

PROLIFERACION DE PRIMAVERA DEL FITOPLANCTON EN LA BAHIA DE VALPARAISO. I. CONDICIONES METEOROLOGICAS Y OCEANOGRAFICAS

Adolfo Alvial M.* y Sergio Avaria P.**

ABSTRACT. The research states the meteorological (solar radiation and wind) and oceanographic variables (light penetration, sea water temperature, oxygen content and phosphate and nitrate concentrations), in order to contribute to the analysis of phytoplankton dynamics during spring bloom in Valparaíso Bay, Chile. Weekly samples were taken at 0, 5, 10, 20 and 30 m depth at one bio-oceanographic station (35°58'2"S; 71°37'2"W) between September 1 and December 29, 1977. Daily data on winds and solar radiation were included in the analysis.

A notorious increase of the solar radiation intensity was observed at the end of August, which was maintained with increasing tendency towards the end of the period. The limit of the euphotic zone oscillated between 2.5 and 20 m depth. The relationship existing between the SW wind and the variations of the sea water temperature, oxygen and nutrient concentration isolines, plus the values reached by these oceanographic parameters, allow to conclude the occurrence of upwelling processes which developed correspondingly with the intermitent intensification of the SW wind. Five periods of wind intensification were detected, which caused upwelling of subsurface waters characterized by low temperatures, low oxygen content and high nutrient concentrations.

INTRODUCCION

El conocimiento ecológico del fitoplancton es fundamental para comprender la potencialidad productiva de determinadas áreas de los océanos. En tal sentido se iniciaron, en 1963, una serie de estudios con el objeto de obtener un conocimiento ecológico del fitoplancton de la bahía de Valparaíso (Avaria 1965, 1971, 1975; Avaria y Orellana 1975; Pizarro 1973, 1976). Como resultado de estas investigaciones se llegó a establecer que el ciclo anual del

* Instituto Profesional de Iquique, Casilla 121, Iquique, Chile.

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

NOTA. Investigación financiada por el Servicio de Desarrollo Científico y Creación Artística de la Universidad de Chile.

fitoplancton se caracteriza por un período de alta actividad vegetal, en primavera-verano, con una duración aproximada de siete meses, relacionado con la intensificación de vientos S-SW, y otro de baja actividad en otoño-invierno, con una duración aproximada de cinco meses, asociado a calmas y vientos de N-NW. Dos estudios sobre fenómenos de marea roja (Avaria 1970, 1976) permiten apreciar mejor la relación entre los factores ambientales y las variaciones cualitativas y cuantitativas del fitoplancton.

En general, como lo sostienen Russell-Hunter (1970) y otros autores, durante la primavera en los mares templados se registra una repentina proliferación fitoplanctónica en respuesta a condiciones climáticas y oceanográficas que aseguran una favorable disponibilidad de luz y nutrientes en la zona eufótica. Este incremento en las poblaciones alcanza a lo sumo una duración de una o dos semanas, como consecuencia del rápido agotamiento de los nutrientes derivado del mayor consumo ejercido por el crecimiento del fitoplancton, pero tiene una gran importancia en el ciclo de la actividad biológica, puesto que se puede originar en este breve lapso tanta materia orgánica como durante todo el resto del año. Sin embargo, en la bahía de Valparaíso, la alta producción del fitoplancton iniciada en primavera se sostiene por un período prolongado, responsabilizándose de tal comportamiento al proceso de surgencia causado por el viento sur, que asegura la renovación de nutrientes en los niveles superficiales (Pizarro 1976).

Con el fin de precisar las características y los factores que regulan la proliferación de primavera del fitoplancton en la bahía de Valparaíso, se desarrolla un estudio de la dinámica de las comunidades fitoplanctónicas en relación con algunas variables meteorológicas y oceanográficas. Para tal efecto se realiza esta primera investigación cuyo objetivo es establecer el comportamiento de dichas variables, a fin de relacionarlo posteriormente con las fluctuaciones observadas en el fitoplancton.

En relación con el problema abordado en este trabajo, existen algunos antecedentes en investigaciones anteriores que contribuyen a la formulación de la hipótesis de trabajo. Pizarro (1973, 1976) en dos estudios sobre las condiciones físicas y químicas de las aguas de la bahía de Valparaíso, destaca la ocurrencia frecuente de surgencias causadas por la intensificación del viento sur en primavera-verano, sin llegar a precisar su relación causa efecto a una menor escala temporal. Otros autores han abordado directa o indirectamente aspectos relativos a la ocurrencia y a las características del proceso de surgencia en la bahía y en áreas adyacentes (Brandhorst 1963, 1971; Silva 1973; Avaria y Orellana 1975;

Ramírez 1975; Ramírez y Uribe 1976; Fonseca 1977; Reyes y Romero 1977; Uribe 1978; Fonseca y Hickmann 1978; Sievers y Silva 1979 y Johnson *et al.* 1980). Según Pizarro (1976) la surgencia, conjuntamente con el incremento de la radiación solar, desencadenarían la proliferación fitoplanctónica de primavera, siendo además el primer factor el que básicamente regularía sus variaciones en el tiempo, de allí la importancia de considerar ambos procesos en la problemática general de la proliferación del fitoplancton en primavera.

A partir de los antecedentes disponibles cabría esperar una relación directa entre períodos de intensificación del viento SW y períodos de surgencia. Estos últimos se detectarían en el levantamiento de las isolíneas de mayor salinidad y alta concentración de nutrientes y las de menor temperatura y baja concentración de oxígeno. El no establecimiento de esta relación negaría la ocurrencia de procesos de surgencia y permitiría suponer la presencia de procesos de menor efecto climatológico y oceanográfico, como lo han sostenido Reyes y Romero (1977). La confirmación de esta hipótesis conduciría a la formulación de una segunda hipótesis que vincularía la respuesta del fitoplancton al esquema de fluctuación de las variables climáticas y oceanográficas obtenido de este primer estudio.

La hipótesis planteada será evaluada en base a la información proveniente de una serie de observaciones bio-oceanográficas periódicas efectuadas entre el 1° de septiembre y el 29 de diciembre de 1977 en la bahía de Valparaíso, así como del registro de vientos y radiación solar proporcionado por estaciones meteorológicas relacionadas con el área de estudio.

MATERIAL Y METODOS

Entre el 1° de septiembre y el 29 de diciembre de 1977 se efectuaron 17 muestreos en una estación bio-oceanográfica (E.A) situada a dos millas de la costa frente a la playa de Reñaca con posición 32°58'2"S; 71°35'2"W (Fig. 1). Se mantuvo una periodicidad aproximada de siete días, iniciándose regularmente la toma de muestra a las 09.00 horas. Se recolectó un total de 85 muestras de agua con botellas Nansen, en superficie y a las profundidades de 5, 10, 20 y 30 metros, para análisis de salinidad, oxígeno, fosfato y nitrato. Simultáneamente se hicieron mediciones de temperatura con termómetros de inversión protegidos y de penetración de luz con

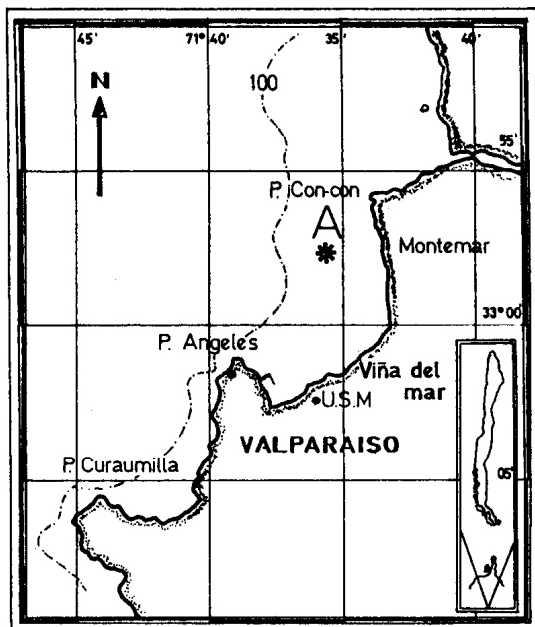


Fig. 1. Bahía de Valparaíso. Puntos de observación identificados en el texto.

disco de Secchi. Además se recolectaron muestras para análisis del fitoplancton lo que será motivo de un trabajo posterior. La información oceanográfica obtenida se resume en la Tabla 1.

La salinidad se determinó en un salinómetro de inducción Auto-Lab Modelo 601. Las concentraciones de fosfato y nitrato fueron obtenidas según los métodos descritos en Strickland y Parsons (1968). La determinación de la concentración de oxígeno disuelto

se realizó de acuerdo a la técnica de Carpenter (1965).

Los registros diarios de radiación solar para los meses de agosto a diciembre de 1977 y los valores promedio mensuales para 16 años de registro, comprendidos entre 1962 y 1977, fueron proporcionados por el laboratorio de Energía Solar de la Universidad Técnica Federico Santa Marfa (U.S.M. en Fig. 1). Los registros diarios de vientos, con mediciones a las 02.00, 08.00, 14.00 y 20.00 horas, que consignan dirección y velocidad, fueron proporcionados por la Base Aeronaval "El Belloto" y corresponden a observaciones efectuadas en la estación meteorológica del faro Punta Angeles (Fig. 1). La información meteorológica obtenida se resume en la Tabla 2.

En el análisis del viento SW se incluye la consideración de promedios de velocidad y frecuencia para los períodos comprendidos entre muestreos bio-oceanográficos sucesivos, así como el producto entre ambos valores lo que tiene la ventaja de integrar en un valor ambos aspectos, evitando la magnificación en el promedio de ráfagas poco frecuentes y, en la frecuencia, la persistencia del viento de baja velocidad. Se aplicó también un análisis basado en la descomposición vectorial del viento, considerando la componente correspondiente al eje vertical Norte-Sur en el tiempo (Tomás Fonseca, com.pers.).

El límite inferior de la zona eufótica se estableció como la profundidad de compensación (P_c) para el fitoplancton como conjunto (Riley 1946; Riley *et al.* 1949; Travers y Travers 1973; Unesco 1978), lo que posibilitó el cálculo del coeficiente de extinción, k , al despejarlo en la ecuación utilizada por Riley *et al.* (*op. cit.*) y Jacques (1970). Conociendo la intensidad de radiación solar incidente, la profundidad de la zona eufótica, equivalente a 2,5 veces la profundidad de desaparición del disco de Secchi (Strickland 1958) y el valor constante de la intensidad de radiación solar en la profundidad de compensación (Riley *op.cit.*), se pudo calcular k .

Los métodos estadísticos empleados fueron: correlación simple, regresión lineal y test "t" de significancia, utilizando las tablas de Fisher y Yates (1963). Todas las correlaciones mencionadas en los resultados fueron significativas a un nivel de confianza igual o superior al 95% al ser evaluadas con el test "t".

El cálculo del valor promedio de las variables oceanográficas en la columna de agua de superficie a 30 m se efectuó según la fórmula propuesta por Hasle (1969).

RESULTADOS

Variables meteorológicas

La radiación solar presentó en el mes de agosto un valor promedio de intensidad superior al correspondiente a 16 años de registros. Entre el 25 de agosto y el 1° de septiembre se hizo muy notorio, alcanzándose en este lapso un promedio de 342.9 ly/día y una alta insolación. Con posterioridad sólo se detectó una pronunciada declinación bajo este valor y correspondió al promedio del período inmediatamente siguiente del 1° al 8 de septiembre (Tabla 5).

La tendencia de los valores de radiación solar fue creciente alcanzándose el máximo presumiblemente en verano. En diciembre sólo se efectuaron registros con actinógrafo hasta el día 18, pero simples observaciones directas efectuadas en los días siguientes permiten suponer que hacia fines de ese mes los valores de intensidad de radiación fueron altos (Fig. 2).

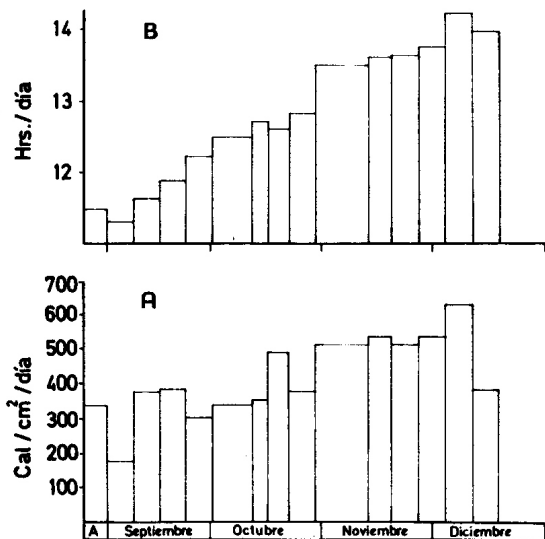


Fig. 2. Promedios de intensidad de radiación solar (A) y horas de radiación (B).

El viento SW fue el de mayor importancia y alcanzó una frecuencia promedio de casi un 50%, entre agosto y diciembre (Tabla 3). Su frecuencia aumentó de comienzos hasta fines del período de estudio detectándose sólo una ligera declinación en diciembre. Las más altas velocidades promedio se registraron en septiembre y noviembre. A lo largo del tiempo ocurrieron algunas interrupciones en la persistencia del viento SW, detectándose una a comienzos de octubre por las altas velocidades alcanzadas por el viento Norte.

En el análisis del viento SW se observaron 4 períodos de intensificación, evidenciados en altos valores promedio del producto de velocidad por frecuencia y en general, en cada una de estas estimaciones por separado (Fig. 3). Entre el 3 y el 7 de diciembre, en lo que pudo constituir otro período de intensificación, se detectaron vientos del SW moderados e intensos, que no se reflejaron

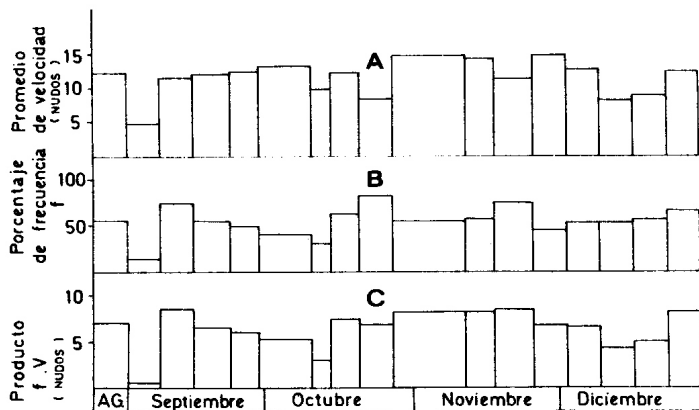


Fig. 3. Promedios de velocidad (A), porcentajes de frecuencia (B) y producto entre ambas (C) para el viento SW.

claramente en los valores promedio para el período, pero que tuvieron efectos oceanográficos de menor envergadura. Por esta razón se consideró este último como de intensificación, consignándose entonces un total de 5 períodos. Entre ellos se ubicaron lapsos de declinación en la acción del viento SW. A un resultado similar se llegó al analizar la componente Norte-Sur del viento, predominando aquellos que se dirigen hacia el norte y destacándose el incremento en la dirección contraria a comienzos de octubre (Fig. 4).

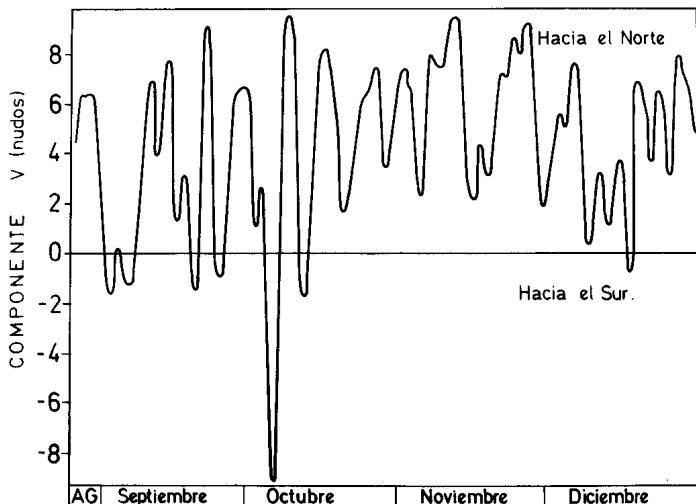


Fig. 4. Variación de los promedios diarios de la componente V del viento. Se utilizó filtro estadístico para los valores originales.

Variables oceanográficas

La profundidad de la zona eufótica alcanzó un valor promedio de 9.3 m, llegando a un mínimo de 2.5 m y un máximo de 20 m. Se observó una tendencia a la reducción del espesor de esta zona desde comienzos a fines del período de estudio (Fig. 5).

En cuanto a la salinidad, debido a que los resultados para 1977 no fueron confiables por desperfectos en el salinómetro utilizado, se recurrió a datos de las primaveras de 1970, 1972 y 1974 a fin de obtener alguna información en torno a este factor y su relación con la temperatura en el período de primavera. En base a esa información y a los correspondientes registros de temperatura se determinó un bajo coeficiente de correlación negativo ($r = -0.17$).

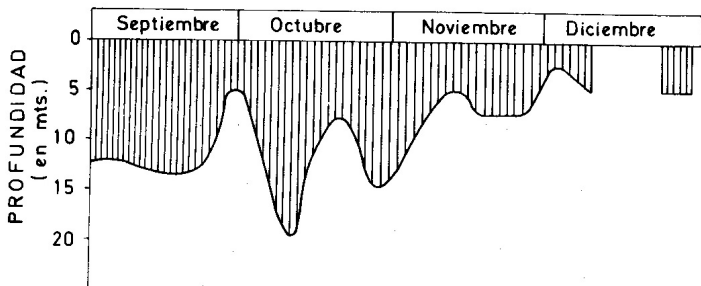


Fig. 5. Variación de la profundidad de la zona eufótica.

La temperatura en la primavera de 1977 presentó 4 períodos de ascenso de las isotermas menores, dos de las cuales fueron detectadas completamente, mediando entre ellas lapsos de hundimiento de las isotermas de valores más altos (Fig. 6A).

Las concentraciones de nitrato y fosfato fluctúan de modo similar, estableciéndose entre ambas un índice de correlación positivo ($r = 0.66$).

Las caídas en los niveles de concentración de ambos nutrientes fueron más drásticas que los incrementos, siendo los valores de las tasas de caída aproximadamente el doble que los correspondientes a los incrementos. Se determinaron cinco períodos de ascenso de las isolíneas de mayores concentraciones, tres de las cuales fueron detectadas claramente, siendo uno de ellos muy breve, alrededor del 9 de diciembre (Fig. 6, B y C).

La relación nitrógeno-fósforo (N/P) presentó una alta coincidencia con las fluctuaciones de la concentración de nitrato mineral, oscilando los valores promedio de este cociente en la columna de superficie a 30 m, entre 1.4 y 6.6, con un promedio general de 4.1. (Tabla 6).

La concentración de oxígeno fue especialmente alta en los meses de octubre y diciembre. Al igual que para los nutrientes, se detectaron cinco períodos de levantamiento de las isolíneas, correspondiendo en este caso el ascenso de las isolíneas de menor concentración de oxígeno disuelto. (Fig. 6D).

Interrelación entre las variables meteorológicas y oceanográficas

Los períodos de alta velocidad y frecuencia del viento SW antecedieron brevemente y se superpusieron con aquellos correspondientes a altas concentraciones de nutrientes. Los períodos caracterizados por la atenuación o interrupción del viento SW estuvieron asociados de un modo similar a los períodos de bajos valores. Esta relación fue especialmente evidente entre el viento y la concentración de fosfato. A su vez, los períodos de levantamiento de las isolíneas de mayor concentración de nutrientes estuvieron asociados al levantamiento de aquellas correspondientes a menor temperatura y menor concentración de oxígeno.

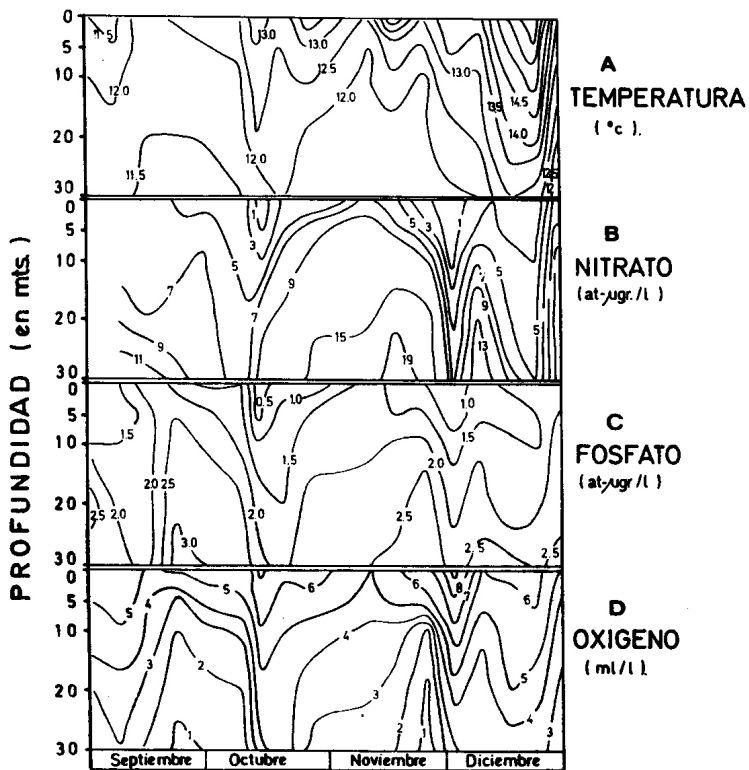


Fig. 6. Distribución en profundidad y tiempo de las variables oceanográficas.

Síntesis del comportamiento de las variables meteorológicas y oceanográficas

Se observaron claramente cuatro períodos de intensificación del viento SW, a los cuales se debe agregar el período menos intenso que se presentó entre el 3 y 7 de diciembre. Entre estos períodos mediaron cuatro fases de atenuación en la acción del viento SW. Asociado a cada uno de los cinco períodos de intensificación se observó un levantamiento de las isolíneas de menor temperatura, menor concentración de oxígeno y mayor concentración de nutrientes, comportamiento que no fue tan notorio para la temperatura en el caso del período de vientos breve y menos intenso de comienzos de diciembre. En relación con los períodos de atenuación del viento SW se observó, contrariamente, el hundimiento de las isolíneas de las variables mencionadas (Fig. 7). Los períodos deducidos del análisis conjunto de las variables meteorológicas y oceanográficas se presentan en la Tabla 4.

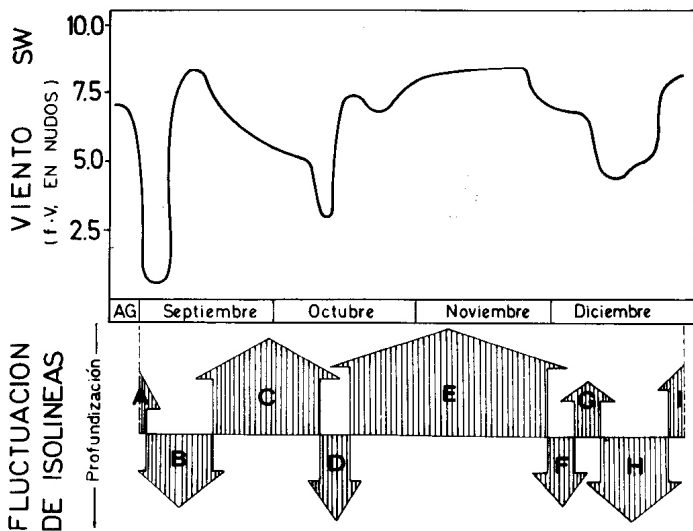


Fig. 7. Variación del viento SW y de las propiedades oceanográficas. Se indican con letras los períodos detallados en el texto.

DISCUSION

La intensificación del viento SW, evidenciada desde fines de agosto como fenómeno progresivo pero intermitente, ocasiona el afloramiento de aguas subsuperficiales de baja temperatura y concentración de oxígeno y alta concentración de nutrientes. Asimismo, en base a la correlación negativa obtenida de los registros de temperatura y salinidad de primaveras anteriores, se puede suponer que estas aguas se caracterizan también por una alta salinidad (Silva 1973; Pizarro 1976). Es posible detectar en los períodos de afloramientos el ascenso hasta superficie o profundidades muy someras de las isolíneas menores de 12°C , mayores de $11 \text{ at-}\mu\text{g N-N}_3/1$, mayores de $2.5 \text{ at-}\mu\text{g P-PO}_4/1$ y menores de $2.0 \text{ ml O}_2/1$. Los cinco períodos de intensificación del viento SW están consecuentemente asociados a períodos de levantamiento de las isolíneas de las variables mencionadas, de modo que anteceden brevemente y se superponen a estas últimas. El ligero desfase verificado entre la fluctuación del viento y el afloramiento obedecería a la existencia de un tiempo de retardo en la respuesta hidrológica a los cambios meteorológicos. Los cuatro períodos de interrupción y de atenuación del viento SW, se asocian a su vez y del mismo modo, al hundimiento de las isolíneas. Estos períodos poseen características diferentes. Durante el segundo de ellos (período D, tabla 4), se presenta viento N intenso, en tanto durante el primero, tercero y cuarto (períodos B, F y H, tabla 4) acontecen cambios en el régimen de vientos, pero siendo estos vientos en general débiles. A su vez, estos últimos períodos difieren en cuanto a su extensión, teniendo la mayor duración el cuarto período H. A partir de estas diferencias y de acuerdo a lo señalado en trabajos anteriores por otros autores como Silva (1973), Pizarro (1973, 1976) y Fonseca (1977), es posible suponer un efecto también distinto de estos períodos de fluctuación del viento sobre las condiciones oceanográficas. Así, durante el período D, en que se intensifica el viento N, es posible que ocurra el transporte y acumulación de aguas superficiales oceánicas en la bahía, que es lo que estaría detectando el marcado hundimiento de las isolíneas a mediados de octubre; esto es, la intrusión en la bahía de aguas de mayor temperatura, menor concentración de nutrientes y mayor concentración de oxígeno en relación con las aguas de surgencia. En tanto, en la comparación de los otros tres períodos (B, F y H) en que no se registran vientos intensos, sino una atenuación general, se destaca la diferencia derivada de la mayor extensión del período H, lo cual redundaría en el sostenimiento de condiciones de estabilidad por un período de tiempo relativamente largo en relación con los otros dos

períodos. Básicamente se puede señalar entonces que la atenuación o interrupción del viento SW determinaría la aparición de condiciones de estabilidad en la columna de agua y una consecuente atenuación o interrupción en el régimen de corrientes asociado a la surgencia, y por otra parte, la sustitución del viento SW por viento N intenso, implicaría una modificación drástica en el sistema de corrientes en términos que acontecería la intrusión de aguas superficiales oceánicas. La extensión de cualquiera de estos cambios tendrá también importancia desde el punto de vista de las variables oceanográficas evaluadas.

Los afloramientos generan disminución de la estabilidad de la columna de agua al romper la termoclina que se ha fortalecido por efecto del incremento gradual de la intensidad de radiación solar durante la primavera (Pizarro 1976). Es probable entonces que, como consecuencia de este factor de estratificación creciente, cada vez sea mayor el umbral de frecuencia y velocidad del viento SW para provocar el afloramiento. Sin embargo, la ocurrencia del proceso se garantiza por la tendencia creciente del propio viento SW. Es así como a partir de la correspondencia observada entre las fluctuaciones del viento y las isolíneas de las variables oceanográficas, se puede establecer que el período de primavera se caracteriza por la ocurrencia de procesos de surgencia de aguas subsuperficiales, entre las cuales median condiciones de estabilidad en la columna de agua, las que pueden a su vez diferir en su extensión. Asimismo, se verificaría eventualmente la ocurrencia del fenómeno inverso a la surgencia ("downwelling"), originado por la influencia del viento N como consecuencia de una perturbación ciclónica poco frecuente en primavera (Pizarro 1973; Silva 1973; Pizarro 1976 y Reyes y Romero 1977), situación que en nuestro estudio se presentó en el período D, correspondiente a comienzos de octubre.

En consideración a nuestros resultados y a los trabajos de Silva (1973) y Fonseca (1977), es posible inferir un modelo hipotético de circulación para la bahía en función de los vientos dominantes. El viento SW, causante de la surgencia, originaría un esquema de circulación asociado a este último proceso, similar al detectado por Fonseca (1977) frente a Punta Curaumilla. Este sistema involucraría una corriente de deriva superficial con dirección hacia el NW de la bahía y un flujo ascendente del agua ecuatorial subsuperficial proveniente de las inmediaciones del quiebre de la plataforma continental. Esta circulación, en condiciones de viento SW intenso, estaría también acompañada de una fuerte mezcla vertical turbulenta en la columna de agua como consecuencia del mismo viento. La atenuación del viento SW o su reemplazo por

calmas o vientos débiles de otra dirección implicaría un efecto similar sobre la circulación, deteniéndose eventualmente el aporte de aguas subsuperficiales. Sin embargo, si aconteciere un cambio en el régimen de vientos de modo que domine el viento N intenso, consecuentemente se registraría una drástica modificación en la circulación, como se ha señalado anteriormente, estableciéndose una corriente superficial que transportaría aguas oceánicas hacia la bahía.

Cuando ocurre un debilitamiento o la interrupción del proceso de surgencia, la estabilidad de la columna de agua se acentúa progresivamente, como consecuencia del calentamiento superficial provocado por la radiación solar creciente. Esta situación sólo será modificada con un nuevo incremento del viento SW que implique la reanudación del proceso de surgencia. Cuanto más avanzado esté el período de primavera, mayores serán los requerimientos de vientos para inducir el proceso de surgencia en razón de los valores más alto de radiación solar. Recíprocamente, la columna se estabilizará frente a los valores de frecuencia y velocidad de vientos que acaso fueran suficientes para originar el proceso de afloramiento a comienzos de la primavera. En tal sentido, cualquier precisión cuantitativa del proceso en el futuro debe considerar el valor umbral del esfuerzo de los vientos como una variable dinámica, antes que una constante estática. En relación con este mismo aspecto y considerando la expectativa de predicción del proceso, es indispensable disponer de una información de vientos que de cuenta de sus valores integrados en el tiempo a fin de obviar la información parcial e insuficiente que deriva de la consideración de la frecuencia y de las velocidades con registros discretos. Precisamente ha sido ésta la razón que decidió en este trabajo el uso del producto de la frecuencia y velocidad del viento, eliminando así la distancia que deriva de considerar a cada uno por separado en lo que respecta a su magnitud como causa de la surgencia. La correspondencia obtenida entre las fluctuaciones del viento en base a esta estimación y las oscilaciones de las isolíneas de las variables oceanográficas, permiten establecer que como método de análisis preliminar en la determinación de las relaciones entre el viento y la surgencia, resulta de bastante utilidad, alcanzándose un esquema de interrelación más preciso a menor escala temporal. Los resultados derivados de este análisis confirman la hipótesis de que la bahía estaría afectada por fenómenos de surgencias provocadas por la intensificación del viento SW.

Tanto la relación causa-efecto observada entre la fluctuación del viento y las variables oceanográficas evaluadas, así como los

valores alcanzados por estas últimas en condiciones de afloramiento, descartarían la exclusiva ocurrencia de fenómenos de menor efecto oceanográfico, como serían los procesos de turbulencia costera.

En cuanto a las variaciones de las propiedades oceanográficas en la bahía de Valparaíso, Fonseca y Hickmann (1978) han planteado una hipótesis que relaciona esta área con el centro de surgencia de Punta Curaumilla. Estos autores han señalado que en la bahía podría detectarse agua proveniente de ese centro de surgencia en consideración a los valores de temperatura, salinidad y concentración de oxígeno. Suponen que estas aguas serían transportadas hacia el interior de la bahía por la acción del viento SW. Sin embargo, Fonseca (1977) determinó que la corriente de deriva superficial se dirige hacia el NW del centro de surgencia por la propia influencia del viento SW. Asimismo, los resultados del estudio de estos autores representa la situación ocurrida en 2 días y en un lapso que estuvo precedido por la acción de vientos N y NW más la aparición de un fenómeno de marea roja (Avaria 1976). La influencia de los vientos N y NW bien pudo haber modificado las condiciones hidrológicas de la bahía de modo que una intrusión de aguas oceánicas superficiales haya relegado hacia el sur de la bahía y a mayores profundidades a las aguas características de surgencia, pudiendo ser éstas confundidas con una "lengua" intrusiva con origen en Punta Curaumilla.

Los resultados del presente estudio permitirán considerar en un próximo trabajo, la dinámica del fitoplancton en el área con relación al comportamiento de las variables meteorológicas y oceanográficas. Las características del fitoplancton de primavera deberían consecuentemente corresponder a aquellas descritas para los centros de surgencia (Margalef 1978) y mantener una relación en el tiempo con los cambios meteorológicos y oceanográficos en el área. El comportamiento de la intensidad de radiación solar, que presentó un marcado incremento a fines de agosto, permite suponer un temprano estímulo positivo en las tasas fotosintéticas del fitoplancton y consecuentemente una temprana iniciación de la proliferación de primavera. Esta suposición se apoya en los resultados de Pizarro (1976) que aborda el desencadenamiento de la proliferación de primavera del fitoplancton en la bahía de Valparaíso. El estímulo de la radiación solar sobre las tasas fotosintéticas mantendría una tendencia general creciente a lo largo del período de estudio, registrándose sólo una declinación significativa respecto al valor promedio de fines de agosto en el período inmediatamente siguiente. En consideración sólo de la radiación solar puede inferirse por lo tanto un temprano estímulo para el desencadenamiento

de la proliferación de primavera y el sostenimiento de altas tasas fotosintéticas a lo largo de la estación. Sin embargo, debe considerarse también la ingerencia de las variaciones oceanográficas sobre las comunidades fitoplanctónicas. En tal sentido, a través del proceso de surgencia se garantizaría la "resiembra" fitoplanctónica y la "refertilización" del área por medio del circuito de corrientes que se generaría y por otro lado en virtud del mismo proceso, se induciría una merma en las poblaciones por arrastre pasivo de partes de ellas hacia el océano (Johnson 1975). Además, la profundización de la capa de mezcla, como consecuencia de la intensificación del viento, podría implicar una atenuación de la tasa de crecimiento del fitoplancton (Riley 1946). Si luego de un proceso de afloramiento que ha provisto los niveles superficiales de una adecuada concentración de nutrientes, se alcanza la estabilidad de la columna de agua, existirán entonces condiciones favorables para la proliferación fitoplanctónica, como consecuencia de la disponibilidad de nutrientes, nivel de radiación solar y por la detención de procesos turbulentos que impiden una permanencia mayor de las células en la zona eufótica. Esto sugiere que un período de estabilidad subsecuente a uno de afloramiento, constituye el ambiente adecuado, para un fuerte incremento del fitoplancton. Si la estabilidad fuera breve, pero lo suficientemente extensa como para implicar una proliferación fitoplanctónica significativa, el reinicio del afloramiento y de la mezcla vertical incidirían nuevamente en una fuerte pérdida de las poblaciones y en la declinación de sus tasas de crecimiento. De acuerdo a ésto se puede deducir que las zonas de surgencia se caracterizarían por presentar los máximos de abundancia fitoplanctónicas, temporalmente cuando se interrumpe o atenúa el proceso y espacialmente en la periferia de los focos; ésto es, cuando y donde los factores de pérdida de las poblaciones y de atenuación de las tasas de crecimiento operan de modo menos significativo. Sin embargo, aún sería necesario considerar la situación cuando las condiciones de estabilidad de la columna se prolongan por un tiempo relativamente mayor, en tal caso es probable que el fitoplancton alcance un máximo de abundancia y luego decline como consecuencia del agotamiento de los nutrientes o por efecto de la sucesión fitoplanctónica hacia especies adaptadas a aguas oligotróficas y con menores tasas reproductivas (Guillard y Kilham 1977). Precisamente y conforme a las fluctuaciones observadas en las variables meteorológicas y oceanográficas, sólo se podrían encontrar modificaciones considerables en la composición del fitoplancton, supuestamente típico de aguas de surgencia, cuando se desarrollan condiciones de estabilidad prolongada que implican la sucesión de poblaciones o cuando fenómenos advectivos eventuales ocasionan la invasión de especies

oceánicas.

Estos últimos aspectos de la discusión, que interrelacionan el comportamiento de las variables abióticas del sistema de surgencia con el comportamiento hipotético del fitoplancton en el área, constituyen el marco teórico del segundo trabajo de esta serie, cuyo objetivo general será establecer la dinámica de las comunidades fitoplanctónicas en relación con las variables analizadas en este estudio.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

En orden a determinar las características y los factores que regulan la proliferación de primavera del fitoplancton en la bahía de Valparaíso, se establece el comportamiento de algunas variables meteorológicas y oceanográficas, en base a observaciones realizadas entre el 1° de septiembre y el 29 de diciembre de 1977, en una estación bio-oceanográfica situada en 32°58'2"; 71°35'2". Se tomaron muestras semanales de agua en superficie y a las profundidades de 5, 10, 20 y 30 metros, para análisis de salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes, efectuándose simultáneamente mediciones de temperatura y penetración de luz. Esta información se complementó con registros diarios de vientos y radiación solar obtenidos entre agosto y diciembre.

Se observó un fuerte incremento de la radiación solar a fines de agosto, manteniéndose una tendencia creciente hasta fines de diciembre con una atenuación progresiva de la pendiente positiva. El límite inferior de la zona eufótica osciló entre 2.5 y 20 metros de profundidad, observándose una tendencia a la reducción de esta zona desde el comienzo a fines del período de estudios.

El viento SW fue ampliamente predominante, presentando un incremento en la frecuencia y velocidad a partir de fines de agosto. Se detectaron cinco períodos de intensificación del viento SW entre los cuales mediaron fases de atenuación. En relación con los períodos de intensificación se observó el ascenso de las isolíneas de baja temperatura ($<12^{\circ}\text{C}$), baja concentración de oxígeno ($<2\text{ ml/l}$) y alta concentración de nutrientes ($>2.5\text{ at-}\mu\text{g P-PO}_4$; $>11\text{ at-}\mu\text{g N-NO}_3/\text{l}$).

Se observó una relación de causa a efecto entre la intensificación del viento SW y el ascenso de las isolíneas de las variables oceanográficas controladas con un desfase en el tiempo que refleja el retardo de la respuesta hidrológica a los cambios del régimen

de vientos. En asociación con los períodos de atenuación del viento SW se observó el hundimiento de las isolíneas de alta temperatura, alta concentración de oxígeno y baja concentración de nutrientes, verificándose igualmente una relación de causa a efecto con un cierto retardo. Estos períodos difirieron en su extensión, magnitud y origen, destacándose uno de ellos por su persistencia en el tiempo y otro por su relación con viento intenso del norte. La relación existente entre el viento SW y el comportamiento de las isolíneas de temperatura, oxígeno y nutrientes, más los valores alcanzados por estas variables, indicaría que se desarrollan procesos de surgencia en correspondencia con la intensificación intermitente del viento SW.

Se establece un marco teórico del próximo trabajo de esta serie, orientado al estudio de la dinámica del fitoplancton de primavera en la bahía de Valparaíso, relacionando los resultados obtenidos con el comportamiento hipotético del fitoplancton.

AGRADECIMIENTOS. Dejamos constancia de nuestro reconocimiento a las siguientes personas: Sr. Tomás Fonseca de la Escuela de Ciencias del Mar de la Universidad Católica de Valparaíso, por su contribución en aspectos de procesamiento de la información; Profesora María Angélica Soto y Técnicos Srs. Leoncio González y Gabriel Lillo, del Laboratorio de Química del Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso, por su ayuda en el análisis de las muestras; a los Srs. Juan Soto y Claudio Tank pescadores del mismo Instituto por su esfuerzo y dedicación en la toma de muestras, y al Biólogo Marino Pedro Báez Retamales, M.Sc. del Instituto Profesional de Iquique por su colaboración en la revisión del manuscrito.

Agradecemos a las Instituciones que nos proporcionaron valiosa información complementaria: Base Aeronaval "El Belloto" de la Armada de Chile y Laboratorio de Energía Solar de la Universidad Técnica Federico Santa María.

LITERATURA CITADA

- Avaria, S. Diatomeas y Silicoflagelados de la bahía de Valparaíso. 1965 Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 12: 61-119.
- Avaria, S. Observación de un fenómeno de marea roja en la bahía de Valparaíso. 1970 Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 14 (1): 1-5.
- Avaria, S. Variaciones mensuales del fitoplancton de la bahía de Valparaíso, entre julio de 1963 y julio de 1966. 1971 Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 14 (3): 15-43.
- Avaria, S. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. II. Fitoplancton 1970-71. 1975 Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 15 (2): 131-148.
- Avaria, S. y E. Orellana. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. III. Fitoplancton 1972-1973. 1975 Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 15 (3): 207-226.
- Avaria, S. Marea roja en la costa central de Chile. 1976 Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 16 (1): 95-111.
- Brandhorst, W. Descripción de las condiciones oceanográficas en las aguas costeras entre Valparaíso y el Golfo de Arauco, con especial referencia al contenido de oxígeno y su relación con la pesca. 1963 Lab. Oceanogr. Biol. Pesq. Min. Agr., Santiago, p. 3-55.
- Brandhorst, W. Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. 1971 Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 14 (3): 45-84.
- Carpenter, J. The Chesapeake Bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. 1965 Limnol. Oceanogr., 10: 141-143.
- Fisher, R. and F. Yates. Tablas estadísticas. Ed.: Aguilar, Madrid, 3a. Ed., 131 pp. 1963
- Fonseca, T. Proceso de surgencia en Punta Curaumilla, con especial referencia a la circulación. (In *literis*). 1977 Tesis. Escuela de Pesquería y Alimentos, Departamento de Oceanografía, Universidad Católica de Valparaíso, 90 pp.
- Fonseca, T. y V. Hickmann. Contribución al conocimiento de las condiciones oceanográficas de la bahía de Valparaíso. 1978 Invest. Mar., 6 (5): 73-86.
- Guillard, R. and P. Kilham. The ecology of Marine Planktonic diatoms. In: D. Werner (ed.), The Biology of diatoms. Botanical monographs; vol.13, p.372-469, the Whitefriars Press Ltd., London. 1977

- Hasle, G. An analysis of the phytoplankton of the Pacific Southern
1969 Ocean; Abundance, comparison and distribution during
the Brategg Expedition, 1947-48. *Hvbraad. Skr.*, 52:
1-168.
- Jacques, G. Aspects quantitativos du phytoplancton de Banyul-Sur-
1970 Mer (Golfe du Lion). IV. Biomasse et Production, 1965-
1969. *Vie et milieu, Serie B: Oceanographie*, 21 (fasc.
1-B): 37-102.
- Johnson, D. Coastal upwelling. International Symposium coastal
1975 upwelling proceedings. Univ. del Norte, Centro de Inves-
tigaciones Submarinas, Coquimbo. Ed. Universitaria, 173
pp.
- Johnson, D., T. Fonseca and H. Sievers. Upwelling in the Humboldt
1980 Coastal Current near Valparaíso, Chile. *J. Mar. Res.* 38
(1): 1-16.
- Margalef, R. Phytoplankton communities in upwelling areas. The
1978 example of NW Africa. *Oecol. Aquat.*, 3: 97-132.
- Pizarro, M. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de
1973 Valparaíso. I. La temperatura superficial y la radia-
ción solar. *Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile*,
15 (1): 77-105.
- Pizarro, M. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de
1976 Valparaíso. IV. Condiciones físicas y químicas del am-
biente. *Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile*, 16
(1): 35-69.
- Ramírez, B. Variación estacional de los pigmentos fitoplanctónicos
1975 analizados frente a Valparaíso. *Invest. Mar.*, 6 (1):
1-24.
- Ramírez, B. y E. Uribe. Estudio bio-oceanográfico al Sur de la
1976 bahía de Valparaíso. Fitoplancton y productividad pri-
maria. IIIer. Simposio Latinoamericano de Oceanografía.
- Reyes, E. y H. Romero. Climatología e interacción Océano-Atmósfera
1977 en la bahía de Valparaíso. *Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol.*
Univ. Chile, 16 (2): 125-159.
- Riley, G. Factors controlling phytoplankton populations on Georges
1946 Bank. *J. Mar. Res.*, 6: 54-73.
- Riley, G., Stommel, H. and D. Bumpus. Quantitative ecology of the
1949 plankton of the Western North Atlantic. *Bull. Bingham.*
Oceanogr. Coll., 12: 1-169.
- Russell-Hunter, W. Aquatic productivity. An introduction to some
1970 basic aspects of biological oceanography and Limnology.
MacMillan Publishing Co., 306 pp.
- Sievers, H. y N. Silva. Variación temporal de las condiciones
1979 oceanográficas frente a Punta Curaumilla, Valparaíso,
Chile (Mayo de 1974-Abril de 1975). *Inv. Mar. Valparaí-*
so, 7 (1): 3-20.

- Silva, N. Variaciones estacionales de temperatura, salinidad y contenido de oxígeno en la zona costera de Valparaíso (septiembre de 1969-agosto de 1970). *Invest.Mar.*, 4 (3): 89-112.
- Strickland, J. Solar radiation penetrating the ocean. A review of requirements, data and methods of measurement, with particular reference to photosynthetic productivity. *J. Fish. Res. Board Canada*, 15 (3): 453-493.
- Strickland, J. and T. Parsons. A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Bd. Can. Bull.*, 167: 311 pp.
- Travers, A. et M. Travers. Données sur quelques facteurs de l'écologie du plancton dans la région de Marseille. *Thethys*, 5 (1): 7-30.
- Unesco. Phytoplankton Manual. *Monogr. Oceanogr. Methodology*, 6, 337 pp.
- Uribe, E. Estudios de las comunidades fitoplanctónicas durante un proceso de surgencia frente a Punta Curaumilla. (*In literis*). Memoria para optar al título de Profesor de Biología. Universidad Católica de Valparaíso.

Tabla 1. Información oceanográfica desde el 1° de septiembre al 29 de diciembre de 1977.

TOMA DE MUESTRAS		VARIABLES OCEANOGRAFICAS				
Fechas	Prof. T° (m)	Conc. de oxígeno	Conc. de nitrato	Conc. de fosfato	Penetración de la luz	
Septiembre 1,8,15,23,29	0	+	+	+	+	
Octubre 10,14,20,27	5	+	+	+	+	
Noviembre 11,17,25	10	+	+	+	+	
Diciembre 2,9,16,23,29	20	+	+	+	+	
	30	+	+	+	+	
TOTAL DE DATOS	79	84	80	85	16	

Tabla 2. Información meteorológica desde el 25 de agosto al 29 de diciembre de 1977.

	VARIABLES METEOROLOGICAS			
	VIENTOS		RADIACION SOLAR	
	DIRECCION	VELOCIDAD	INTENSIDAD	TIEMPO DE RADIACION
INTERVALO DE REGISTRO	6 h. (discreto)	6 h. (discreto)	24 h. (continuo)	24 h. (continuo)
TOTAL DE DATOS	127	127	112	112

Tabla 3. Promedios mensuales de frecuencia (%) y velocidad (v = nudos) del viento entre agosto y diciembre de 1977.

Viento		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio AGO-DIC
NE	%	6.5	10.8	23.4	0.8	4.0	9.1
	v	6.4	4.9	5.1	4.0	4.0	4.9
E	%	6.5	7.5	4.0	15.8	8.9	8.5
	v	5.1	3.4	5.0	4.4	4.7	4.5
SE	%	11.3	2.5	2.4	1.7	2.4	4.1
	v	3.8	3.7	4.3	4.0	2.3	3.6
S	%	12.9	4.2	1.6	1.7	2.4	4.6
	v	4.1	3.4	2.5	3.0	3.7	3.3
SW	%	32.3	50.8	53.2	56.7	54.8	49.6
	v	10.6	11.6	10.9	14.0	10.6	11.5
W	%	2.4	0.0	1.6	4.2	1.6	2.0
	v	5.3	0.0	3.5	3.6	2.5	3.0
NW	%	0.8	0.0	1.6	1.7	8.0	2.4
	v	3.0	0.0	8.0	4.0	4.0	3.8
N	%	13.7	10.8	6.5	1.7	5.6	7.7
	v	11.4	3.8	9.3	3.5	3.4	6.3
Calma	%	13.6	13.4	5.7	15.7	12.3	12.1
	v	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 4. Variables meteorológicas y oceanográficas durante la Primavera de 1977. Características por período.

PERIODO	EXTENSION TEMPORAL	CARACTERISTICAS
A	15-30 AGOSTO	Elevados valores de radiación solar, especialmente en la última semana. Viento dominante del SW en aumento.
B	31 AGO. - 8 SEP.	Cambio en el régimen de vientos. Domina viento N débil. Las isolíneas de temperatura, oxígeno y nutrientes presentan hundimientos. Se produce una declinación en la intensidad de radiación solar.
C	9 SEP. - 4 OCT.	Aumentan los valores de radiación solar, tendencia que se sostiene hasta fin del período de estudio. Predominio del viento SW, moderado e intenso. Ascenso de las isolíneas de temperatura, oxígeno y nutrientes.
D	5-12 OCTUBRE	Cambio en los vientos dominantes; se incrementan los vientos del N y NE. El primero es intenso entre el 6 y 7 de Octubre. Hundimiento de las isolíneas de temperaturas, oxígeno y nutrientes.
E	13 OCT. - 28 NOV.	Predominio del viento SW intenso, que se incrementa aún más hacia fines del período. Simultáneamente se detecta el ascenso de las isolíneas de temperatura, oxígeno y nutrientes.
F	29 NOV. - 2 DIC.	Predominio del viento moderado del E, entre el 29 y el 30 de noviembre, seguido de viento moderado del SW, entre el 1° y 2 de diciembre. Se hunden las isolíneas de temperatura, oxígeno y nutrientes.

Tabla 4. (continuación)

PERIODO	EXTENSION TEMPORAL	CARACTERISTICAS
G	3-7 DICIEMBRE	Viento moderado a intenso del SW. Se detecta ascenso de las isolíneas de nutrientes y oxígeno.
H	8-18 DICIEMBRE	Cambios sucesivos en el régimen de vientos. En general se observan velocidades débiles y moderadas. Se detecta hundimiento de las isolíneas de temperatura, oxígeno y nutrientes.
I	19-29 DICIEMBRE	Predominio del viento SW que aumenta a fines del período correspondiente, se registra un ascenso de las isolíneas de temperatura, oxígeno y nutrientes.

NOTA: La calificación conceptual del viento corresponde a:

intenso : > 15 nudos
 moderado : 10-15 nudos
 débil : < 10 nudos

Tabla 5. Resumen de información meteorológica.

PROMEDIOS					
PERIODO	Intensidad de radiación (cal/cm/día)	Tiempo de radiación (hrs/día)	Frecuencia viento SW (%)	Velocidad viento SW (nudos)	Producto frec. y veloc. viento SW (nudos)
24 Ag-1° Sep	342.9	11.40	57.1	12.31	7.03
1 - 8 Sep	173.3	11.30	14.3	4.75	0.68
8 - 15 Sep	370.1	11.69	75.0	11.52	8.64
15-23 Sep	378.6	11.89	56.3	11.94	6.72
23-29 Sep	298.2	12.25	50.0	12.17	6.09
29 Sep-10 Oct	342.0	12.53	41.0	13.0	5.33
10-14 Oct	366.3	12.73	31.3	9.8	3.07
14-20 Oct	477.3	12.57	62.5	12.13	7.58
20-27 Oct	334.6	12.83	82.1	8.3	6.81
27 Oct-11 Nov	502.0	13.49	56.7	14.59	8.27
11-17 Nov	556.0	13.72	58.3	14.21	8.28
17-25 Nov	513.8	13.95	75.0	11.3	8.48
25 Nov-2 Dic	533.3	14.17	46.4	14.77	6.85
2-9 Dic	584.4	14.31	53.6	12.67	6.79
9-16 Dic	340.7	13.92	53.6	8.27	4.43
16-23 Dic			57.1	8.81	5.03
23-29 Dic			66.7	12.38	8.26

Tabla 6. Resumen de información oceanográfica.

FECHA	Prof.(m) y pr. 0-30 m	Temp. (°C)	O ₂ (ml/l)	Nitrato (at-ug/l)	Fosfato (at-ug/l)	N/P	Pc (m)	K
1 Sept.	0	12.50	5.30		1.5			
	5							
	10	12.00	4.80		1.5		12.5	0.41
	20	11.60	3.00		3.4			
	30	11.50	1.90		2.3			
	Pr.	11.86	3.79		2.2			
8 Sept.	0	12.60	6.20	6.5	1.4	4.6		
	5	12.50	5.80	5.5	1.0	5.5		
	10	12.10	4.90	5.5	1.5	3.7		
	20	11.90	3.60	8.4	1.9	4.4	12.5	0.39
	30	11.70	3.00	12.9	2.3	5.6		
	Pr.	12.08	4.41	7.8	1.7	4.6		
15 Sept.	0	11.85	4.80	8.4	2.5	3.4		
	5	11.75	4.10	5.4	1.6	3.8		
	10	11.70	4.00	5.4	1.6	3.8		
	20	11.50	2.70	7.0	1.8	3.9	13.75	0.39
	30	11.40	1.80	12.0	1.7	7.1		
	Pr.	11.60	3.28	7.3	1.8	4.4		
23 Sept.	0		5.30	3.9	1.7	2.3		
	5		2.70	5.7	2.5	2.3		
	10		2.00	6.2	2.7	2.3		
	20		1.20	8.1	2.9	2.8	12.5	0.43
	30		0.80	9.2	3.2	2.9		
	Pr.		1.93	7.1	2.7	2.6		
29 Sept.	0	12.30	5.80	4.0	1.4	2.9		
	5	11.90	4.10	6.5	2.3	2.8		
	10	11.80	2.60	7.2	2.5	2.9		
	20	11.50	1.60	7.6	2.8	2.7	5.0	1.08
	30	11.30	1.00	8.1	3.0	2.7		
	Pr.	11.68	2.52	7.1	2.6	2.8		

Tabla 6. (continuación)

FECHA	Prof.(m) y pr. 0-30 m	Temp. (°C)	O ₂ (ml/l)	Nitrato (at-ug/l)	Fosfato (at-ug/l)	N/P	Pc (m)	K
10 Oct.	0	12.40	5.30	3.3	1.5	2.2		
	5	12.30	4.90	3.3	1.5	2.2		
	10	11.80	3.30	4.2	1.9	2.2		
	20	11.60	2.00	5.2	2.6	2.0	20.0	0.28
	30	11.50	1.50	5.6	2.8	2.0		
	Pr.	11.82	3.00	4.5	2.2	2.1		
14 Oct.	0	13.50	7.10	0.6	0.3	2.0		
	5	13.00	6.70	1.0	0.4	2.5		
	10	12.90	6.00	3.0	1.0	3.0		
	20	12.50	4.60	8.7	1.8	4.8	12.5	0.43
	30	11.60	3.80	10.2	2.1	4.9		
	Pr.	12.62	5.38	5.6	1.3	3.8		
20 Oct.	0	12.55	6.30	4.0	0.9	4.4		
	5	12.50	5.50	5.2	1.1	4.7		
	10	12.40	5.00	8.0	1.4	5.7		
	20	12.20	4.40	9.3	1.5	6.2	7.5	0.66
	30	12.10	4.40	11.2	1.8	6.2		
	Pr.	12.31	4.89	8.2	1.4	5.7		
27 Oct.	0	13.85	6.60	1.2	0.5	2.4		
	5	13.10	5.70	8.2	1.6	5.1		
	10	12.55	4.60	9.8	1.8	5.4		
	20	11.90	3.20	14.5	2.2	6.6	15.0	0.36
	30	11.55	2.80	15.8	2.4	6.6		
	Pr.	12.37	4.18	11.4	1.9	5.7		
11 Nov.	0	12.50	5.00	7.5	1.9	3.9		
	5	12.00	4.60	10.7	1.9	5.6		
	10	11.90	3.60	12.3	1.9	6.5		
	20	11.60	3.20	14.3	2.2	6.5	5.0	1.13
	30	11.50	2.50	16.3	2.5	6.5		
	Pr.	11.80	3.57	13.0	2.1	6.1		
17 Nov.	0	14.50	6.00	5.4	1.3	4.2		
	5	12.80	5.40	8.3	1.5	5.5		
	10	12.50	3.60	11.1	2.1	5.3		

Tabla 6. (continuación)

FECHA	Prof.(m) y pr. 0-30 m	Temp. (°C)	O ₂ (ml/l)	Nitrato (at-ug/l)	Fosfato (at-ug/l)	N/P	Pc (m)	K
	20	11.70	2.50	18.5	2.3	8.0	7.5	0.68
	30	11.60	2.00	21.0	2.6	8.0		
	Pr.	12.30	3.47	14.3	2.1	6.6		
25 Nov.	0	13.00	6.50	1.5	1.0	1.5		
	5	12.40	5.60	4.6	1.6	2.9		
	10	11.90	1.70	10.0	2.3	4.3		
	20	11.80	0.90	17.7	2.8	6.3	7.5	0.76
	30	11.50	0.70	18.3	2.9	6.3		
	Pr.	11.98	2.32	12.3	2.3	4.8		
2 Dic.	0	13.95	9.20	0.0	0.6	0.0		
	5	13.80	7.80	0.1	0.6	0.2		
	10	13.00	6.90	0.5	1.3	0.4		
	20	12.40	4.50	4.8	1.8	2.7	2.5	2.19
	30	11.90	3.00	5.5	2.3	2.4		
	Pr.	12.83	5.79	2.7	1.5	1.4		
9 Dic.	0	13.70	6.00	2.0	1.4	1.4		
	5	13.30	5.40	4.1	1.4	2.9		
	10	12.90	4.20	6.7	1.9	3.5		
	20	12.50	3.40	13.0	2.3	5.7	5.0	1.0
	30	12.00	2.90	15.3	2.7	5.7		
	Pr.	12.75	4.07	9.4	2.0	4.3		
16 Dic.	0	15.50	6.10	3.8	1.6	2.4		
	5	15.00	5.80	2.5	1.3	1.9		
	10	14.50	5.50	4.0	1.6	2.5		
	20	13.90	5.00	5.0	1.6	3.1		
	30	13.00	3.30	8.4	2.7	3.1		
	Pr.	14.22	5.07	4.8	1.7	2.7		
23 Dic.	0	16.50	6.30	1.7	1.6	1.1		
	5	16.00	6.10	1.6	1.5	1.1		
	10	15.30	5.60	2.9	1.5	1.9		
	20	14.20	4.30	3.9	1.9	2.1	5.0	
	30	12.70	3.50	4.9	2.4	2.1		
	Pr.	14.72	4.96	3.3	1.8	1.8		

A. Alvia y S. Avaria

227

Tabla 6 (continuación)

FECHA	Prof.(m) y pr. 0-30 m	Temp. (°C)	O ₂ (ml/l)	Nitrato (at-ug/l)	Fosfato (at-ug/l)	N/P	Pc (m)	K
29 Dic.	0	13.20	4.70	7.9	1.8	4.4		
	5	12.70	3.80	9.8	2.1	4.7		
	10	12.50	3.40	14.3	2.3	6.2		
	20	12.00	2.70	14.4	2.3	6.2	5.0	
	30	11.70	2.30	17.0	2.7	6.3		
	Pr.	12.29	3.16	13.5	2.3	5.8		