

MAREA ROJA EN LA COSTA CENTRAL DE CHILE

SERGIO AVARIA P.*

ABSTRACT. A red tide caused by *Mesodinium rubrum* (Lohmann) in March 1975 on the central coast of Chile between 31°53'S and 34°23'S to 25 miles offshore is recorded. The evolution of this phenomenon in Valparaíso bay from March 12 to April 2 is studied. This period coincided with abnormal diminishing of the frequency and intensity of the S-SW winds and an increase of the N-NW winds, intense solar radiation and vertical stability of the water. The concentration of *M. rubrum* varied from 67.000 to 790.000 cel/l, a 6% and 88% of the total phytoplankton. This increase is associated with moderate increase of dinoflagellates and strong decrease of diatoms. The highest concentrations are associated to high values of chlorophyll "a", high oxygen production, moderate phosphate consumption and increasing water temperature. The disappearance of the phenomenon is related with a change of the hydrological conditions due to vertical mixing of the water which occurred in the first week of April.

INTRODUCCION

El 9 de marzo de 1975, el buque pesquero Promar I observó un fenómeno de marea roja, causado por protozoos ciliados, al sur de Valparaíso, en 34°04'S y 72°12'W. El 11 de marzo un avión naval sobrevoló el litoral central del país observando manchas rojas profusamente diseminadas en la zona comprendida entre Pichilemu (34°23'S) y la desembocadura del río Rapel (33°52'S), desde la costa hasta 20 millas mar afuera. Las manchas rojas se extendían con menor profusión hacia el norte hasta la altura de Algarrobo (33°21'S), entre la costa y 10 millas. En los días siguientes estas manchas se desplazaron hacia el norte hasta la latitud de Los Vilos (31°53'S), donde fueron detectadas por última vez el 14 de marzo a 25 millas de la costa (fig. 1).

El 12 de marzo se observaron en la bahía de Valparaíso manchas rojas alargadas, de unas 3 millas de longitud por media milla de ancho, que desaparecieron al día siguiente. Durante el resto de marzo y primera semana de abril se observó la repetición del fenómeno, con mayor intensidad y amplitud del 18 al 21 de marzo, y en forma moderada del 2 al 5 de abril.

Los fenómenos de marea roja producidos por protozoos ciliados se conocen desde hace bastante tiempo, ya que uno de ellos no escapó a la observación del naturalista Carlos Darwin, quien en 1835 describió el organismo causante de una discoloración del agua de mar en el sur de Chile, el que más tarde, en base a la descripción de Darwin, fue identificado por Hart (1943) como *Mesodinium rubrum*.

Sólo en los últimos años se ha podido obtener un mejor conocimiento de

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

Nota: Investigación parcialmente financiada por el Programa de Desarrollo de Ciencias del Mar del Servicio de Desarrollo Científico y Creación Artística de la Universidad de Chile.

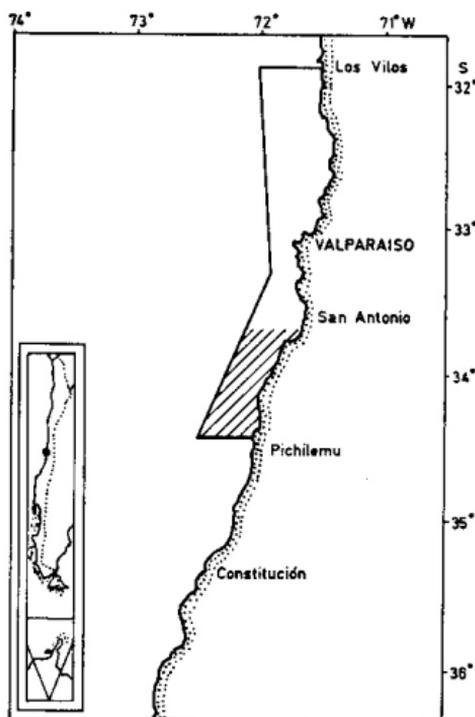


Fig. 1. Área de la costa central de Chile afectada por el fenómeno de marea roja registrado en marzo de 1975. El achurado indica la zona en que el fenómeno alcanzó mayor intensidad.

la taxonomía, morfología, distribución y ecología de este ciliado por el excelente trabajo de Taylor et al. (1971), quienes hacen la primera descripción de la ultraestructura de *M. rubrum* y una completa revisión de su taxonomía y de su distribución mundial en relación con mareas rojas no tóxicas.

Mareas rojas causadas por ciliados han sido citadas para el área de la Corriente de Humboldt por Darwin (1839) en la costa de Chile frente a Concepción, y un grado al sur de Valparaíso a 50 millas de la costa; por Avaria (1970) en la bahía de Valparaíso; por Ryther (1967) a 100 millas de la costa del Perú, entre Punta Agujas y Cabo Blanco; por Barber et al. (1969) a 90 y 60 millas de la costa del Ecuador entre 29°34'S y 29°35'S, y por Jiménez (1974) en el Golfo de Guayaquil. En la costa de Chile se han detectado además mareas rojas causadas por ciliados, en la zona austral cerca de Punta Arenas (comunicación personal Biól. I. Campodónico).

El objetivo del presente trabajo es contribuir al conocimiento de los fenómenos de discoloración del mar provocados por ciliados, identificando al microorganismo causante, estudiando las alteraciones producidas en la estructura de las poblaciones de fitoplancton de la bahía de Valparaíso asociadas a la discoloración, y analizando las fluctuaciones de los parámetros abióticos del agua y los factores climáticos controlados durante la evolución de fenómeno.

METODOS DE TRABAJO

Horas después de delimitado el fenómeno por observaciones aéreas, se realizó una estación bio-oceanográfica en la mancha más cercana a Valparaíso, a la cuadra de Laguna Verde (33°03'S; 71°42'W) con el objeto de identificar al organismo causante del fenómeno y controlar las condiciones oceanográficas imperantes en el momento. Desde el 12 de marzo al 7 de abril, periodo en que se observó el fenómeno en la bahía de Valparaíso, se obtuvieron muestras periódicas de fitoplancton para análisis cualitativos, mediante arrastres horizontales y verticales de red, y muestras de agua colectadas con botellas no tóxicas Van Dorn para análisis cuantitativos y determinaciones de clorofila "a", oxígeno y nutrientes. Además se efectuaron mediciones de temperatura y de penetración de luz.

El análisis cualitativo de fitoplancton se hizo según el procedimiento descrito por Avaria (1965), y el análisis cuantitativo por el método de Utermöhl (1958) con ciertas adaptaciones para el fitoplancton de la bahía de Valparaíso descritas por Avaria (1975). Las determinaciones de clorofila "a", oxígeno y fosfatos se efectuaron según técnicas descritas por Strickland and Parsons (1968).

RESULTADOS

El organismo causante del fenómeno fue el protozoo ciliado no tóxico *Mesodinium rubrum* (Lohmann). Asociado al protozoo se encontró, en las muestras de Laguna Verde, una numerosa población de diatomeas dominada por *Thalassiosira aestivalis*, *Schroederella delicatula* fase *schroederi*, *Lauderia borealis*, *Nitzschia seriata* y los dinoflagelados *Peridinium pellucidum*, *P. conicum*, *P. claudicans*, *Ceratium declinatum* y *C. furca*. Salvo la presencia de *Mesodinium*, no se detectaron anomalías en la estructura de las poblaciones del fitoplancton con respecto a lo observado en años anteriores. (Avaria, 1971; Avaria y Orellana, 1975).

Las variables abióticas controladas en la estación de Laguna Verde fueron: temperatura 13.6° C, salinidad 34.3‰, oxígeno 6.5 ml/l y fosfatos 0.84 µg-gr. P/l. La biomasa fitoplanctónica, estimada en concentración de pigmentos, fue de 2.26 mg.cl "a"/m³.

El mismo día 11 de marzo se observó en la bahía de Valparaíso un fitoplancton normal con predominio de diatomeas y escasos dinoflagelados; su composición fue muy similar a las muestras de Laguna Verde, de las cuales difería por la ausencia de *Mesodinium* y menor cantidad de dinoflagelados. Los valores de las variables abióticas son muy similares a los de Laguna Verde, como se aprecia en la tabla 1.

El 12 de marzo, fecha de aparición de las manchas rojas en Valparaíso,

se observó un cambio en la estructura de las poblaciones de fitoplancton. Aunque continuó el predominio de diatomeas, se observó un incremento importante de los dinoflagelados y la presencia de *M. rubrum* en concentraciones moderadas, constituyendo el 6% del total del fitoplancton.

Desde el 12 de marzo al 7 de abril se observaron oscilaciones en la intensidad del fenómeno acentuándose las condiciones antes mencionadas el 18 y 19 de marzo, días en que la marea roja alcanzó su máxima intensidad en la bahía. Durante todo el período, la dominancia de diatomeas fue sustituida al principio por la de dinoflagelados del género *Peridinium*, y más tarde por *Ceratium*. Las especies pequeñas de diatomeas dominantes el 11 de marzo, al avanzar el período se entremezclan con especies mayores, tales como *E. cornuta*, *Rh. imbricata* y *D. mediterraneus*. Esta situación se mantiene hasta principios de abril en que la abundancia de *M. rubrum* comienza a declinar y los dinoflagelados nuevamente son reemplazados por especies pequeñas de diatomeas, con dominancia de *N. seriata*, observándose el 7 de abril un fitoplancton normal para la época del año con absoluta dominancia de diatomeas y ausencia de dinoflagelados y otros grupos (tabla 2).

La concentración de *M. rubrum* osciló entre 67.000 cel/l el 12 de marzo a 5 metros de profundidad, y 790.000 cel/l el 19 de marzo a 3 metros, constituyendo el 6% y el 88%, respectivamente del total del fitoplancton. La máxima densidad se detectó siempre en los primeros 3 metros de profundidad (tabla 3). El incremento cuantitativo de *M. rubrum* estuvo asociado con un aumento moderado de la concentración de dinoflagelados y una caída brusca de las poblaciones de diatomeas (fig. 2). De acuerdo con la relación que hace Mc Alice (1968) entre la intensidad de la discoloración y la concentración del ciliado, la marea roja observada en Valparaíso corresponde a una discoloración moderada.

El análisis de los parámetros abióticos controlados indica que las mayores concentraciones de *M. rubrum* están asociadas con un incremento de la temperatura del agua, alto contenido de clorofila "a", elevada producción de oxígeno y consumo moderado de fosfato (tabla 4, fig. 2).

Con el objeto de establecer la posible influencia de factores climáticos en la evolución del fenómeno observado, se efectuó un análisis de vientos, radiación solar e insolación durante el período comprendido entre el 1º de marzo y el 15 de abril de 1975 en base a datos proporcionados por el Laboratorio de Energía Solar de la Universidad Técnica Federico Santa María de Valparaíso.

El análisis de vientos para marzo de 1975 (fig. 3) se hizo sobre la base de 3 observaciones diarias, a las 08.00, 14.00 y 18.00 horas efectuadas desde el observatorio situado a 70 metros sobre el nivel del mar a orillas de la bahía de Valparaíso. Las condiciones de vientos en marzo de 1975 se resumen en la tabla 5. Considerando la importancia que tienen los vientos del S-SW y N-NW sobre las condiciones hidrológicas y en el comportamiento del fitoplancton de la bahía (Pizarro, 1973), se hizo un análisis comparativo de esos

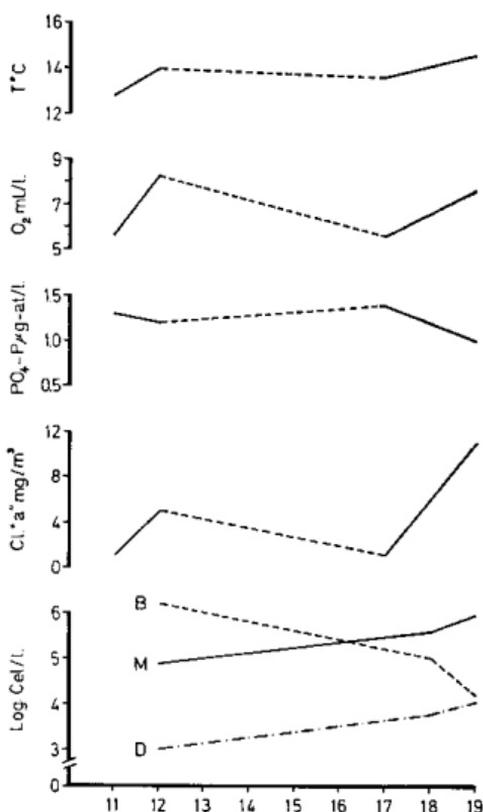


Fig. 2. Variaciones cuantitativas de *Mesodinium rubrum* (M), diatomeas (B) y dinoflagelados (D) en la bahía de Valparaíso durante la evolución del fenómeno y su relación con los parámetros abióticos controlados los días previos y en los días de máxima intensidad de discoloración del agua.

vientos en marzo de 1975 con los del mismo mes correspondientes al período 1962-70 (tabla 6), utilizando la información de Reyes y Romero (Estudio climatológico de la bahía de Valparaíso, in litteris).

Los resultados indican que en marzo de 1975 hubo un aumento de la frecuencia e intensidad de los vientos del cuadrante IV y una disminución de los vientos del cuadrante III en relación con años anteriores. Este hecho, que no es característico del mes de marzo, favorece la estabilidad vertical del agua, creando condiciones propicias para el desarrollo del ciliado causante de la discoloración.

El análisis diario de vientos en base a seis observaciones efectuadas cada dos horas entre las 0.800 y 18.00 horas, indica que los períodos de calma y vientos suaves preceden a los días en que se detectaron las más altas concentraciones de *Mesodinium* en el plancton de la bahía (fig. 4). La discolora-

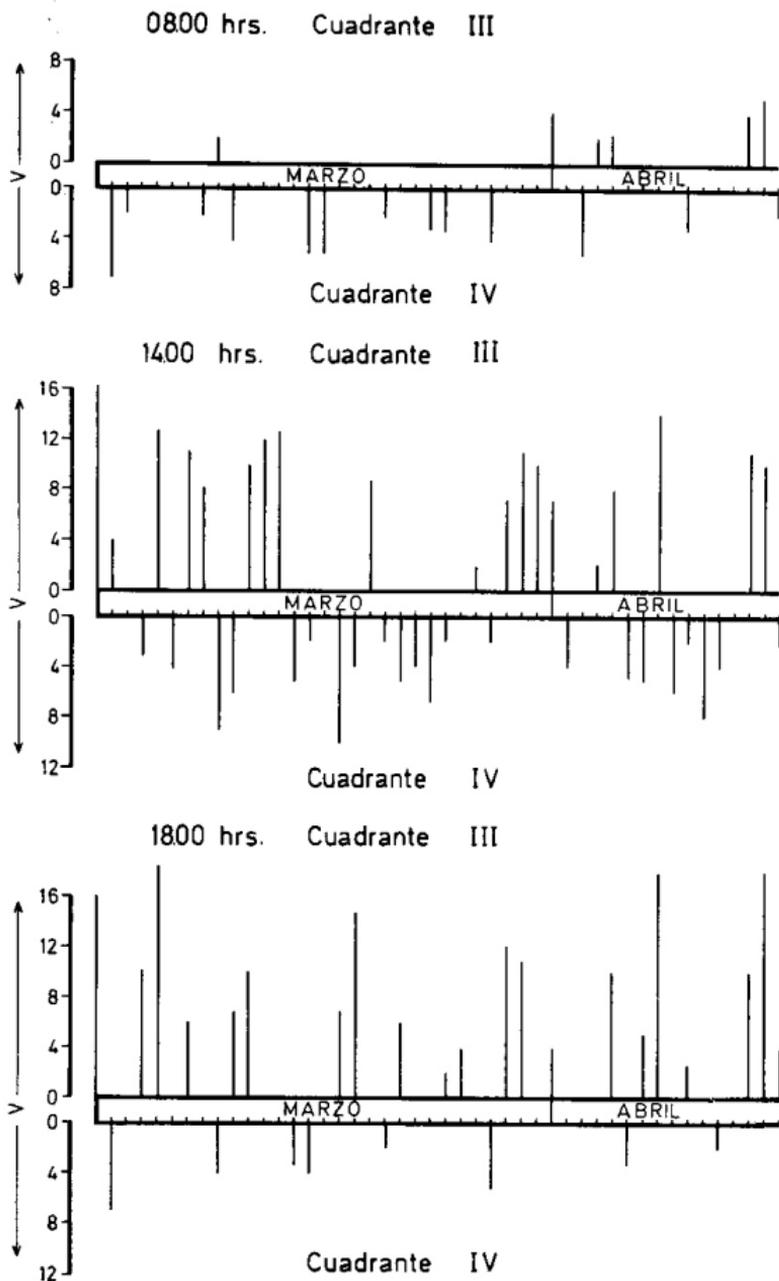


Fig. 3. Variación de los vientos en Valparaíso desde el 1º de marzo al 15 de abril de 1975 a la 08.00, 14.00 y 18.00 hrs. Velocidad en nudos.

ción del 12 del marzo estuvo precedida de 7 días de calma o de vientos muy suaves, y su desaparición coincidió con la acción persistente de vientos del S-SW los días 12 y 13 de marzo. Las calmas del 14 al 17 preceden la discoloración de los días 18 y 19 de marzo, y su desaparición coincide con los vientos del SW que soplaron el 19 en la tarde. Un nuevo período de calma favorecería la última discoloración observada el 2 de abril, la cual desaparece con el inicio de un prolongado período de vientos del tercer cuadrante que soplaron con suficiente intensidad para provocar una ruptura en la estabilidad de la columna de agua, con lo que desaparece definitivamente *Mesodinium* del plancton de la bahía.

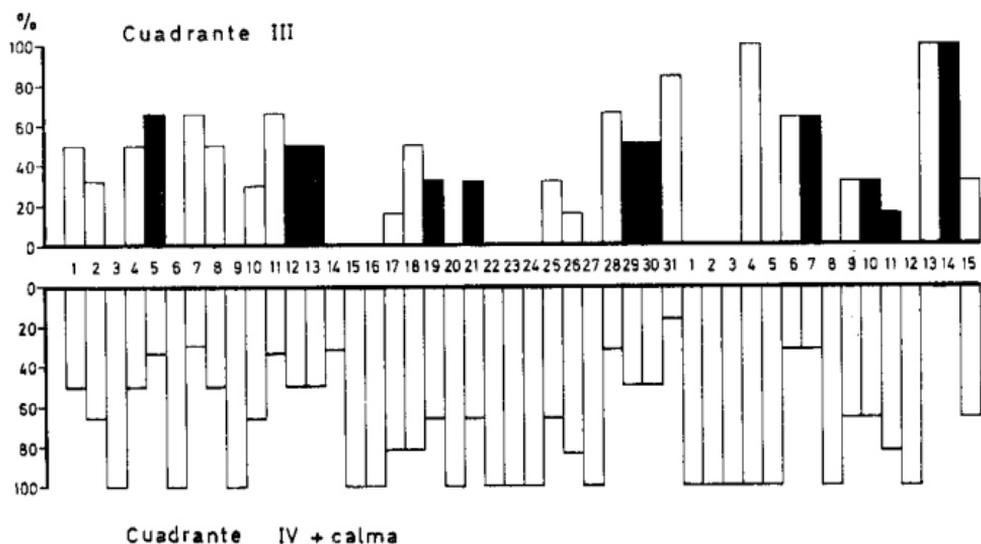


Fig. 4. Promedios diarios de frecuencia de vientos del cuadrante III (arriba) y de calmas y vientos del cuadrante IV (abajo) en Valparaíso desde el 19 de marzo al 15 de abril de 1975. Las barras negras indican promedios diarios de velocidad superiores a 10 nudos.

Los análisis de radiación solar sobre la base de promedios diarios de radiación expresados en cal/cm² día y de la insolación medida en horas efectivas de sol diarias, desde el 19 de marzo hasta el 15 de abril, indican que dicho período se caracterizó por una fuerte insolación con un 65% de días despejados (fig. 5). El promedio mensual de radiación en marzo de 1975 fue de 355.8 Langley/día, el cual no difiere mayormente del promedio del mismo mes para el período 1962-70, que es de 359.7 Langley/día, (Reyes y Romero, *in litteris*).

La aparición del fenómeno en la bahía estuvo precedida de un período de 7 días de fuerte insolación con valores diarios superiores a 11 horas de sol y un promedio de radiación de 440 Langley/día. No se observó la misma relación con respecto a la segunda discoloración que estuvo precedida por

días nublados, aunque ésta coincidió con tres días de insolación intensa. La discoloración del 2 de abril fue precedida de cinco días de insolación con valores entre 7.2 y 10 horas de sol diaria y un promedio de radiación de 371 Langley/día.

A partir del 2 de abril y hasta el 15 del mismo mes disminuyeron notablemente los promedios diarios de radiación, con un promedio de 261 Langley/día para dicho período.

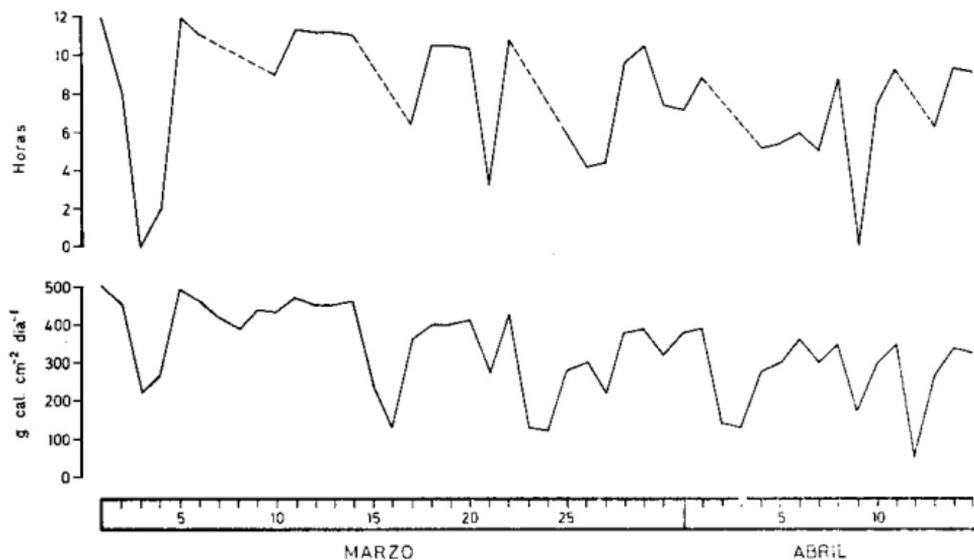


Fig. 5. Variaciones de radiación solar e insolación en Valparaíso desde el 1º de marzo al 15 de abril de 1975.

El análisis comparativo de las fluctuaciones de temperatura, oxígeno y fosfato durante marzo y abril de 1975 con respecto a los mismos meses de años anteriores, no indica alteraciones profundas en la hidrología de la bahía (Pizarro, 1976). La época en que el fenómeno alcanzó su mayor intensidad coincide con un calentamiento de la capa de agua de superficie a 30 metros de profundidad, un fuerte aumento del contenido de oxígeno y una baja moderada de los valores del fosfato entre superficie y 5 metros. Estas características se mantienen hasta la primera semana de abril en que la acción prolongada de vientos del S-SW de gran intensidad provocan una ruptura en la estabilidad de la columna, produciendo un posible afloramiento que se detecta claramente por un ascenso de la isoterma de 13°C, conjuntamente con un incremento de los valores de fosfatos y disminución de los valores de oxígeno en superficie (fig. 6).

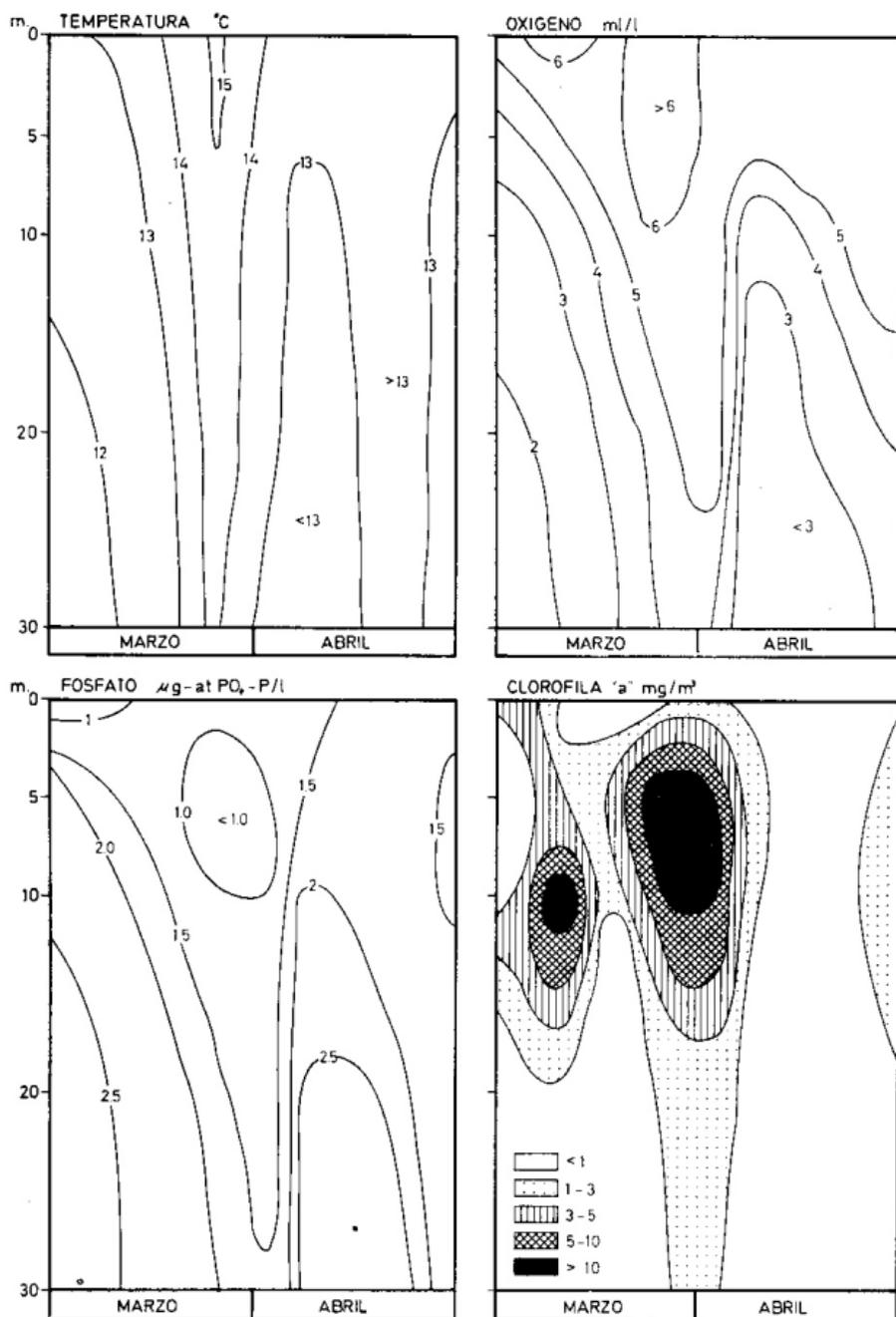


Fig. 6. Variaciones de la temperatura del agua y concentración de oxígeno, fosfato y clorofila "a" en la bahía de Valparaíso durante marzo y abril de 1975.

DISCUSION

La taxonomía de *Mesodinium rubrum* fue muy confusa hasta hace pocos años. Taylor et al. (1971) utilizando el microscopio electrónico, llegaron a la conclusión que *Cyclotrichium meunieri* Powers y *Mesodinium rubrum* (Lohmann) son taxones conespecíficos, y que inclusiones previas de la especie en el género *Cyclotrichium* Meunier son inapropiadas. Esta conclusión es reforzada por las investigaciones de Fenchel (1968), quien comparando su descripción con las de Lohmann (1908), Powers (1925) y Bary and Stuckey (1950), concluye que *C. meunieri* Powers, es idéntico a *M. rubrum* (Lohmann). Sin embargo, Taylor et al. (1971) sugieren reforzar la distinción entre los géneros *Mesodinium* Stein y *Cyclotrichium* Meunier, incluyendo en el primer género sólo aquellos taxones con cinturón ecuatorial de cilios y un círculo de cirros, sin ciliación somática ni macronúcleo circular único y que presenten constricción ecuatorial. En el mismo trabajo los autores clarifican la confusión taxonómica existente a nivel del género *Mesodinium* e incluyen una clave simple para la clasificación de sus diferentes especies.

En consideración a los antecedentes expuestos, hemos identificado como *Mesodinium rubrum* (Lohmann) la especie causante del fenómeno de marea roja descrito en este trabajo, la cual es idéntica con la especie causante de un fenómeno semejante registrado en 1968 en la bahía de Valparaíso, que fue identificada como *Cyclotrichium meunieri* Powers (Avaria, 1970).

Según Taylor et al. (1971) la amplia distribución geográfica de *M. rubrum* quede ser separada en dos tipos principales: una extremadamente nerítica en el interior de bahías y fiordos, y otra más oceánica, invariablemente asociada con aguas surgentes. Esta última correspondería al fenómeno analizado en el presente trabajo, si consideramos la extensión de la marea roja y la alta probabilidad de surgencias en esa área en la época del año.

Los resultados obtenidos en relación a la distribución vertical de la concentración de células de *M. rubrum*, coinciden con los de otros autores, los cuales han observado las máximas concentraciones muy cerca de superficie. (Fonds and Eisma, 1967; Taylor et al. 1971; Fenchel, 1968).

Aún cuando no es posible obtener conclusiones sobre la influencia de factores climáticos en la evolución del fenómeno en la bahía de Valparaíso, es interesante destacar ciertos hechos que parecen ser comunes a la mayor parte de las proliferaciones de *M. rubrum* registradas en otros lugares del mundo, tales son: la relación existente entre la marea roja con tiempo calmo y caluroso (Bary and Stuckey, 1950; Clemens, 1935; Powers, 1932, y Fenchel, 1968), y su ocurrencia a fines de verano y principio de otoño en los mares templados (Fenchel, 1968 y otros autores). Los fenómenos observados en la bahía de Valparaíso en 1968 y 1975, se registraron a fines del verano, en el mes de marzo, y estuvieron asociados con tiempo calmo e intensa radiación solar. El registrado por Darwin en 1835, también ocurrió en marzo y estuvo precedido de tiempo calmo.

La influencia de los vientos sobre el fenómeno no es bien clara, pero se presume que la estabilidad vertical del agua es un factor importante en el desarrollo de una marea roja. Pizarro (1976) ha demostrado que la acción de los vientos fuertes del tercer cuadrante en la zona de Valparaíso provoca rupturas en la estabilidad de la columna de agua, por lo que debiera existir una correlación negativa entre vientos del S-SW y las proliferaciones de *Mesodinium*. Este hecho se observó durante la evolución del fenómeno; no obstante, la reaparición de éste al cesar la acción del viento, la debilidad de los mismos y la estructura de las poblaciones del fitoplancton, estarían indicando que los vientos no afectaron la estabilidad vertical del agua y las coincidencias observadas entre los vientos y la desaparición de la discoloración puede ser explicada, en este caso, por la dispersión de los organismos concentrados en la superficie debido a la acción de los vientos sobre la capa superficial del agua.

La sucesión de especies de fitoplancton observada, con un reemplazo de poblaciones de diatomeas pequeñas por diatomeas grandes al principio, y por dinoflagelados y diatomeas del género *Dactyliosolen* más tarde, reforzaria la idea que la estabilidad de la columna de agua se mantuvo alta durante el período de presencia de *M. rubrum* en el plancton de la bahía.

Los altos valores de clorofila "a" y oxígeno registrados durante los florecimientos de *Mesodinium* confirman las observaciones de otros autores (Fonds and Eisma, 1967; Fenchel, 1968; Jiménez, 1974 y otros), indicando la condición de organismo fotosintetizador del ciliado.

El análisis de algunos parámetros abióticos del agua señala que las máximas concentraciones de organismos coinciden con temperaturas sobre 14°C, alto contenido de oxígeno y una baja moderada de fosfato en la superficie. Debido a lo escaso de nuestras observaciones no es posible obtener conclusiones definitivas al respecto, más aún, si consideramos que Vaas (1968) en base a datos obtenidos durante cuatro años en aguas de Holanda, ha descartado la temperatura, salinidad y fosfato como factores causantes de proliferaciones de *Mesodinium*.

Por otra parte, debido a su carácter cosmopolita, la especie demuestra amplia tolerancia a cambios lentos de las condiciones del medio; aunque según Taylor et al. (1971), *M. rubrum* es muy susceptible a los cambios bruscos de temperatura y salinidad, probablemente debido a la delicada película ciliar y gran vacuolización del citoplasma. Esto coincide con las observaciones efectuadas en Valparaíso en que en los dos casos de marea roja registrados, la desaparición del fenómeno se relaciona con caídas bruscas de la temperatura en superficie.

De acuerdo con los resultados obtenidos y las acotaciones hechas sobre ellos, es dable pensar que el fenómeno registrado en la bahía de Valparaíso se originó en una intensa discoloración del agua causada por *Mesodinium rubrum*, a principios de marzo, en la zona comprendida entre Pichilemu y la desembocadura de Rapel, asociada a un posible fenómeno de surgencia. El desplazamiento hacia el norte de la masa de agua conteniendo el ciliado, intro-

dujo éste en la bahía de Valparaíso, donde se multiplicó aceleradamente por características climáticas apropiadas y condiciones hidrológicas particulares del agua.

Un régimen anormal de vientos para la época del año, con predominancia de calmas y vientos del norte con respecto a vientos del S-SW y una intensa radiación solar, favorecieron la estabilidad vertical del agua por un tiempo relativamente largo, creando las condiciones propicias para la permanencia prolongada, en gran concentración, de *M. rubrum* en el plancton de la bahía.

Los vientos del tercer cuadrante, que provocan rupturas de la estabilidad vertical creando condiciones adversas para la proliferación de *M. rubrum*, en este caso lo favorecieron, ya que no alcanzaron la frecuencia e intensidad suficiente para romper la estabilidad de la columna de agua; su acción se limitó sólo a un despeje del cielo de nubes, permitiendo una buena insolación con tiempo calmo, factores que favorecen los fenómenos de marea roja en zonas neríticas.

La desaparición del fenómeno se debería a un aumento en la frecuencia e intensidad de los vientos del S-SW a principios de abril, cuya acción, sumada a una disminución en la estabilidad de la columna de agua por el enfriamiento normal de la capa superficial durante otoño e invierno, provoca la ruptura de la estabilidad vertical con aportes de nutrientes a la zona eufótica. Ello creó condiciones adecuadas para un crecimiento explosivo de diatomeas que reemplazan a los dinoflagelados y *M. rubrum*, haciéndolos desaparecer del plancton, recuperándose así la estructura normal del fitoplancton de la bahía para la época del año, la cual se caracteriza por una amplia dominancia de diatomeas sobre los demás grupos constituyentes.

Nuevos estudios sobre futuros fenómenos de marea roja causados por ciliados que se produzcan en la bahía de Valparaíso, permitirán retorar o modificar la explicación antes expuesta sobre las causas y evolución de este tipo de fenómenos. Aún cuando no existen evidencias de daños en la fauna marina por mareas rojas causados por ciliados, es interesante continuar las investigaciones sobre dicho fenómeno a fin de obtener mayores conocimientos sobre la biología de este ciliado y el rol que juega en el ecosistema.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se registra la ocurrencia de un fenómeno de marea roja causada por el protozoo ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohmann), en marzo de 1975, en la costa central de Chile, entre 31°53'S y 34°23'S hasta 25 millas mar afuera. Se estudia la evolución del fenómeno en la bahía de Valparaíso desde el 12 de marzo al 2 de abril, período que coincidió con una disminución en la frecuencia e intensidad de los vientos del sector S-SW y aumento de los vientos del sector N-NW, intensa radiación solar y estabilidad vertical del agua. La concentración de *M. rubrum* oscila entre 67.000 cél/l y 790.000 cél/l con un 6% y 88% del total del fitoplancton. Su incremento va asociado a un au-

mento moderado de las poblaciones de dinoflagelados y caída brusca de las poblaciones de diatomeas. Las mayores concentraciones están relacionadas con altos valores de clorofila "a", elevada producción de oxígeno, consumo moderado de fosfato e incremento de la temperatura del agua. La desaparición del fenómeno tiene relación con un cambio de las condiciones hidrológicas debido a una mezcla vertical de la columna de agua que se produce en la primera semana de abril.

AGRADECIMIENTOS. Dejo constancia de mi reconocimiento al Comité Oceanográfico Nacional y a la Dirección del Litoral y Marina Mercante por la efectividad del apoyo requerido en la investigación realizada, y al Comandante del ATF "Aldea" por las excelentes facilidades de trabajo otorgadas a bordo. Agradezco a la Srta. María Angélica Soto, quien tuvo a su cargo los análisis químicos, y a los Srs. Gabriel Osorio y Patricio Urrutia del Laboratorio de Energía Solar de la Universidad Técnica F. Santa María, quienes proporcionaron datos de vientos, radiación solar e insolación. En forma especial debo agradecer a la Sra. Isabel Guajardo, Técnico del Laboratorio de Fitoplancton, por su valiosa ayuda en el análisis de muestras biológicas y procesamiento de datos.

LITERATURA CITADA

- AVARIA, S. Diatomeas y Silicoflagelados de la Bahía de Valparaíso. *Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile*, 12: 61-119. 1965
- AVARIA, S. Observación de un fenómeno de marea roja en la bahía de Valparaíso. *Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile*, 14 (1): 1-5. 1970
- AVARIA, S. Variaciones mensuales del fitoplancton de la bahía de Valparaíso, entre Julio de 1971 1963 y Julio de 1966. *Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile*, 14 (3): 15-43. 1963
- AVARIA, S. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. II Fitoplancton 1975 1970-71. *Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile*, 15 (2): 131-148. 1975
- AVARIA, S. y E. ORELLANA. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. III. 1975 Fitoplancton 1972-1973. *Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile*, 15 (3): 207-226. 1975
- BARBER, R. T., A. W. WHITE and H. W. SIEGELMAN. Evidence for a cryptomonad symbiont 1969 in the ciliate, *Cyclotrichium meunieri*. *J. Phycol.*, 5: 86-88. 1969
- BARY, B. MCK., and R. G. STUCKEY. An occurrence in Wellington Harbour of *Cyclotrichium 1950 meunieri* POWERS, a ciliate causing red water, with some addition to its morphology. *Trans. Roy. Soc. N. Z.*, 78: 86-92. 1950
- CLEMENS, W. A. Red water bloom in British Columbia waters. *Nature (London)*, 152: 473. 1935
- DARWIN, C. Journal of researches into the geology and natural history of the various coun- 1839 tries visited by H. M. S. Beagle under the command of Captain Fitzroy, R. N. from 1832 to 1836. 615 p. 16 pl. Henry Colburn, London. 1839
- FENCHEL, T. On "red water" in the Isefjord (inner Danish waters) caused by the ciliate 1968 *Mesodinium rubrum*. *Ophelia*, 5: 245-253. 1968
- FONDS, M. and D. EISMA. Upwelling water as a possible cause of red plankton bloom along 1967 the Dutch coast. *Neth. J. Sea Res.*, 3: 458-463. 1967

- HART, T. J. Darwin and "water-bloom" *Nature (London)*, 152: 661-662.
1943
- JIMÉNEZ, R. Marea Roja, debida a un ciliado en El Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Bol. Inst.*
1974 *Oc. Armada CM-BIO-2-74*: 1-11.
- LÖHMANN, H. Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an
1908 Plankton. *Wiss. Meeresuntersuch.*, 10: 129-370.
- MC ALICE, B. J. An occurrence of ciliate red water in the Gulf of Maine. *J. Fish. Res. Bd.*
1968 *Canada*, 25: 1749-1751.
- PIZARRO, M. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaiso. I. La tempera-
1973 tura superficial y la radiación solar. *Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile*, 16
(1): 77-105.
- PIZARRO, M. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaiso, IV. Condiciones
1976 físicas y químicas del ambiente. *Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile*, 16
(1): 35-67.
- POWERS, P. B. A. *Cyclotrichium meunieri* sp. nov. (Protozoa, Ciliata): Cause of red water
1982 in the Gulf of Maine. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole*, 63: 74-80.
- RYTHER, J. H. Occurrence of red water off Perú. *Nature (London)* 214: 1318-1319.
1967
- STRICKLAND, J. D. H. and T. R. PARSONS. A practical handbook of sea water analysis. *Fish.*
1968 *Res. Bd. Canada Bull.*, 167: 1-311.
- TAYLOR, F. J. R., D. J. BLACKBOURN and J. BLACKBOURN. The red-water ciliate *Mesodinium*
1971 *rubrum* and its "incomplete symbionts": a review including new ultrastructural
observation. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 28: 391-407.
- UFERMOHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int.*
1958 *Ver. Limnol.*, 9: 1-38.
- VAA8, K. F. Annual report, Division of Delta Research, Hydrobiological Institute of the Ro-
1968 yal Netherlands Academy of Sciences for 1967. IV. Plankton. A. Veerse Meer.
Neth. J. Sea Res. 4: 274-276

Manuscrito recibido en junio de 1976 y aceptado para su publicación en octubre de 1976.

Tabla 1. Valores de clorofila "a" y parámetros abióticos controlados el 11 de marzo en Laguna Verde y Valparaiso.

Estación	Cl. "a" mg/m ³	Temp. °C	Salinidad o/oo	Oxígeno ml/l	Fosfato u at-gr P/l.
Lag. Verde	2.26	13.6	34.3	6.5	0.84
Valparaiso	2.10	13.1	34.3	6.2	0.90

Tabla 2. Composición del fitoplancton de la bahía de Valparaíso en marzo y abril de 1975. E = escasa; M = muy abundante; A = abundante; D = dominante.

	MARZO						ABRIL			
	11	12	17	18	19	25	2	7	24	29
DIATOMÉAS										
<i>Thalassiosira nestivalis</i>										
<i>Schroederella delicatula</i>	D	M	D	E	E	E	.	.	.	E
<i>Nitzschia seriata</i>	M	M	E	.	.	.	.	.	E	E
<i>Lauderia borealis</i>	M	D	A	E	E	A	A	D	D	D
<i>Skeletonema costatum</i>	M	M	E	.	.	.	.	.	.	.
<i>Leptocylindrus danicus</i>	A	A	E	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eucampia cornuta</i>	E	E	E	.	.	.	.	E	A	A
<i>Rhizosolenia alata</i>	.	E	E	.	.	.	.	.	.	F
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	.	.	.	E	.	.	.	.	E	E
<i>Rhizosolenia setigera</i>	.	E	.	E	.	.	.	E	E	.
<i>Dactyliosolen mediterraneus</i>	.	E	.	E	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros compressus</i>	.	.	.	E	A	.	E	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	.	A	M	E
DINOFLAGELADOS										
<i>Peridinium claudicans</i>	E	A	E	.	.	E	M	.	.	E
<i>Peridinium conicum</i>	.	E	E	E	E	E	M	.	.	E
<i>Peridinium pellucidum</i>	E	A	E	E	E	E	M	.	E	E
<i>Ceratium furca</i>	E	E	E	M	A	A	A	.	.	E
<i>Ceratium declinatum</i>	.	.	.	.	F	E	A	.	E	A
<i>Ceratium fusus</i>	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.
<i>Diplopsalis minor</i>	.	.	.	.	A	.	A	.	E	.
<i>Dinophysis acuminata</i>	.	.	E	.	.	.	.	.	.	E
<i>Polykrikos sp.</i>	.	.	E	.	.	.	.	.	.	.
CILIADOS										
<i>Mesodinium rubrum</i>	.	M	A	D	D	A	D	E	.	.

Tabla 3. Valores de la densidad del fitoplancton y de las poblaciones de diatomeas, dinoflagelados y *M. rubrum*, en células por litro, en los días de registro de marca roja en la bahía de Valparaíso. Se indica el porcentaje de *M. rubrum* con respecto al total del fitoplancton.

Fecha	Prof. m.	Fitoplancton	Diatomeas	Dinoflagelados	<i>M. rubrum</i>	<i>M. rubrum</i> %
12/3/75	0	1.798.5	1.682.0	1.0	115.4	6
	5	1.546.1	1.479.0	1.0	67.1	4
18/3/75	0	562.6	96.4	6.6	459.6	81
19/3/75	0	581.4	21.4	52.4	507.6	87
	3	903.2	17.5	95.0	790.7	88
	5	260.1	26.8	12.2	221.1	85

Tabla 4. Relación entre valores de concentración de *M. rubrum*, clorofila "a" y parámetros abióticos de los días 12 y 19 de marzo.

Fecha	Prof. m.	<i>M. rubrum</i> cél/l.	Cl "a" mg/m ³	Temp. °C	Oxígeno ml/l.	Fosfato u at-gr P/l
12/3/75	0	115.4	5.0	14.0	8.2	1.2
	5	67.1	3.8	13.9	7.6	0.9
12/3/75	0	507.6	—	14.5	7.6	0.9
	3	790.7	20.2	14.4	8.7	1.0
	5	221.1	1.7	14.2	6.9	1.0

Tabla 5. Promedio mensual de frecuencia (%) y velocidad (v = nudos) del viento a las 0800, 1400 y 1800 horas en marzo de 1975. C = calma.

		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
0800	%	35.4	0	3.2	3.2	3.2	3.2	0	0	54.8
	v	3.6	0	3.2	3.2	3.8	1.6	0	0	—
1400	%	32.2	0	0	0	22.6	25.8	0	12.9	6.5
	v	4.3	0	0	0	11.1	6.9	0	5.4	—
1800	%	12.9	3.2	3.2	16.1	35.4	9.7	6.5	3.2	6.5
	v	3.8	6.1	5.3	9.6	10.5	3.2	3.6	3.8	—

Tabla 6. Cuadro comparativo de los promedios mensuales de frecuencia (%) y velocidad (v = nudos) de vientos de los cuadrantes III y IV, en marzo de 1975 con los del mismo mes correspondiente al período 1962-70. Los vientos S y N se incluyen en los cuadrantes III y IV, respectivamente. C = calma.

<i>Hora</i>	<i>Viento</i>	<i>Marzo 1975</i>	<i>Marzo 1962-70</i>	
0800	III	%	6	21
		v	3	4
	IV	%	35	5
		v	4	2
		% C	55	54
		v	0	0
1400	III	%	48	65
		v	9	9
	IV	%	45	13
		v	5	3
		% C	7	7
		v	0	0
1800	III	%	45	66
		v	7	6
	IV	%	16	2
		v	3	1
		% C	7	17
		v	0	0