

"MAREA ROJA" EN LA BAHIA SAN JORGE, ANTOFAGASTA,
DURANTE SEPTIEMBRE Y OCTUBRE DE 1982.

Luis Rodríguez, Oscar Zárate y Enrique Oyarce*

ABSTRACT. "Red tide" in San Jorge Bay, Antofagasta, during September and October 1982.

A new red tide phenomenon occurring during September and October 1982 in San Jorge bay is described. The causative organisms *Prorocentrum micans* Ehrenberg and *Gonyaulax catenella* Whedon & Kofoid reached respectively a maximum concentrations of 381 cel/ml and 339 cel/ml during the appearance of the phenomenon. The associated taxa corresponded to diatoms and dinoflagellates in lower concentrations.

The disappearance of the outbreak coincided mainly with a change in the phytoplankton community structure characterized by a decrease in density and diversity of dinoflagellates and an increase in number and diversity of diatoms species.

The occurrence of red water was not associated with dead organisms or effects on the human population.

Key words: Red tide, phytoplankton, dinoflagellates, diatoms.

INTRODUCCION

En la bahía San Jorge se han producido cinco fenómenos de discoloración del agua de mar, causados por el protozoo ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohmann) Hamburger & Buddenbrock, con una concentración máxima de 174 cél/ml. También han sido citados dos fenómenos de marea roja causados por dinoflagelados: uno de ellos por *Gymnodinium splendens* Lebour con densidades entre 20 y 450 cél/ml y *Ceratium tripos* (O.F. Muller)

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

Nitzsch, con 60 cél/ml, y el otro, por *Ceratium fusus* (Ehrenberg) Dujardin con una concentración no determinada (Rodríguez 1985).

Desde el 11 de septiembre al 26 de octubre de 1982, se observó un nuevo fenómeno de marea roja en la bahía San Jorge, esta vez causado por la presencia de dos dinoflagelados: *Prorocentrum micans* Ehrenberg y *Gonyaulax catenella* Whedon & Kofoid.

El presente trabajo describe la evolución de dicho fenómeno, especialmente lo relacionado con las poblaciones fitoplanctónicas y algunos factores abióticos durante su crecimiento, concentración y posterior dispersión.

El dinoflagelado *Prorocentrum micans* ha sido citado en repetidas oportunidades como causante de fenómenos de marea roja en Chile, en concentraciones de 50 a 38.600 cél/ml (Manning 1957, Sylva 1962, Avaria & Muñoz 1982, Rodríguez 1966, 1976, 1978 y 1985, Lembeje & Campodónico 1984). *Gonyaulax catenella* ha sido citado como constituyente de fenómenos de discoloración, también en Chile, en Magallanes (Guzmán & Campodónico 1975, Lembeje 1981a) y Antofagasta (Rodríguez 1985).

MATERIALES Y METODOS

Se recolectaron diariamente 500 ml de agua de mar con un balde y se midió la temperatura, a las 8.30 y 17.00 horas, en una estación fija en la costa frente al Instituto de Investigaciones Oceanológicas (23°42'S; 70°26'W), bahía San Jorge, Antofagasta, entre el 20 de agosto y 29 de octubre de 1982 (Fig. 1).

Además, la Gobernación Marítima de Antofagasta puso a nuestra disposición, personal y una lancha patrullera para efectuar recolecciones de muestras bio-oceanográficas, los días 15 y 27 de octubre en presencia y ausencia del fenómeno en el área. Esta recolección de muestras se efectuó en tres transectas ubicadas frente a caleta Coloso, Baños Municipales y Puerto Artificial de Antofagasta, con un total de 9 estaciones desde 0.5 millas de la costa hasta 1.5 millas mar afuera. En cada estación se midió la temperatura superficial y se recolectaron muestras de agua con una botella Van Dorn de 3 l de

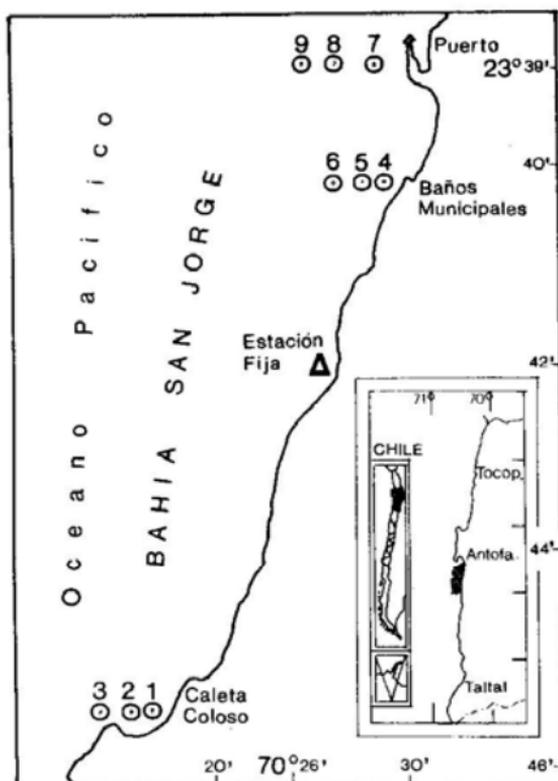


Fig. 1. Bahía San Jorge, Antofagasta, área afectada por la marea roja. Estación fija (Δ) donde se efectuaron las recolecciones diarias de fitoplancton y las estaciones bio-oceanográficas durante (15 de octubre de 1982) y después (27 de octubre de 1982) del fenómeno de discoloración.

capacidad en superficie y a las profundidades de 18% y 1% de extinción de la luz, determinadas mediante disco de Secchi. Las muestras recolectadas sirvieron para la identificación y recuento de las especies y las determinaciones superficiales de salinidad, oxígeno disuelto y concentraciones de fosfato y nitrato.

El oxígeno disuelto y los nutrientes fueron determinados mediante los métodos de Strickland & Parsons (1972) y la salinidad mediante un salinómetro de inducción Beckman RS-7B.

El análisis cualitativo del fitoplancton se efectuó siguiendo el método de Müller-Melchers & Ferrando (1956) y la

identificación de las especies mediante técnicas de microscopía fotónica, utilizando especialmente los trabajos de Wood (1954), Curl (1959), Avaria (1965), Hendey (1964), Rivera (1968), Saunders & Glenn (1969) y Steidinger & Williams (1970).

Para el análisis cuantitativo se empleó el método de Utermöhl (1958) que proporciona información sobre la abundancia y estado de sucesión de la comunidad fitoplanctónica. De cada muestra de agua proveniente de la estación fija y estaciones bio-oceanográficas, se extrajeron 60 ml, que se guardaron en frascos de vidrio herméticos tras añadir 3 gotas de reactivo de Utermöhl. Posteriormente, se dejó sedimentar el fitoplancton en cámaras tubulares de 10 y 25 ml por un tiempo mínimo de 24 horas. El recuento se realizó con ayuda de un ocular de fajas, barriendo tres franjas del fondo de las cámaras.

Además, de las muestras superficiales recolectadas después del fenómeno, el 27 de octubre, se extrajeron 500 ml de agua para determinar concentración de clorofila a. Estos volúmenes fueron puestos en frascos de plástico a baja temperatura mediante hielo, para su posterior tratamiento en el laboratorio según el método de Strickland & Parsons (op. cit.). No fue posible recolectar muestras para determinar clorofila a durante la presencia del fenómeno.

RESULTADOS

El 20 de agosto de 1982, en un análisis rutinario de fitoplancton efectuado en muestras de agua recolectadas en la estación fija en la bahía San Jorge, Antofagasta, fue detectada la presencia del dinoflagelado *Prorocentrum micans* Ehrenberg. Este dinoflagelado presentó los primeros días de septiembre una concentración inicial de 2 cél/ml alcanzando el 22 del mismo mes a 381 cél/ml, decreciendo posteriormente su densidad.

El 11 de septiembre fueron observadas por primera vez manchas rojas en dirección norte, paralelas a la costa, coincidiendo con mar calmo e intensa radiación solar. El fenómeno de marea roja cubrió una parte del sector sur de la bahía San Jorge y su desaparición fue difícil de precisar.

Las manchas rojas reaparecieron el 11 de octubre en iguales condiciones, en un área de aproximadamente 2 millas de ancho por 15 millas de largo, siendo esta vez dominante el dinoflagelado *Gonyaulax catenella* Whedon & Kofoid, el cual se presentó solitario o formando colonias de hasta cuatro individuos (Fig. 2). Ejemplares aislados y probables cistos ecdisícos, que corresponderían a un estado de reposo del organismo, de forma vesiculosa o subsferoidal, con paredes hialinas y resistentes producto de algún cambio o muda, habían sido detectados con anterioridad en muestras de agua provenientes de la estación fija en la costa durante septiembre.

Este dinoflagelado alcanzó en la estación fija una densidad máxima de 84 cél/ml, el día 14 de septiembre, disminuyendo el 26 de octubre a 4 cél/ml, cuando desaparecieron las manchas rojas (Tabla 1).

En el análisis efectuado en muestras de agua provenientes de la estación fija se identificaron 12 dinoflagelados, 11

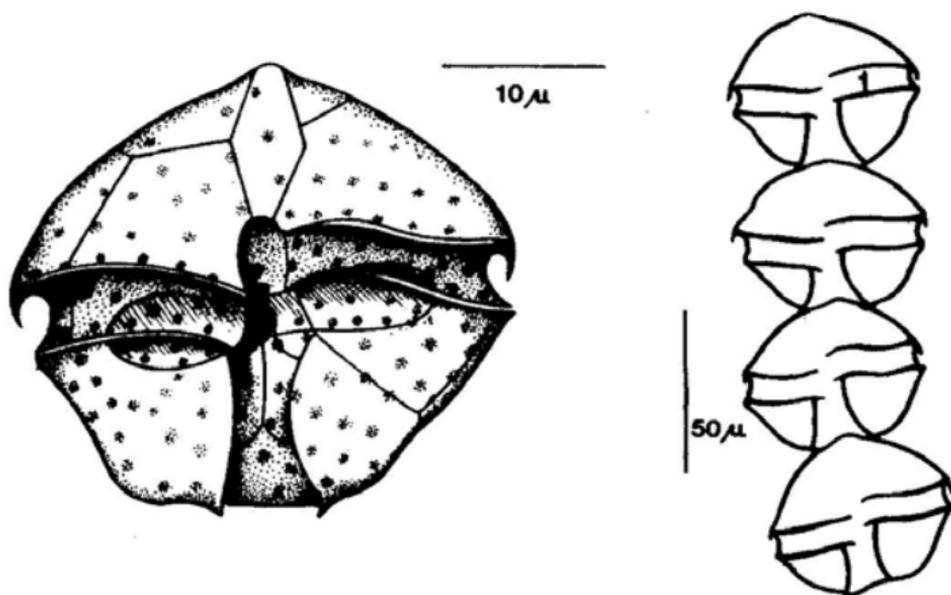


Fig. 2. *Gonyaulax catenella* y división celular produciendo una cadena de individuos.

diatomeas y un silicoflagelado, destacándose durante la presencia del fenómeno la dominancia de ambas especies de dinoflagelados causantes del fenómeno de marea roja.

Durante el período de estudio de las muestras provenientes de la estación fija, se pudo determinar que la especie más abundante fue la diatomea *Nitzschia seriata* Cleve, que alcanzó una concentración de 301 cél/ml (Tabla 1).

Los valores promedios máximos y mínimos de la temperatura superficial del mar observados durante la presencia de marea roja en la estación fija, fueron de 19,6°C y 15,3°C en septiembre, y en octubre, de 19,7°C y 16,4°C. En agosto, noviembre y diciembre el fenómeno de marea roja no estuvo presente (Fig. 3).

En las estaciones bio-oceanográficas durante el fenómeno de marea roja se constató un total de 11 especies de dinoflagelados y 8 especies de diatomeas, obteniéndose el valor de máxima densidad para las especies presentes (Tabla 2). El dinoflagelado *Gonyaulax catenella* fue la especie dominante en las muestras recolectadas durante el fenómeno de discoloración, observándose una concentración máxima en superficie de 339 cél/ml en la estación 1 (Tabla 3).

La temperatura superficial del mar (Tabla 4), osciló entre 18,0°C y 19,2°C durante la recolección de las muestras, esta última medición se obtuvo en el sector norte del área afectada por el fenómeno de marea roja. El oxígeno disuelto se presentó homogéneo en toda el área de recolección, con valores superficiales entre 7,68 ml O₂/l y 6,08 ml O₂/l.

La distribución del fosfato en superficie presentó un rango de variación entre 1,28 µg-at P/l en la estación 1 y 0,49 µg-at P/l en la estación 5. En general, se observa una disminución de la concentración de fosfato desde el sur hacia el norte, además se presenta una leve disminución de su gradiente hacia mar afuera en caleta Coloso, mientras que en el resto de las estaciones ocurre lo contrario.

El nitrato superficial presentó un valor máximo de 2,40 µg-at N/l en la estación 7, parte norte del área afectada por el fenómeno, decreciendo hacia el sur, con un valor mínimo de 0,57 µg-at N/l en la estación 1, en donde se observó un mayor número de manchas rojas. Los valores hacia mar afuera fueron variables.

Los valores de salinidad en superficie oscilaron entre 34,58‰ en la estación 1 y 34,94‰ en la estación 6.

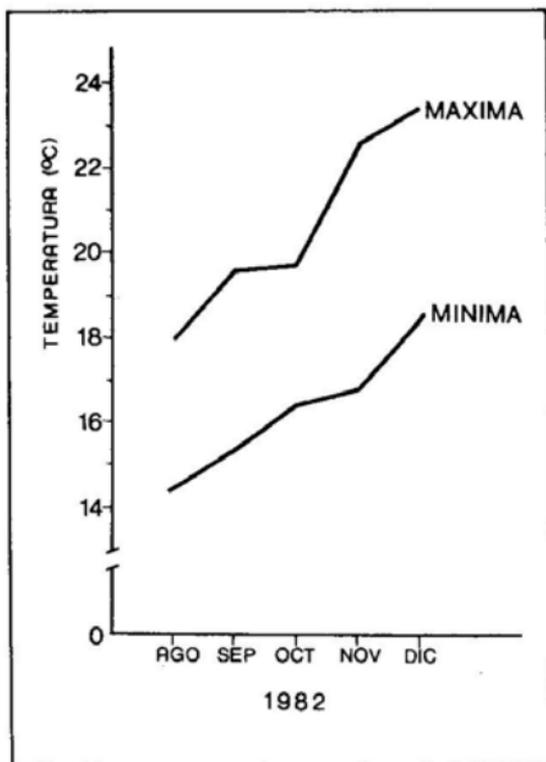


Fig. 3. Variación de la temperatura superficial en la estación fija.

En el análisis de las muestras recolectadas el 27 de octubre, cuando las manchas rojas desaparecieron del área, se determinó que los dinoflagelados disminuyeron en densidad, constatándose la presencia de 13 especies y además, se estableció un amplio dominio de las diatomeas con una alta densidad de las especies presentes, que alcanzaron a 26 en total (Tabla 5). La diatomea más abundante en las muestras fue *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, con una densidad máxima de 89 cél/ml (Tabla 5), mientras que el dinoflagelado *G. catenella* alcanzó una concentración máxima de 22 cél/ml a 6 m de profundidad en la estación 2 (Tabla 6).

La temperatura superficial del mar varió entre 15,6°C y 13,4°C, observándose los valores más altos en el norte de la bahía. El oxígeno disuelto en superficie presentó valores de 3,41 ml O₂/l en la estación 1, incrementando su valor hacia mar afuera y parte norte del área afectada. Los valores más bajos de oxígeno disuelto se encontraron próximos a la costa.

La distribución de fosfato en superficie mostró un descenso en sus valores de sur a norte, variando entre 1,37 µg-at P/l en la estación 1 y 0,76 µg-at P/l en la estación 9, además se observa un descenso de su gradiente desde la costa hacia mar afuera.

El nitrato superficial presentó una distribución con un mayor gradiente de concentración hacia el sur de la bahía, 7,22 µg-at N/l en la estación 1 y 0,31 µg-at N/l en la estación 9, además de un incremento de gradiente desde la costa hacia mar afuera.

Los valores superficiales de salinidad variaron entre 34,95‰ y 34,51‰, incrementándose desde la costa hacia mar afuera (Tabla 7).

Los valores de clorofila a en superficie obtenidos cuando la marea roja había desaparecido fueron los siguientes, expresados en mg/m³.

Caleta Coloso	St. 1	St. 2	St. 3
	3,2	4,2	14,4
Baños Municipales	St. 4	St. 5	St. 6
	5,9	6,9	3,2
Puerto Antofagasta	St. 7	St. 8	St. 9
	9,0	14,4	10,6

La transparencia del agua durante el fenómeno de marea roja tuvo un promedio de 7,1 metros determinada mediante la desaparición del disco de Secchi y cuando el fenómeno cesó fue de 6,0 metros.

El fenómeno de discoloración no causó mortandad de organismos marinos en el área afectada de la bahía y no produjo problemas a la salud en la población de Antofagasta, de acuerdo a información entregada por el Servicio Nacional de Salud y la Gobernación Marítima de Antofagasta.

DISCUSION

El análisis continuo que se ha realizado en el fitoplancton, basado en muestras diarias (8.30 y 17.00 horas) recolectadas en una estación fija, ha permitido conocer anticipadamente por primera vez, la formación de este fenómeno de discoloración en el área de Antofagasta, ya que las mareas rojas citadas con anterioridad por Rodríguez (1985) carecen de un estudio previo a su formación.

En la bahía San Jorge se han presentado seis fenómenos de marea roja causados por *P. micans*, de los cuales, tres han ocurrido durante la primavera, caracterizados por la presencia de manchones rojos, paralelos a la costa, en dirección sur a norte, abundante radiación solar y densidades máximas entre 50 y 120 cél/ml (Rodríguez 1985). Este nuevo fenómeno se presentó en condiciones semejantes y la densidad máxima en superficie de la especie fue de 381 cél/ml, registrada en la estación fija, el 22 de septiembre.

En las muestras bio-oceanográficas recolectadas el 15 y 27 de octubre se pudo establecer que *P. micans* tuvo una densidad de 7 y 9 cél/ml respectivamente, en presencia y ausencia del fenómeno de discoloración. Estas bajas densidades establecidas, se deben probablemente a que las muestras fueron recolectadas entre las 9.00 y 10.30 horas que no son las de mayor luminosidad, lo que además, confirmaría lo señalado por Avaria & Muñoz (1982), acerca de la migración vertical nictimeral para esta especie.

Además, la variación de densidad experimentada por *P. micans*, podría deberse a cambios de algunos factores ambien-

tales difíciles de precisar, tales como: temperatura superficial, estabilidad de la columna de agua, vientos y otros, junto a un probable efecto inhibidor generado por *G. catenella*, en la mitad del período que duró la marea roja, ya que esta última especie estuvo presente como componente principal hasta la desaparición del fenómeno. Los valores en superficie obtenidos para oxígeno disuelto, fosfato, nitrato, salinidad, transparencia del agua y clorofila *a*, son solamente referenciales, ya que no se dispone de este tipo de información para fenómenos ocurridos anteriormente en la bahía, lo cual nos impide discutir su efectiva incidencia en el fenómeno estudiado.

La segunda especie causante del fenómeno de marea roja, *G. catenella*, ha sido citada para la zona de Magallanes en dos oportunidades, siendo el fenómeno ocurrido en octubre de 1972 el primer registro para Chile de un fenómeno de marea roja tóxica (Guzmán & Campodónico 1975).

El dinoflagelado *G. catenella* ha causado fenómenos caracterizados por ausencia de coloración (Lembeye & Guzmán 1982) o bien por manchas rojizas subsuperficiales (Guzmán & Campodónico 1978) con una concentración máxima de 600 cél/ml y también en condición de cisto ecdísico de 4.000 a 28.940 células por ejemplar, esto último ha sido determinado en el tracto digestivo de cholga (*Aulacomya ater*). Las dos ocurrencias del fenómeno han causado la muerte de un total de 5 personas y la intoxicación de otras 24 (Guzmán & Campodónico 1975, Lembeye 1981a).

G. catenella se presentó por primera vez en la misma área de la bahía San Jorge, durante el verano de 1979-1980, causando un fenómeno de marea roja, que en los primeros días estuvo constituido por *P. micans* y posteriormente fue reemplazado por la primera especie antes mencionada, en concentraciones de 20 a 5.005 cél/ml, sin causar mortandad de organismos marinos o problemas de salud a la población de Antofagasta (Rodríguez 1985). Sin embargo, este nuevo fenómeno estudiado, se presentó en primavera y *P. micans* estuvo significativamente presente los primeros 14 días, siendo reemplazado posteriormente por *G. catenella*, que presentó en la estación fija una concentración máxima de 84 cél/ml durante la presencia del fenómeno y de 4 cél/ml al desaparecer éste del área. Mientras que, en las muestras bio-oceanográficas la densidad máxima de *G. catenella* fue de 339 cél/ml y 22 cél/ml respectivamente, en presencia y ausencia del fenómeno de discoloración. Los valores de 4 cél/ml y 22 cél/ml son los únicos que se tienen

cuando el fenómeno desapareció del área.

Las variaciones de concentración para especies fitoplanctónicas observadas en la estación fija y muestras bio-oceanográficas durante la presencia y ausencia del fenómeno podrían deberse especialmente a las diferentes condiciones en que estas últimas fueron tomadas y a las horas de recolección.

Por otra parte, la información relacionada con la composición del fitoplancton que precede, coincide o es posterior a un fenómeno de marea roja, es bastante escasa (Rodríguez 1985). Lembeye et al. (1975) señalan que esta información es reducida para el fitoplancton que precede o coincide con fenómenos de marea roja producidos por especies del género *Gonyaulax*. Lembeye et al. (op. cit.) señalan para Magallanes un fenómeno de marea roja causado por *G. catenella* que estuvo acompañado de la dominancia de dos diatomeas: *Thalassiosira aestivalis* Gran & Angst y *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, con valores de densidad de 117 y 11 cél/ml respectivamente. Mientras que, durante la presencia del fenómeno que se describe, estuvo presente *Nitzschia seriata* en una concentración de 301 cél/ml en la estación fija, siendo la especie más significativa.

La diversidad de especies identificadas en el fitoplancton proveniente de las muestras recolectadas en la estación fija, fue mayor que en las muestras bio-oceanográficas, en presencia del fenómeno, siendo dominantes en estas últimas *Eucampia zoodiacus* Ehrenberg (25 cél/ml) y *Skeletonema costatum* (24 cél/ml), junto a otras cinco especies de diatomeas y nueve dinoflagelados en menor concentración; esta variación se debe probablemente a las condiciones antes señaladas.

En las muestras bio-oceanográficas recolectadas después de la desaparición del fenómeno, fue dominante *Skeletonema costatum* (89 cél/ml) y menos significativas, 24 diatomeas y 11 dinoflagelados. Esta información es importante por cuanto corresponde a la composición posterior del fitoplancton una vez que el fenómeno de marea roja había desaparecido del área.

En base a la distribución de las concentraciones que presentó *G. catenella* desde la superficie hasta la profundidad de 1% de extinción de la luz durante el fenómeno, se confirma su distribución en manchones, mientras que su distribución posterior, cuando el fenómeno había desaparecido, podría indicar la probable destrucción o desintegración de los organismos que descienden definitivamente, ya que su máxima concentración

se encuentra a 6 m de profundidad.

Diversas variables abióticas han sido analizadas durante el fenómeno de marea roja, entre ellas la temperatura. En relación a este factor, máximas temperaturas superficiales han sido citadas para los dos fenómenos ocurridos en Magallanes (Guzmán & Lembeye 1975, Lembeye 1981b) causados por *G. catenella*, éstas fueron de 10,8°C y 11,4°C respectivamente; mientras que, para dos de las tres mareas rojas ocurridas en primavera, en la bahía San Jorge y causadas por *P. micans*, los máximos valores de temperatura superficial fueron de 17,7°C y 17,4°C, los cuales son bajos en comparación con los valores de 18,9°C y 19,2°C determinados en superficie durante la presencia de este nuevo fenómeno, en que participaron ambas especies.

CONCLUSIONES

Entre el 11 de septiembre y 26 de octubre de 1982 se registró un nuevo fenómeno de marea roja en la bahía San Jorge, causado por los dinoflagelados *P. micans* y *G. catenella*. En la estación fija, las concentraciones máximas fueron para ambas especies de 381 cél/ml y 84 cél/ml respectivamente, durante el fenómeno, mientras que al desaparecer éste, sus valores descendieron a 4 cél/ml o menos.

En las estaciones bio-oceanográficas durante el fenómeno de marea roja, *P. micans* alcanzó una concentración máxima de 7 cél/ml y *G. catenella* de 339 cél/ml, junto a dos diatomeas: *Eucampia zoodiacus* (25 cél/ml) y *Skeletonema costatum* (24 cél/ml). Cuando el fenómeno desapareció *S. costatum* fue la especie dominante con una concentración máxima de 89 cél/ml y los dinoflagelados *P. micans* y *G. catenella* descendieron a valores del orden de 9 cél/ml y 22 cél/ml respectivamente.

Durante el fenómeno, *P. micans* estuvo presente los primeros 14 días siendo reemplazado hasta el término del mismo por *G. catenella*; lo que coincidió con un cambio significativo en la concentración de *N. seriata*. Al término del fenómeno se observó un cambio en la estructura de la comunidad fitoplanctónica, caracterizado por un fuerte incremento y predominio de la diatomea *S. costatum*.

Los valores obtenidos del análisis de las variables abióticas controladas durante el fenómeno como temperatura superficial y oxígeno disuelto evidenciaron altos valores en superficie al compararlos con los obtenidos cuando la marea roja había desaparecido del área.

Los valores superficiales de nutrientes (fosfato y nitrato) fueron bajos durante el fenómeno en comparación con los obtenidos una vez que el fenómeno desapareció del lugar. Mientras que los valores superficiales de salinidad fueron semejantes durante la presencia y posterior desaparición del fenómeno.

AGRADECIMIENTOS. Dejamos constancia de nuestro reconocimiento al Biólogo Marino Sr. Sergio Avaria P. del Laboratorio de Fitoplancton del Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso, por su valiosa revisión crítica del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Avaria, S. 1965. Diatomeas y silicoflagelados de la bahía de Valparaíso. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 12 (1-3): 61-119.
- Avaria, S. & P. Muñoz. 1982. Primer registro de marea roja producida por dinoflagelados tecados en la bahía de Valparaíso, Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 18 (2): 101-115.
- 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.
- Guzmán, L. & I. Campodonico. 1975. Marea roja en la región de Magallanes. *Publicaciones del Instituto de la Patagonia. Serie Monografías, Punta Arenas, Chile*, Nº9, 44 pp.
- Guzmán, L. & I. Campodonico. 1978. Mareas rojas en Chile. *Interciencia*, 3 (3): 144-151.
- Guzmán, L. & G. Lembeye. 1975. Estudios sobre un florecimiento tóxico causado por *Gonyaulax catenella*. II. Algunas condiciones hidrográficas asociadas. *Anales del Instituto de la Patagonia, Punta Arenas, Chile*, 6 (1-2): 185-195.

- Hendey, I. 1964. An introductory account of the Smaller Algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms). Fishery Investigations, London, 4: 1-317.
- Lembeye, G.; Guzmán, L. & I. Campodonico. 1975. Estudio sobre un florecimiento tóxico causado por *Gonyaulax catenella* en Magallanes. III. Fitoplancton Asociado. Anales del Instituto de la Patagonia, Punta Arenas, Chile, 6 (1-2): 197-208.
- Lembeye, G. 1981a. Segunda aparición del veneno paralítico de los mariscos (V.P.M.) asociado a *Gonyaulax catenella*, en Magallanes (Chile), 1981. Anales del Instituto de la Patagonia, Punta Arenas, Chile, 12: 273-276.
- Lembeye, G. 1981b. Estructura del fitoplancton asociado a la presencia del veneno paralítico de los mariscos en el Seno Unión y áreas adyacentes (Magallanes, Chile, 1981). Anales del Instituto de la Patagonia, Punta Arenas, Chile, 12: 277-288.
- Lembeye, G. & I. Campodonico. 1984. First recorded bloom of the dinoflagellate *Prorocentrum micans* Ehr. in South-Central Chile. Botánica Marina, 27: 491-493.
- Lembeye, G. & L. Guzmán. 1982. ¿Qué son las Mareas Rojas? Publicaciones del Instituto de la Patagonia. Serie Divulgaciones Técnicas. Punta Arenas, Chile, Nº1, 12 pp.
- Manning, J.A. 1957. Summary of investigations on the pelagic fish survey of Chilean waters with special reference to the swordfish, marlins and tunas. University of Miami Marine Laboratory, Technical Reference, 57-4, 65 pp.
- Müller-Melchers, F. & H. Ferrando. 1956. Técnica para el estudio de las diatomeas. Boletim do Instituto Oceanográfico. Sao Paulo, 7 (1-2): 151-160.
- Rivera, P. 1968. Sinopsis de las diatomeas de la bahía de Concepción, Chile. Gayana, Botánica, 18: 1-112.
- Rodríguez, L. 1966. Primera cita de las especies componentes del "Huirihue" o marea roja. Estudios Oceanológicos, Antofagasta, 2: 91-93.
- Rodríguez, L. 1976. "Marea roja en el norte de Chile". Noticiario Mensual, Museo Nacional de Historia Natural, Chile, 243-244: 6-8.
- Rodríguez, L. 1978. "Marea Roja" en la bahía San Jorge, Antofagasta, Chile. Noticiario Mensual, Museo Nacional de Historia Natural, Chile, 266: 6-9.
- Rodríguez, L. 1985. Revisión del fenómeno de Marea Roja en Chile. Revista de Biología Marina, Valparaíso, 21 (1): 173-197.

- Saunders, R. & D. Glenn. 1969. Diatoms. Memoirs of the Hourglass Cruises. Florida Department of Natural Resources. Marine Research Laboratory, 1 (3): 1-119.
- Steidinger, R. & J. Williams. 1970. Dinoflagellates. Memoirs of the Hourglass cruises. Florida Department of Natural Resources. Marine Research Laboratory, 2: 1-251.
- Strickland, J.D. & T. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 167, 311 pp.
- Sylva, de P.D. 1962. Red water blooms of northern Chile, April-May 1956, with reference to the Ecology of the swordfish and the striped marlin. Pacific Science, 16 (3): 271-279.
- Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung Limnologie, 9: 1-38.

TABLA 2. Especies presentes y densidades máximas durante el fenómeno de marea roja (15 de octubre de 1982). Presencia (+).

DINOFLAGELADOS	Cél/ml
<i>Gonyaulax catenella</i>	339
<i>Peridinium</i> sp.	8
<i>Prorocentrum micans</i>	7
<i>Ceratium furca</i>	1
<i>Donophysis ovum</i>	1
<i>Ceratium fusus</i>	+
<i>Ceratium tripos</i>	+
<i>Dinophysis caudata</i>	+
<i>Doplopsalis lenticula</i>	+
<i>Gymnodinium splendens</i>	+
<i>Podolampas</i> sp.	+
DIATOMEAS	
<i>Eucampia zoodiacus</i>	25
<i>Skeletonema costatum</i>	24
<i>Chaetoceros</i> sp.	24
<i>Asterionella japonica</i>	19
<i>Leptocylindrus danicus</i>	7
<i>Rhizosolenia fragillissima</i>	7
<i>Eucampia cornuta</i>	+
<i>Nitzschia seriata</i>	+

TABLA 3. Distribución en profundidad de *Gonyaulax catenella* durante el fenómeno de marea roja en el área afectada de la bahía San Jorge, el 15 de octubre de 1982. Ausencia (-).

ESTACIONES DISCO SECCI	CALETA COLOSO			BAÑOS MUNICIPALES			PUERTO ANTOFAGASTA		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	cél/ml	cél/ml	cél/ml	cél/ml	cél/ml	cél/ml	cél/ml	cél/ml	cél/ml
100	339	47	13	32	1	1	-	26	22
18	-	11	1	-	154	112	-	60	-
1	-	40	85	-	9	26	-	91	-
	5,4	16,2	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6

ESTACION	T°C	O ₂ ml/l	PO ₄ ⁻³ -P µg-at/l	NO ₃ ⁻ -N µg-at/l	S‰
1	18,0	7,68	1,28	0,57	34,58
2	18,0	7,11	0,79	1,34	34,58
3	18,8	7,00	0,64	0,74	34,75
4	17,9	6,58	0,59	0,57	34,86
5	19,2	6,26	0,49	0,70	34,46
6	19,2	6,08	0,93	0,91	34,94
7	19,0	6,66	0,54	2,40	34,49
8	19,0	6,77	0,79	0,25	34,71
9	19,0	6,78	0,79	0,20	34,70

TABLA 4. Valores de algunas variables abióticas durante una marea roja en un sector de la bahía San Jorge, el 15 de octubre de 1982. Presencia (+).

TABLA 5. Especies presentes y densidades máximas después del fenómeno de marea roja, el 27 de octubre de 1982. Presencia (+).

DIA TOMEAS	Cél/ml
<i>Skeletonema costatum</i>	89
<i>Eucampia cornuta</i>	41
<i>Leptocylindrus danicus</i>	29
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	26
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	19
<i>Nitzschia seriata</i>	18
<i>Rhizosolenia fragillissima</i>	15
<i>Chaetoceros peruvianum</i>	13
<i>Nitzschia longissima</i>	12
<i>Chaetoceros lascinosus</i>	11
<i>Chaetoceros debilis</i>	11
<i>Chaetoceros didymus</i>	9
<i>Shöderella delicatula</i>	9
<i>Chaetoceros teres</i>	9
<i>Nitzschia delicatissima</i>	7
<i>Rhizosolenia</i> sp.	6
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	5
<i>Rhizosolenia alata</i>	3
<i>Chaetoceros danicus</i>	1
<i>Chaetoceros socialis</i>	+
<i>Chaetoceros compressus</i>	+
<i>Chaetoceros brevis</i>	+
<i>Chaetoceros tortissimus</i>	+
<i>Chaetoceros</i> sp.	+
<i>Rhizosolenia setigera</i>	+
<i>Pleurosigma normanii</i>	+
<i>Thalassiosira decipiens</i>	+
<i>Coscinodiscus</i> sp.	+
DINOFLAGELADOS	
<i>Gonyaulax catenella</i>	22
<i>Prorocentrum micans</i>	9
<i>Ceratium fusus</i>	5
<i>Gymnodinium splendens</i>	3
<i>Peridinium</i> sp.	3
<i>Dinophysis caudata</i>	1
<i>Ceratium furca</i>	+

TABLA 7. Valores de algunas variables abióticas después de una marea roja en un sector de la bahía San Jorge, el 27 de octubre de 1982.

C A L E T A C O L O S O	ESTACION	T°C	O ₂ ml/l	PO ₄ ⁻³ -P /µg-at/l	NO ₃ ⁻ -N /µg-at/l	S*‰
	1	15,6	3,41	1,37	7,22	34,56
2	16,1	4,32	1,32	4,55	34,86	
3	15,8	3,92	1,42	7,07	34,71	
M U N I C I P A L E S B A Ñ O S	4	17,8	5,29	1,12	1,56	34,51
	5	17,7	5,46	0,81	0,62	34,86
	6	18,2	6,03	0,81	0,30	34,69
A N T O F A G A S T A P U E R T O	7	18,2	5,29	1,07	2,03	34,89
	8	18,3	5,75	0,81	1,14	34,95
	9	18,4	6,14	0,76	0,31	34,85