entre diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados y un protozoo ciliado; observándose que las diatomeas fueron dominantes y estuvieron representadas por 35 especies, los dinoflagelados por 4 especies, los silicoflagelados por una especie y los protozoos ciliados por una especie (Tabla 1).

La densidad fitoplanctónica varió entre un mínimo de 0 cél/ml en septiembre de 1983 a un máximo de 172 cél/ml en octubre de ese mismo año. El promedio de densidad fitoplanctónica superficial durante el invierno alcanzó a 19 cél/ml, en primavera a 82 cél/ml, a inicio del verano a 35 cél/ml y en marzo y mayo (otoño) a 22 cél/ml.

Los valores promedio en los niveles de 18% y 1% de luz variaron durante el invierno entre 16 y 17 cél/ml, en primavera fue de 63 cél/ml, en verano 17 cél/ml, mientras que en otoño estuvieron entre 19 y 22 cél/ml.

Cabe destacar el brusco descenso de densidad celular ocurrido en septiembre, cuando en superficie alcanzó a 0 cél/ml y en los niveles de 18% y 1% a 5 y 9 cél/ml respectivamente. Los máximos valores de densidad fitoplanctónica fueron obser-

vados en el mes siguiente, en que se determinó en superficie 106 cél/ml y en los otros dos niveles inferiores valores máximos de 157 y 172 cél/ml, este último valor fue el más alto establecido durante la investigación.

En general, los valores de clorofila a variaron entre un mínimo de 0,5 mg/m<sup>3</sup> y un máximo de 10,1 mg/m<sup>3</sup> determinados para septiembre y octubre de 1983, ambos valores fueron determinados a nivel de 1% de penetración de la luz.

Los valores superficiales de clorofila a presentaron a comienzos de invierno un valor máximo de 7,6 mg/m<sup>3</sup> y un mínimo de 0,7 mg/m<sup>3</sup> hacia fines de la estación y comienzo de la primavera, observándose un brusco incremento en octubre con un valor de 9,2 mg/m<sup>3</sup>, que decreció a fines de la estación, para luego incrementarse levemente a comienzo del verano a 2,7 mg/m<sup>3</sup>. En marzo de 1984 su valor fue de 1,8 mg/m<sup>3</sup> y en mayo del mismo año, se observó una leve alza que alcanzó a 2,1 mg/m<sup>3</sup>.

En los niveles de 18% y 1% de penetración de la luz se determinó que el valor promedio para el invierno fue de 5,5 mg/m<sup>3</sup> y 5,7 mg/m<sup>3</sup> respectivamente; mientras que el inicio de primavera se caracterizó por presentar los valores más bajos, entre 2,6 y 0,5 mg/m<sup>3</sup>, incrementándose este último valor a 10,1 mg/m<sup>3</sup> a mediados de la estación, que a su vez fue el más alto valor obtenido durante este estudio. A inicio del verano los valores fueron de 1,8 y 1,0 mg/m<sup>3</sup>, además que valores superiores a la unidad se obtuvieron para marzo y mayo de 1984 (Tablas 2, 3 y 4).

Al determinarse la producción bruta del fitoplancton de la bahía de Mejillones del Sur en los niveles 0,25 m y 1,25 m, se obtuvo en septiembre para ambos niveles el valor más bajo de 0 mg C/m<sup>3</sup>/hr, mientras que los valores más altos se obtuvieron para el primer nivel en noviembre y para el segundo en octubre, siendo estos valores 138 y 111 mg C/m<sup>3</sup>/hr respectivamente.

En el nivel 0,25 m se determinó que durante el invierno su valor varió entre 13 y 18 mg C/m<sup>3</sup>/hr. El valor 0 mg C/m<sup>3</sup>/hr correspondió al inicio de primavera, alcanzando casi a fines de la estación a 138 mg C/m<sup>3</sup>/hr y en diciembre, principios de verano, se obtuvo 25 mg C/m<sup>3</sup>/hr. En marzo y mayo de 1984 sus valores fueron de 9 y 5 mg C/m<sup>3</sup>/hr, observándose un descenso bastante significativo con respecto a la primavera.

El segundo nivel establecido a 1,25 m presentó a mediados

de invierno 10,6 y 26 mg C/m<sup>3</sup>/hr, descendiendo bruscamente a principios de primavera a 0 mg C/m<sup>3</sup>/hr e incrementándose significativamente a 111 mg C/m<sup>3</sup>/hr en octubre y decreciendo lentamente hacia fines de la estación. En diciembre, la productividad bruta descendió a 12 mg C/m<sup>3</sup>/hr y en marzo de 1984 se incrementó a 25 mg C/m<sup>3</sup>/hr, para luego decrecer en mayo (Fig. 2).

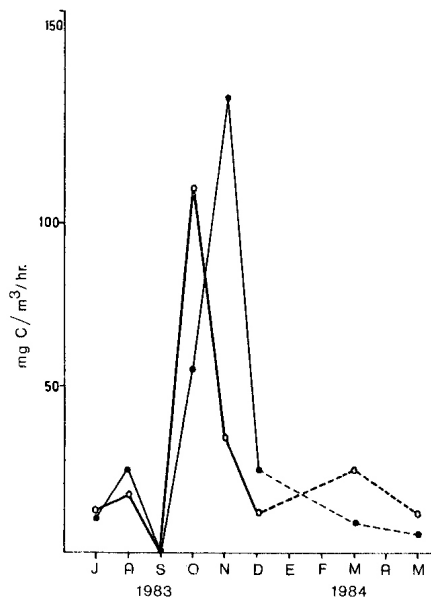


Fig. 2. Variación de la producción primaria bruta bajo 0,25 m (—○—) y 1.25 m (—●—) en la bahía de Mejillones del Sur.

### Variables abióticas

La fluctuación de la zona eufótica permitió establecer que en invierno su valor inicial de 18,9 m fue en constante incremento, hasta alcanzar a fines de la estación y principio de la primavera un máximo de 45,9 m y que a su término midió 18,9 m, valor que mantuvo a inicio del verano. En otoño, la profundi-

dad de compensación presentó valores de 8,1 m y 18,9 m respectivamente. El gradiente de penetración de la luz determinado durante el período de estudio fue de 37,8 m y los valores obtenidos corresponden a un nivel de 99% de extinción de la luz (Fig. 3).

La temperatura superficial del mar durante el período de estudio varió entre un mínimo de 14,1°C en septiembre de 1983 y un máximo de 18,7°C en noviembre de ese mismo año, generando un gradiente térmico de 4,6°C. En invierno presentó un valor promedio de 17,2°C, observándose un brusco descenso a fines de la estación y principios de primavera (septiembre) a 14,1°C, para luego incrementarse hacia mediados de la estación a 18,7°C, decreciendo levemente a fines de ella e inicio del verano en que se determinó un valor de 17,5°C. En otoño (marzo y mayo) se determinaron valores de temperatura superficial de 17,0°C y 15,5°C respectivamente (Fig. 4).

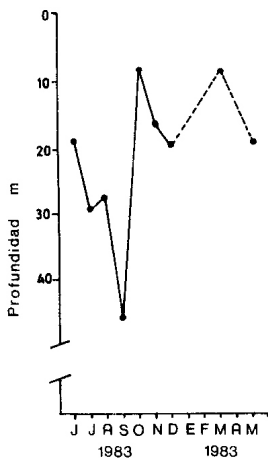


Fig. 3. Variación de la profundidad de la zona eufótica (99% de extinción de la luz) en la bahía de Mejillones del Sur.

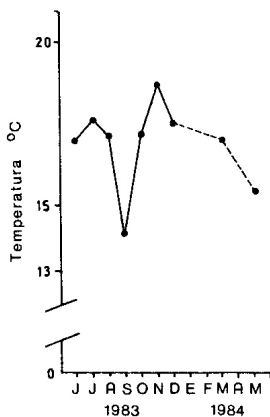


Fig. 4. Variación de la temperatura del mar en superficie en la bahía de Mejillones del Sur.



La salinidad fluctuó entre 34,8‰ y 35,3‰ durante el período de estudio, siendo en superficie su valor máximo de 35,3‰ y mínimo 34,9‰; este último valor se observó en septiembre, en los demás meses su valor se mantuvo por sobre 35,0‰. Los niveles de 18% y 1% de penetración de la luz presentaron una distribución homogénea y valores ligeramente inferiores a 35,0‰ se observaron nuevamente durante septiembre, fines de invierno o principios de primavera.

Además, se observó durante este estudio una directa y estrecha relación entre los valores máximos y mínimos de salinidad y oxígeno disuelto, especialmente en septiembre, junto a una relación inversa con las concentraciones de fosfato, nitrato y nitrito (Tablas 2, 3 y 4).

Con relación al contenido de oxígeno disuelto en superficie, éste se presentó con una variación entre un máximo de 5,98 ml O<sub>2</sub>/l y un mínimo de 1,97 ml O<sub>2</sub>/l. Además, se observó que los valores de oxígeno disuelto son relativamente uniformes durante el invierno, oscilando entre 4,34 ml O<sub>2</sub>/l y 4,82 ml O<sub>2</sub>/l al final de la estación; a principios de primavera su valor descendió en forma brusca a 1,97 ml O<sub>2</sub>/l, lo que significó un gradiente respecto al mes anterior (agosto) de 2,85 ml O<sub>2</sub>/l. A mediados de primavera, el contenido de oxígeno disuelto se incrementó, alcanzando su máximo valor de 5,98 ml O<sub>2</sub>/l; durante el resto de la estación y principios de verano los valores estuvieron dados entre 5 y 4 ml O<sub>2</sub>/l. Marzo y mayo de 1984 presentaron valores superficiales de 2,26 y 2,02 ml O<sub>2</sub>/l. En los niveles 18% y 1% de penetración de la luz, el contenido de oxígeno disuelto experimentó en general un descenso hacia la profundidad, siendo significativos los valores obtenidos en septiembre de 1,15 y 0,71 ml O<sub>2</sub>/l respectivamente; estos valores se incrementaron durante octubre, mediados de la primavera y principios de verano hasta un máximo de 5,98 ml O<sub>2</sub>/l, observándose valores más bajos entre 2,61 y 0,85 ml O<sub>2</sub>/l en marzo y mayo (otoño).

La concentración de fosfato varió entre un mínimo de 1,35 µg-at P/l y un máximo de 3,64 µg-at P/l, en los tres niveles investigados, con un gradiente de 2,29 µg-at P/l. La variación de fosfato en superficie mostró un incremento desde principios de invierno hacia mediados de la estación, luego de un leve descenso, se incrementó significativamente en septiembre, en que alcanzó a 2,52 µg-at P/l; a mediados de primavera existió un descenso incrementándose a principios de verano, para

presentar en marzo 1,96  $\mu\text{g-at P/l}$ , que se elevó en mayo a 3,64  $\mu\text{g-at P/l}$ . En los niveles 18% y 1% de penetración de la luz, la variación experimentada por el fosfato presentó un mínimo de 1,35 y 1,56  $\mu\text{g-at P/l}$  en noviembre y un máximo de 2,87  $\mu\text{g-at P/l}$  en mayo de 1984.

La distribución de nitrato durante el período de estudio en los tres niveles muestreados estuvo entre un mínimo de 4,69  $\mu\text{g-at N/l}$  y un máximo de 21,49  $\mu\text{g-at N/l}$ . El nitrato en superficie se presentó entre una concentración de 4,69  $\mu\text{g-at N/l}$  y 19,17  $\mu\text{g-at N/l}$ . Durante el invierno su concentración tuvo un promedio de 11,36  $\mu\text{g-at N/l}$ , incrementándose hacia fines de la estación y principios de la primavera, descendiendo a mediados de la estación a 4,69  $\mu\text{g-at N/l}$ , para luego subir desde principios de verano hasta el otoño y alcanzar en mayo a 19,11  $\mu\text{g-at N/l}$ . En los niveles 18% y 1%, la concentración de nitrato se incrementó con la profundidad, presentando una variación similar a la señalada para el nivel de superficie.

Los máximos y mínimos de concentración de fosfato y nitrato determinados fueron coincidentes en cuanto a su variación durante el período de estudio.

La distribución de la concentración de nitrito presentó un valor mínimo de 0,20  $\mu\text{g-at N/l}$  y un máximo de 2,01  $\mu\text{g-at N/l}$ , con un gradiente de 1,81  $\mu\text{g-at N/l}$ . Además, se estableció que en invierno la superficie alcanzó un promedio de 0,45  $\mu\text{g-at N/l}$ , durante esta estación su valor fue bastante homogéneo, incrementándose a principio de primavera (septiembre) hasta su término, período en que hubo un ligero descenso, pero luego fue progresivamente ascendiendo hasta principios de verano. En marzo y mayo (otoño) los valores fueron más altos que los obtenidos con anterioridad, descendiendo en este último mes. En los niveles de 18% y 1% de penetración de la luz, la concentración de nitrito varió relativamente poco en comparación con los obtenidos en superficie y de acuerdo a la variabilidad observada no existiría un incremento hacia la profundidad, con una distribución de concentración semejante a la superficie.

Los valores obtenidos para cada uno de los factores estudiados como densidad fitoplanctónica, clorofila a, producción primaria bruta, temperatura superficial, penetración de la luz, salinidad, oxígeno disuelto, fosfato, nitrato y nitrito se encuentran entregados en las correspondientes figuras y tablas.

## DISCUSION

Las 41 especies determinadas en este trabajo han sido significativamente menores en comparación con un estudio previo realizado en la bahía por Rodríguez (1968a) y dos estudios más amplios de las aguas del norte de Chile hasta 200 millas afuera, que incluyen la zona de la bahía de Mejillones del Sur, con 143 y 180 especies respectivamente (Avaria et al. 1982 y Avaria & Muñoz 1983).

Por otra parte, Meyer (1970) estudiando un material recolectado en febrero y marzo de 1967 durante la expedición "Mar-Chile V" que cubrió un área marítima entre Arica y Valparaíso, en sus estaciones más próximas a la costa frente a Antofagasta, lugar relativamente cerca de la bahía, determinó una menor cantidad de especies, las cuales fueron coincidentes con las determinadas en este estudio.

El fitoplancton del área estudiada presenta una alta diversidad de especies y se caracteriza por la dominancia de diatomeas, confirmando lo señalado por Avaria & Muñoz (1983) para la zona costera.

Respecto a valores de densidad celular, los trabajos desarrollados por Avaria et al. (1982) y Avaria & Muñoz (1983) permiten solamente efectuar una comparación en términos muy general, por lo amplio de las zonas estudiadas, en que reportan valores de 100 cél/ml para noviembre y diciembre de 1980 y mayo de 1981, habiéndose obtenido para el área en octubre, máximos de densidad celular de 106 y 172 cél/ml y valores para mayo, muy por debajo de los señalados. Además se confirmaría lo señalado en cuanto a que las altas densidades estarían asociadas a aguas ecuatoriales subsuperficiales y las bajas, como las obtenidas en mayo, a aguas subtropicales, de acuerdo a lo reportado por Avaria & Muñoz (1983).

De acuerdo a la clasificación entregada por Ramírez et al. (1974) basada en un análisis de clorofila *a*, durante agosto y septiembre de 1972, en la zona norte y central de Chile, la zona en estudio estaría ubicada en una región de alta biomasa fitoplanctónica, al presentar durante estos meses valores de clorofila *a* superiores a 0,7 mg/m<sup>3</sup>, con excepción de un valor del orden de 0,5 mg/m<sup>3</sup> que se presentó en septiembre a 1% de penetración de la luz, probablemente como consecuencia del fenómeno de surgencia que se estaba generando en ese período.

Valores promedios para clorofila *a* reportados por Avaria (1975) y Avaria & Orellana (1975) se presentan entre 1,3 y 2,0 mg/m<sup>3</sup>; mientras que para el área de estudio fue de 3,8 mg/m<sup>3</sup>, confirmándose con ello lo antes indicado de que ambas bahías son de alta biomasa fitoplanctónica.

Los valores de producción primaria bruta no son sino preliminares para la bahía debido a que no pueden ser comparados a lo menos con otras bahías chilenas y poder así afirmar si se trata de una zona de alta productividad, ya que según los antecedentes logrados se trataría de aguas neríticas eutróficas o mesotróficas en ciertos períodos, de acuerdo a la clasificación entregada por Koblents-Mishke & Vedernikov (1973).

Información relacionada con la variación experimentada por la zona eufótica para la bahía ha sido solamente reportada por Navea & Miranda (1980) y corresponde a una oscilación entre 6 m y 38 m respectivamente; mientras que durante este estudio se estableció un valor máximo de 45,9 m a fines de invierno y principios de primavera y un mínimo de 8,1 m a mediados de esta última estación. El decrecimiento experimentado en octubre habría sido posterior al fenómeno de surgencia que habría enriquecido las capas superficiales con el consiguiente incremento de la densidad de fitoplancton.

Valores de variación de la zona eufótica han sido reportados en Chile solamente para la bahía de Valparaíso por Avaria (1975) y Avaria & Orellana (1975), los cuales no pueden ser comparados con los obtenidos para la bahía de Mejillones del Sur debido a que sus condiciones son diferentes, aun cuando ambas bahías se encuentran en un régimen de aguas templadas (Alvial & Avaria 1981).

En este estudio se han considerado otros factores que afectan al fitoplancton, entre estos la temperatura superficial del mar, sin embargo, la información existente sobre ella para la bahía de Mejillones del Sur es aún escasa.

Los valores de temperatura superficial reportados por Navea & Miranda (1980) y Zúñiga et al. (1983) son coincidentes en general con los obtenidos durante el período de estudio.

Valores de temperatura máxima superficial han sido reportados por Navea & Miranda (1980) para febrero de 1966 y por Zúñiga et al. (1983) para enero de 1975, 1976 y 1977, lo cual no fue coincidente con la temperatura máxima superficial obtenida en noviembre de 1983 de 18,7°C.

Por otra parte, Bastén (1978) reportó un valor de 15°C de temperatura superficial próxima a la zona de estudio, durante mayo de 1975; este valor difiere del obtenido para el mismo mes en 0,5°C, siendo más elevado en el interior de la bahía, por lo que la diferencia producida podría deberse a esta última condición.

El brusco descenso de temperatura superficial durante septiembre, se confirma al compararlo con los valores señalados con anterioridad por Navea & Miranda (1980) y Zúñiga et al. (1983). La anomalía térmica observada en septiembre con respecto al mes anterior del orden de 3°C, hace suponer que esta variación significativa podría deberse a un proceso de surgencia costera, aun cuando en relación a este factor se poseen solamente datos superficiales que impiden establecer el movimientos de las isotermas hacia la superficie.

La salinidad en el área se mantuvo constante, con valores por sobre 35,0‰; sin embargo, en septiembre fue ligeramente inferior y del orden de 34,8‰, por lo que podría tratarse de acuerdo a Navea & Miranda (1980) de agua ecuatorial subsuperficial de la corriente de Gunther. Las salinidades determinadas durante la mayor parte de este estudio coinciden con lo señalado por Bastén (1978) en cuanto a que entraría una lengua de salinidades mayores desde Arica al río Loa, a partir de mayo, generando posteriormente aguas de mezcla de características subtropicales que podrían extenderse hacia el interior de la bahía de Mejillones del Sur.

La distribución horizontal de oxígeno disuelto en superficie se mostró homogénea durante el período de estudio; sin embargo, su distribución vertical bajo la capa superficial bien oxigenada indica una disminución en profundidad no muy notable, excepto en septiembre en que a 1% de intensidad de la luz tuvo un valor de 0,71 ml O<sub>2</sub>/l y un gradiente respecto a la superficie de 1,26 ml O<sub>2</sub>/l, además esto es coincidente con un incremento de la concentración de fosfato y nitrato del orden de 2,35 µg-at P/l y 19,22 µg-at N/l respectivamente y baja de nitrito a 0,26 µg-at N/l, junto con un nítido descenso de la temperatura superficial a 14,1°C, por lo que se podría establecer que se encontraría ascendiendo una masa de agua ecuatorial subsuperficial denominada contracorriente de Perú-Chile o corriente de Gunther, que tiene estas características (Wooster & Gilmartin 1961, Johnson 1975, Navea & Miranda (1980).

Durante mayo de 1984, se presentó un valor superficial de

2,02 ml O<sub>2</sub>/l que coincide con lo señalado por Bastén (1978) para un área próxima a la bahía, pero a una mayor distancia de la costa, en ese mismo mes.

La variación superficial experimentada por el oxígeno disuelto durante el estudio no es coincidente con lo señalado por Navea & Miranda (1980); sin embargo, la pobreza de oxígeno disuelto observada a fines de invierno y principios de primavera es válida para ambos estudios.

Los valores de fosfato, nitrato y nitrito no pueden ser discutidos por falta de información por lo que deben ser considerados preliminares; sin embargo, el incremento durante septiembre de fosfato y nitrato, junto al descenso de nitrito demuestran que están ligados directamente a un fenómeno de surgencia, el que posteriormente incrementó significativamente el fitoplancton, generando la variación correspondiente en concentración de nutrientes en el transcurso del tiempo.

El análisis efectuado en base a los factores considerados permite establecer que se habría presentado un fenómeno de surgencia costera en el área de estudio.

Las características del fenómeno de surgencia coinciden en gran medida con aquellas establecidas para la corriente de Gunther o contracorriente Perú-Chile (Wooster & Gilmartin 1961), ya que se trataría de la presencia de agua ecuatorial subsuperficial con salinidades de hasta 34,9‰, una temperatura de 14,1°C obtenido durante septiembre, ligeramente superior a los 14°C reportados por Robles et al. (1974 y 1975) y además, un bajo contenido de oxígeno disuelto entre 0,71 y 1,97 ml O<sub>2</sub>/l, por lo que estos valores estarían dentro de los señalados por Sievers & Silva (1974). La profundidad probable en la zona costera según Gallardo (1975), se estima entre los 50 y 400 m en la plataforma continental y parte superior del talud continental, constatándose que en la bahía se encontraría caracterizada a 45,9 m aproximadamente, este valor corresponde a la muestra más profunda realizada en septiembre.

Esto último indica un ascenso muy próximo a la costa y dentro de la bahía en su parte central, lo que viene a confirmar lo señalado por Navea & Miranda (1980) que la contracorriente ecuatorial subsuperficial costera (Robles et al. *op. cit.*) genera fenómenos de surgencia en la parte central de la bahía de Mejillones del Sur.

## CONCLUSIONES

Este estudio desarrollado en la bahía de Mejillones del Sur entre junio a diciembre de 1983 y marzo-mayo de 1984, ha permitido obtener información cuantitativa sobre el fitoplancton, zona eufótica, temperatura superficial, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes.

En el fitoplancton se determinaron 41 taxa entre diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados y protozoos ciliados.

La variación en densidad celular, clorofila *a* y producción primaria determinada, estuvo entre los rangos de 0-172 cél/ml, 0,5-10,1 mg/m<sup>3</sup> y 0-138 mg C/m<sup>3</sup>/hr respectivamente.

Los valores de los factores estudiados presentaron una distribución horizontal y vertical normal, sin embargo, estos factores mostraron cambios durante septiembre, como un máximo de penetración de la luz y baja temperatura; mientras que la salinidad y el oxígeno disuelto presentaron una distribución opuesta con relación a los nutrientes que alcanzaron altos valores; estos cambios característicos aparentemente corresponderían a un fenómeno de surgencia costera en la parte central de la bahía de Mejillones del Sur.

**AGRADECIMIENTOS.** Los autores desean expresar sus agradecimientos al Sr. Exequiel Lillo A., agregado técnico, por su valiosa colaboración en la obtención de las muestras y al Sr. César Sandivari V., por su aporte en la confección de las respectivas figuras.

Además, agradecemos a la Dirección de Investigación, Extensión y Asistencia Técnica de la Universidad de Antofagasta por el financiamiento al proyecto 10-80.

## LITERATURA CITADA

- Alvial, A. & S. Avaria. 1981. Proliferación de primavera del fitoplancton en la bahía de Valparaíso. I. Condiciones meteorológicas y oceanográficas. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 17 (2): 197-227.
- Avaria, S. 1965. Diatomeas y silicoflagelados de la bahía de Valparaíso. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 12 (1-3): 61-119.

- Avaria, S. 1975. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. II. Fitoplancton 1970-1971. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 15 (2): 131-148.
- 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.
- Avaria, S., Muñoz, P. & E. Uribe. 1982. Composición y biomasa del fitoplancton marino del norte de Chile en diciembre de 1980 (Operación Oceanográfica MARCHILE XI-ERFEN II). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA* 6: 5-36.
- Avaria, S. & P. Muñoz. 1983. Composición y biomasa del fitoplancton del norte de Chile en mayo de 1981 (Operación Oceanográfica MARCHILE XII-ERFEN III). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA* 7: 109-140.
- Avaria, S. & A. Alvial. 1985. La investigación ecológica del fitoplancton en Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 21 (1): 61-106.
- Avendaño, M. 1984a. Técnica para captación de semilla de *Aulacomya ater* (Molina 1782) en la bahía de Mejillones (Chile). *Revista Latinoamericana de Acuicultura*, 21: 18-22.
- Avendaño, M. 1984b. Una técnica para el cultivo de *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) en la bahía de Mejillones del Sur, Chile. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*, 22: 27-33.
- Bastén, J. 1978. Oceanografía de las aguas costeras del norte de Chile. Resultados del crucero de otoño de 1975 (mayo). *Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur*, 9: 83-102.
- Blanco, L. & M. Díaz. 1985. Características oceanográficas y desarrollo de El Niño 1982-83 en la zona costera de Chile. *Investigación Pesquera*, 32: 53-60.
- Brandhorst, W. 1971. Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 14 (3): 45-84.
- Curl, H. 1959. The phytoplankton of Apalachee bay and the northeastern Gulf of Mexico. *Publications of the Institute of Marine Science, University of Texas*, 6: 277-320.
- Fuenzalida, R. 1985. Aspectos oceanográficos y meteorológicos de El Niño 1982-83 en la zona costera de Iquique. *Investigación Pesquera*, 32: 47-52.
- Gallardo, V. 1975. On a benthic sulfide system on the Continental shelf of North and Central Chile. In: *International Symposium Coastal Upwelling Proceedings*. Coquimbo, Chile. 18-19 November, 174 pp.



- Hendey, I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms) Investigations. London, 4: 1-317.
- Johnson, D. 1975. Coastal upwelling. In: International Symposium Coastal Upwelling Proceeding. Coquimbo, Chile. 18-19 November, 174 pp.
- Koblents-Mishke, O.I. & V. Verdikov. 1973. Tentative comparison of primary production and quantity of phytoplankton on the ocean surface. *Oceanology*. U.S.S.R., 13 (1): 55-62.
- Meyer, R.M. 1970. Algunas observaciones sobre las muestras de fitoplancton recolectadas en la operación oceanográfica "MARCHILE V" febrero-marzo 1967. *Investigaciones Marinas, Valparaíso*, 1 (4): 71-92.
- Müller-Melchers, F.C. & H. Ferrando. 1956. Técnicas para el estudio de las diatomeas. *Boletim do Instituto Oceanográfico Sao Paulo*, 7 (1-2): 151-160.
- Muñoz, P. & A. Avaria. 1980. Estudio taxonómico de los dinoflagelados teca-dos de la bahía de Valparaíso. I. Género *Ceratium*. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 17 (1): 1-57.
- Navea, E. 1968. Resumen sobre las condiciones oceanográficas en Mejillones. *Apuntes Oceanológicos, Chile*, 4: 3-7.
- Navea, E. & O. Miranda. 1980. Ciclo anual de las condiciones oceanográficas en Mejillones del Sur (Chile). *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 17 (1): 97-133.
- Neshyba, S. & R. Méndez. 1976. Análisis de temperaturas superficiales del mar como indicadores de movimientos de aguas superficiales en el Pacífico Sur-Este. *Revista Comisión Permanente Pacífico Sur*, 5: 129-137.
- Ramírez, B. 1985. Estado actual de los estudios sobre pigmentos vegetales marinos y producción en Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 21 (2): 107-149.
- Ramírez, B., Palma, S. & H. Barrientos. 1974. Productividad primaria de las aguas costeras y oceánicas de las zonas norte y central de Chile (Operación Oceanográfica MARCHILE VIII). Reunión de Trabajo sobre el fenómeno conocido como "El Niño". Guayaquil, Ecuador, 4-12 de diciembre de 1974. FAO Informe de Pesca Nº 185: 232-242.
- Robles, F., Alarcón, E. & A. Ulloa. 1974. Las masas de agua en la región norte de Chile y sus variaciones en un período frío (1967) y en períodos cálidos (1969, 1971-1973). Reunión de Trabajo sobre el fenómeno conocido como "El Niño" bajo los auspicios de la COI, UNESCO, FAO y OMM. Guayaquil, Ecuador, 4-12 de diciembre de 1974. FAO Informe de Pesca Nº 185: 94-196.

- Robles, F., Ulloa, A. & J. Pineda. 1975. Analysis of two photographs from ERTS as possible indicators of coastal upwelling in northern Chile. In: International Symposium Coastal Upwelling Proceedings. Coquimbo, Chile, 18-19 November, 174 pp.
- Rodríguez, L. 1966. Primera cita de las especies componentes del "Huirihue" o Marea Roja. *Estudios Oceanológicos*, 2: 57-79.
- Rodríguez, L. 1968a. El fitoplancton de Mejillones. *Apuntes Oceanológicos*, 4: 8-9.
- Rodríguez, L. 1968b. Mareas rojas en Mejillones. *Apuntes Oceanológicos*, 4: 10-11.
- Rivera, P. 1968. Sinopsis de las diatomeas de la bahía de Concepción, Chile. *Gayana Botánica*, 18: 1-112.
- Saunders, R. & D. Glenn. 1969. Diatoms. *Memoirs of the Hourglass Cruises*. Florida Department of Natural Resources. Marine Research Laboratory, 1 (3): 1-119.
- Sievers, H. & N. Silva. 1974. Masas de agua y circulación en el océano Pacífico sudoriental - Latitudes 18°S-33°S (Operación Oceanográfica MARCHILE VIII). Reunión de Trabajo sobre el fenómeno conocido como "El Niño". Guayaquil, Ecuador, 4-12 de diciembre de 1974. FAO Informe de Pesca Nº 185: 197-231.
- Silva, N. & D. Konow. 1975. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental (Expedición Krill. Cruceros 3-4 julio-agosto 1974). *Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur*, 3: 63-75.
- Steidinger, K. & J. Williams. 1970. Dinoflagellates. *Memoirs of the Hourglass Cruises*. Florida Department of Natural Resources. Marine Research Laboratory, 2: 1-251.
- Strickland, J.H.D. 1960. Measuring the production of marine phytoplankton. *Bulletin Nº 122*. Fisheries Research Board of Canada, 172 p.
- Strickland, J. & T. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. *Bulletin 167*, 310 p.
- Tomicic, J. 1968a. Ciclo anual del zooplancton (en Mejillones). *Apuntes Oceanológicos*, Chile, 4: 12-13.
- Tomicic, J. 1968b. La cholga de los bancos de Mejillones. *Apuntes Oceanológicos*, Chile, 4: 14-15.
- Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung Limnologie*, 9: 1-38.

- Wood, E.J.f. 1954. Dinoflagellates in the Australian Region. Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 5 (2): 171-351.
- Wooster, W. & M. Gilmartin. 1961. The Perú-Chile Undercurrent. Journal of Marine Research, 19 (3): 97-122.
- Zúñiga, O., Baeza, H. & R. Castro. 1983. Análisis de la macrofauna bentónica del sublitoral de la bahía de Mejillones del Sur. Estudios Oceanológicos, 3 (1): 41-62.

TABLA 1. Especies determinadas en muestras de fitoplancton colectadas en la bahía de Mejillones del Sur 1983-1984.

## DIATOMEAS

- Asterionella glacialis* Castracane  
*Chaetoceros affinis* Lauder  
*Chaetoceros brevis* Schütt  
*Chaetoceros constrictus* Gran  
*Chaetoceros compressus* Lauder  
*Chaetoceros curvisetus* Cleve  
*Chaetoceros danicus* Cleve  
*Chaetoceros diadema* (Ehrenberg) Gran  
*Chaetoceros didymus* Ehrenberg  
*Chaetoceros laciniosus* Schütt  
*Chaetoceros lorenzianus* Grunow  
*Chaetoceros peruvianus* Brightwell  
*Chaetoceros socialis* Lauder  
*Chaetoceros teres* Cleve  
*Chaetoceros tortissimus* Gran  
*Cocconeis placentula* Ehrenberg  
*Corethron criophilum* Castracane  
*Coscinodiscus centralis* Ehrenberg  
*Detonula pumila* (Castr.) Schütt  
*Eucampia cornuta* (Cleve) Grunow  
*Eucampia zodiacus* Ehrenberg  
*Leptocylindrus danicus* Cleve  
*Licmophora abbreviata* Agardh  
*Nitzschia closterium* (Ehrenberg) Wm. Smith  
*Nitzschia delicatissima* Cleve  
*Nitzschia pseudoseriata* Hasle  
*Rhizosolenia alata* Brightwell  
*Rhizosolenia fragillissima* Bergon  
*Rhizosolenia imbricata* Brightwell  
*Rhizosolenia stolterfothii* Peragallo  
*Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve  
*Stephanopyxis turris* (Grev. & Arn.) Ralfs  
*Thalassiosira decipiens* (Grunow) Jörgensen  
*Thalassiosira nitzschiodes* Grunow

## DINOFLAGELADOS

- Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparede & Lachmann  
*Protoperdinium ovum* (Schiller) Balech

TABLA 1. (continuación)

## DINOFLAGELADOS

*Protoperidinium pellucidum* (Schütt) Balech*Prorocentrum micans* Ehrenberg

## SILICOFLAGELADO

*Dictyocha fibula* Ehrenberg

## PROTOZOO CILIADO

*Mesodinium rubrum* (Lohmann) Hamburger & Buddenbrock

TABLA 2. Variación superficial de algunos factores bióticos y abióticos en la bahía de Mejillones del Sur 1983-1984.

MESES	SECCHI		T°C	cél/ml	CLOROFILA					
	% LUZ	m			$\bar{a}$	O <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> -P	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	S‰
				mg/m <sup>3</sup>	ml/l	µg-at/l	µg-at/l	µg-at/l		
J	100	0	17,0	21	7,6	4,34	1,50	9,98	0,50	35,3
J	100	0	17,6	23	5,0	3,67	2,28	14,53	0,49	35,2
A	100	0	17,1	13	1,7	4,82	1,89	9,58	0,36	35,2
S	100	0	14,1	0	0,7	1,97	2,52	19,17	0,66	34,9
O	100	0	17,1	106	9,2	5,98	1,91	-	0,30	35,0
N	100	0	18,7	19	2,1	5,06	1,43	4,69	0,43	35,2
D	100	0	17,5	35	2,70	4,17	2,02	15,59	0,54	35,0
M	100	0	17,0	38	1,82	2,26	1,96	15,68	1,78	35,1
M	100	0	15,5	6	2,1	2,02	3,64	19,11	1,57	35,1

- = Ausencia

TABLA 3. Variación a 18% de penetración de la luz de algunos factores bióticos y abióticos en la bahía de Mejillones del Sur 1983-1984.

MESES	SECCHI			cél/ml	CLOROFILA					S‰
	% LUZ	m	TOC		$\bar{a}$	O <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> -P	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	
				mg/m <sup>3</sup>	ml/l	µg-at/l	µg-at/l	µg-at/l		
J	18	7	-	22	5,5	3,77	2,23	11,51	0,30	35,2
J	18	11	-	21	7,8	3,00	2,17	15,31	0,57	35,1
A	18	10	-	8	3,1	4,43	1,40	9,93	0,20	35,3
S	18	17	-	5	2,6	1,15	2,16	19,67	0,47	34,9
O	18	3	-	157	10,1	5,66	1,73	-	0,37	35,0
N	18	6	-	27	3,6	5,30	1,35	7,26	0,28	35,2
D	18	7	-	21	1,8	2,61	2,24	16,95	1,26	35,1
M	18	3	-	47	1,3	1,94	1,93	14,37	1,80	35,1
M	18	7	-	10	1,8	1,14	2,87	20,28	1,32	35,1

- = Ausencia

TABLA 4. Variación a 1% de penetración de la luz de algunos factores bióticos y abióticos en la bahía de Mejillones del Sur 1983-1984.

MESES	SECCHI			cél/ml	CLOROFILA					S‰
	% LUZ	m	TOC		$\bar{a}$	O <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> -P	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	
				mg/m <sup>3</sup>	ml/l	µg-at/l	µg-at/l	µg-at/l		
J	1	18,9	-	25	7,5	3,14	1,60	15,02	0,36	35,1
J	1	29,7	-	17	5,7	2,65	2,08	16,21	0,59	35,1
A	1	27,0	-	7	3,8	3,26	1,63	14,95	0,66	35,2
S	1	45,9	-	9	0,5	0,71	2,35	19,22	0,26	34,8
O	1	8,1	-	172	10,1	4,80	1,90	-	0,26	34,9
N	1	16,2	-	10	2,1	4,53	1,56	7,93	0,26	35,1
D	1	18,9	-	12	1,0	2,13	2,34	21,35	2,01	35,2
M	1	8,1	-	36	0,8	1,89	1,90	15,53	1,29	35,2
M	1	18,9	-	8	1,5	0,85	2,95	21,49	0,87	35,2

- = Ausencia