

PRIMER REGISTRO DE MAREA ROJA PRODUCIDA POR DINOFLAGELADOS TE-
CADOS EN LA BAHIA DE VALPARAISO, CHILE

Sergio Avaria P.* y Pablo Muñoz S.*

ABSTRACT. An intense red tide caused by *Prorocentrum micans* Ehrenbergh in the Valparaíso bay from May 7 through May 16, 1979 is described. The event was preceded by a temperature raise in the upper 30 meters of the water column, intensification of solar radiation, alteration ow wind pattern, heavy rains and rough seas. The disappearance of the water discoloration is related to a sudden drop in temperature of the upper 50 meter water layer. The concentration of dinoflagellates in surface waters towards noon varied from 3.800 to 32.000 cells/ml. This increase was associated to a strong decrease of diatoms and the appearance of warm water phytoplankton species which are extremely rare in the area.

A brief discussion on the red tides produced by *P. micans* in the chilean coast and its probable relation to mass mortality of marine life together with potential hazard to human health is included. Besides the frequency of red tides in upwelling regions and their ecological role in the plankton food web is discussed.

INTRODUCCION

En mayo de 1979 se observó en la bahía de Valparaíso (33°01'S, 71°38'W) una intensa discoloración del agua que afectó durante 15 días una franja comprendida entre Punta Angeles y Punta Concón hasta 2 millas de la costa, cubriendo una área aproximada de 23 km² (Fig. 1). Fenómenos similares han sido registrados con anterioridad en la bahía de Valparaíso sólo en cuatro oportunidades por Darwin (1839), Reyes (1960) y Avaria

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

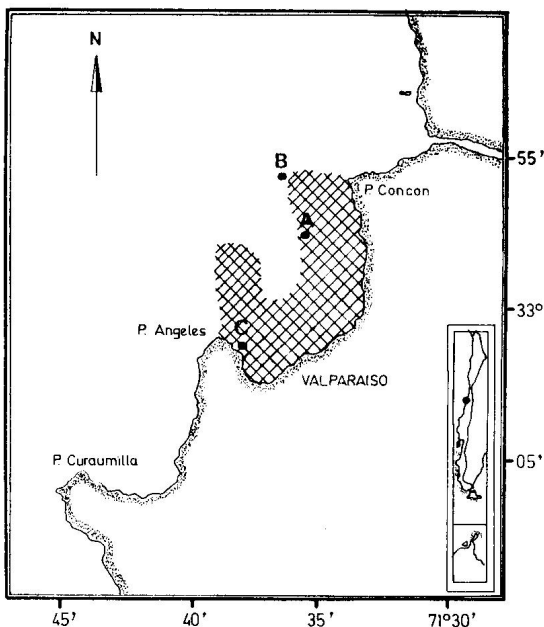


Fig. 1. Bahía de Valparaíso. Posición de las estaciones. En achurado se señala el área afectada por el fenómeno de marea roja registrado en 1979.

(1970, 1976). En el primero y los dos últimos registros el organismo causante fue el protozoo ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohmann) Hamburger y Buddenbrock, quedando sin identificar el del comunicado en 1960.

En el presente trabajo se describe la evolución del último fenómeno observado en relación a algunos factores climáticos y oceanográficos asociados.

MATERIAL Y METODOS

Para apreciar la evolución del fenómeno se utilizó parte de la información proveniente de un muestreo programado para investigaciones sobre ecología fitoplanctónica de la bahía de Valparaíso, en el que se obtuvieron quincenalmente durante un año muestras superficiales de red y de agua, en superficie y a las profundidades de 5, 10, 20 y 30 metros, mediante botellas van Dorn, en seis estaciones distribuidas en el área norte de la bahía. La periodicidad del muestreo se intensificó entre el 7 y el 16 de mayo, período en que se observó la discoloración del agua, tomándose muestras sólo en la estación A. (Fig. 1).

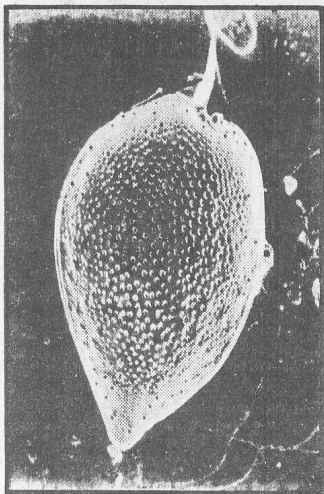
La identificación del organismo causante se efectuó por observación directa en muestras sin fijar mediante un microscopio Leitz-Laborlux con equipo de contraste de fases. Las observaciones se complementaron con microfotografía de material fijado con formalina neutralizada al 5%. Como apoyo al análisis taxonómico realizado con microscopio fotónico, se hicieron observaciones con un microscopio electrónico de barrido Leitz-AMR 1000, aplicando en la preparación y montaje del material las técnicas descritas en Hasle y Fryxell (1970).

El análisis cualitativo del fitoplancton se hizo según el procedimiento descrito por Avaria (1965) y el análisis cuantitativo según el método de Uthermöhl (1958) adaptado por Avaria (1975) para el fitoplancton de la bahía de Valparaíso. En ambos análisis se tomaron en consideración las recomendaciones de Unesco (1978).

RESULTADOS

El organismo causante del fenómeno fue el dinoflagelado tecado *Prorocentrum micans* Ehrenberg (Lam. 1) en concentraciones que variaron entre 3.800 y 32.000 cél/ml en superficie.

La presencia de *P. micans* se detectó con bastante anterioridad a la ocurrencia del fenómeno en el fitoplancton de la bahía. En muestras de red y agua colectadas a principio de marzo aparece *P. micans* en escasa cantidad, formando parte del fitoplancton normal para la época del año, caracterizado por



LAMINA 1

Prorocentrum micans Ehrenberg. Vista
MEB (1200 X).

la predominancia de especies pequeñas de diatomeas y relativa abundancia de dinoflagelados. Mientras la especie dominante, *Leptocylindrus danicus*, alcanza concentraciones de 143 cél/ml en superficie, *P. micans* se presenta en concentraciones inferiores a 2 cél/ml.

A partir del 9 de abril disminuye la diversidad y concentración de las diatomeas permaneciendo en el plancton aquellas especies mejor adaptadas a condiciones de estabilidad de la columna de agua, (*Leptocylindrus mediterraneus*, *Guinardia flaccida*) en contraposición a un incremento en el número y diversidad de los dinoflagelados, entre los que *P. micans* pasa a ser la especie dominante, llegando a concentraciones de 78 cél/ml hacia fin de mes.

El 7 de mayo se detecta la discoloración del agua y *P. micans* alcanza valores de 3.800 cél/ml, a medio día en superficie, observándose una acentuación del cambio mencionado en la estructura poblacional del fitoplancton.

Es notable la frecuencia de aparición en las muestras de red de dinoflagelados de aguas cálidas extremadamente raros en la bahía de Valparaíso, tales como: *Ceratium belone*, *C. trichoceros*, *C. extensum*, *C. limulus*, *Podolampas bipes* y *Ceratocorys horrida*, entre otros.

El 11 de mayo *P. micans* alcanza su máxima concentración, 32.000 cél/ml producto de una proliferación monoespecífica suada a una concentración del dinoflagelado en superficie, que hace desaparecer del plancton al resto de las especies que

cuatro días antes estaban asociadas a *P. micans*.

El 16 de mayo se detecta la declinación de la marea roja, iniciándose una rápida evolución hacia una estructura normal del fitoplancton, caracterizada por el amplio predominio de las diatomeas sobre los demás grupos que lo conforman. Los valores de *P. micans* bajan a 12.000 cél/ml, coincidiendo con una leve recuperación de las poblaciones de diatomeas.

El 23 de mayo se produce una proliferación de *Rh. delicatula* que alcanza valores de 130 cél/ml y, junto con la desaparición de la marea roja, *P. micans* se presenta en concentraciones de 16 cél/ml.

En junio y julio el dinoflagelado causante del fenómeno desaparece del plancton y el resto de los dinoflagelados no tienen significancia cuantitativa, registrándose un fitoplancton normal dominado por especies pequeñas de diatomeas del género *Chaetoceros* (*Ch. debilis*, *Ch. compressus*) asociado a una mayor diversidad de otras diatomeas que en conjunto alcanza valores de 1.700 cél/ml. La evolución cuantitativa del fitoplancton en el período descrito se da a conocer en la tabla 1, y las variaciones cuantitativas del dinoflagelado en relación a las poblaciones de diatomeas se ilustran en la figura 2.

Debido al fototactismo positivo del dinoflagelado, todas las muestras de agua para análisis cuantitativo se colectaron en superficie y hacia las 13.30 horas. Muestras colectadas con cuatro horas de diferencia en un mismo día demostraron una gran oscilación en los valores de concentración de *P. micans*, corroborando las migraciones verticales nictimerales mencionadas por varios autores (Hasle 1950, 1954; Sournia 1974). Observaciones efectuadas en una estación fija del área sur de la bahía de Valparaíso, (Est. C), el 11 de mayo, día en que la marea roja alcanzó su máxima intensidad, arrojaron los siguientes resultados: 5.638 cél/ml a las 11.00 horas y 16.645 cél/ml a las 15.15 hors (Com. pers. Lic. E. Uribe).

La concentración de *P. micans* en superficie se evidencia en un muestreo efectuado el 16 de mayo a las 13.00 horas en una estación del área norte de la bahía (Est. B) que arrojó los siguientes resultados: superficie: 11.925 cél/ml, 5 m: 239 cél/ml, 10 m: 34 cél/ml, 20 m: 39 cél/ml y 30 m: 7 cél/ml, observándose una cantidad creciente de células vacías o en mal

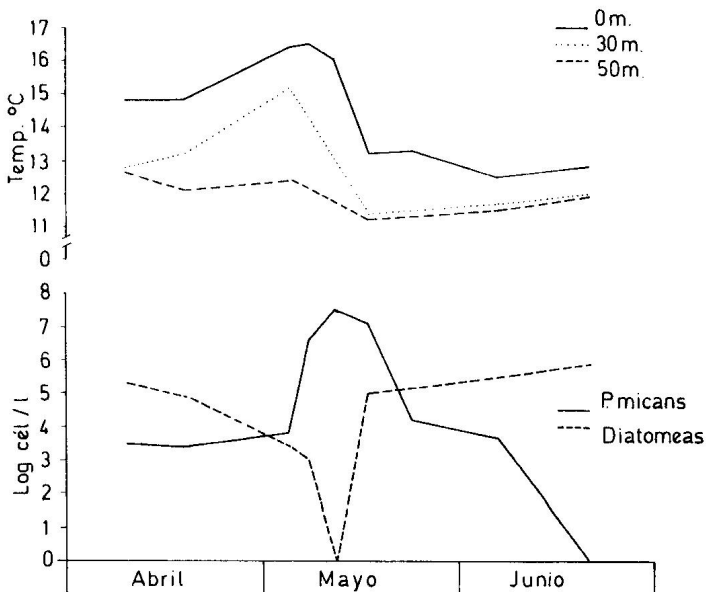


Fig. 2. Variación cuantitativa de *P. micans* y diatomeas en el período abril-junio de 1979 y su relación con la variación de la temperatura del agua en superficie y a las profundidades de 30 y 50 metros.

estado fisiológico desde el nivel a 5 metros hacia mayores profundidades (Fig. 3).

Como factores físicos anómalos que pueden asociarse al fenómeno, destacan los siguientes: a) calentamiento de la capa superficial del mar, registrándose temperaturas entre 15.0 - 16.5°C en relación a un promedio histórico de 13°C para el mismo mes en la bahía, b) aumento de la radiación solar incidente desde un promedio mensual de 171 Langley/día hasta 182

Langley/día, con valores mayores en la primera quincena de mayo de 1979 y, c) alteración del régimen de vientos al aumentar la frecuencia S-SW (51%) y disminuir la del N-NW (12%), con velocidades media inferiores a 10 nudos en ambos sectores, registrándose la mayor frecuencia de vientos S-SW en la segunda quincena del mes. Además las cartas meteorológicas de mayo de 1979 señalaron un reforzamiento del anticiclón del Pacífico Sur Oriental en vez del incremento invernal en la frecuencia de perturbaciones ciclónicas (Com. pers. E. Reyes).

De todos los factores anómalos mencionados, el más notorio es el aumento de la temperatura superficial del agua que llegó hasta 17°C, cuatro grados sobre el promedio histórico del mes, durante el período de marea roja, observándose una relación

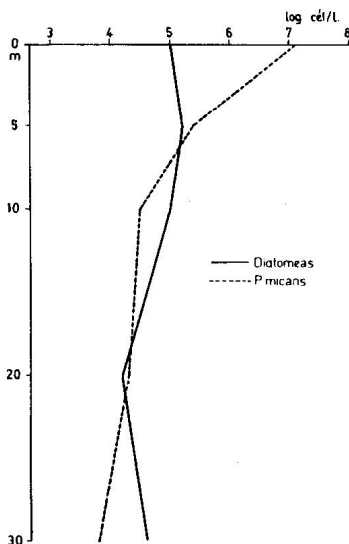


Fig. 3. Distribución vertical de *P. micans* y diatomeas en la estación B el día 16 de mayo de 1979.

bastante estrecha entre el aumento de la temperatura y el crecimiento de *P. micans* (Fig. 2). El inicio del fenómeno coincide con un alza de la temperatura de 14.9°C a 16.5°C entre el 18 de abril y el 7 de mayo y su declinación con una caída brusca de la temperatura de 16.5°C a 13.2°C en un período de cinco días. La escasa variación de la temperatura en el nivel de 50 metros respecto a los niveles de superficie y 30 metros (Fig. 2) permite suponer una marcada estabilidad de la columna de agua, hasta una profundidad aproximada de 30 metros, durante la primera quincena de mayo, que favoreció el crecimiento explosivo de *P. micans* en detrimento de las poblaciones de diatomeas.

En la figura 4 se puede apreciar el calentamiento del agua de la bahía, sobre los 20 metros de profundidad, desde fin de marzo hasta la mitad de abril. En la primera quincena de mayo, período en que se registró la marea roja, se observa un aumento brusco de la temperatura en la capa de agua de superficie a 30 metros, acentuándose la estratificación térmica. El inicio de la declinación del fenómeno coincide con un enfriamiento repentino de la columna de agua desde superficie a 50 metros, caracterizado por el ascenso de las isoterms de 13°C ,

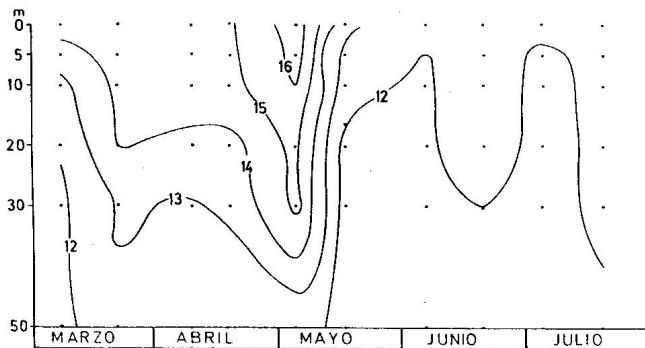


Fig. 4. Variación de la temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$) en el período marzo-julio de 1979.

hasta superficie y la de 12°C, hasta 5 metros de profundidad.

Finalmente cabe mencionar la probable relación entre la pluviosidad registrada en la zona los días 27 de abril y 2 de mayo y la proliferación de *P. micans*. En el segundo caso la lluvia estuvo acompañada de fuertes marejadas que, como consecuencia del lavado costero, podrían haber introducido algunos oligoelementos (vitaminas, metales trazas, hidroxamatos y otros queladores naturales, etc.) estimulantes del crecimiento de *P. micans*. La imposibilidad de contar con los análisis químicos pertinentes o resultados positivos de trabajo experimental en cultivos, no nos permite por el momento obtener conclusiones al respecto.

DISCUSION

Aún cuando esta es la primera vez que se registra una marea roja causada por *P. micans* al sur de Antofagasta, el fenómeno no es raro en la costa norte del país y costa peruana (Avaria 1979, Rojas 1979).

El primer registro, reportado por Sylva (1962), data del otoño de 1956 en que se observaron manchas rojas entre Arica (18°29'S) e Iquique (20°12'S) en zonas de contacto de aguas oceánicas cálidas con aguas frías costeras hasta 60 millas de la costa. El resto de los registros de mareas rojas producidas por *P. micans* en la costa chilena, se restringen a las bahías de Mejillones y de San Jorge, en Antofagasta (23°38'S), en que el fenómeno ha sido observado en ocho oportunidades, entre 1966 y 1976, entre los meses de noviembre y abril, en concentraciones hasta de 1.300 cél/ml, generalmente asociado a escasa actividad eólica, intensa insolación y temperaturas del agua anormalmente altas para la época del año (Rodríguez 1966, 1976, 1978).

Todos los fenómenos antes señalados fueron de poca intensidad comparado al acaecido en Valparaíso. Mientras en Antofagasta los valores más altos de concentración de células registrados llegan a 1.300 cél/ml, en la bahía de Valparaíso éstos fluctuaron entre 3.800 y 32.000 cél/ml. Datos de otros lugares del mundo señalan concentraciones del orden de 2.000 cél/ml,

deduciéndose, por lo tanto, que el fenómeno registrado en Valparaíso es uno de los de mayor intensidad que se conoce. Otras mareas rojas de gran intensidad producida por *P. micans* han sido observadas por Sweeney (1975) en California, en concentraciones de hasta 12.000 cél/ml y por Tangen (1981) en Noruega, en concentraciones de 20.000 y 48.000 cél/ml, en octubre de 1966 y julio de 1975.

Sólo existe un registro de marea roja causada por otras especies del género *Prorocentrum* en Chile, como es el referente a la acaecida frente a la ciudad de Iquique (20°12'S) en diciembre de 1980. (Com. pers. Lic. A. Alvial). Los análisis de muestras enviadas a Montemar permitieron identificar al organismo responsable como *Prorocentrum gracile* Schütt, en concentraciones máximas de 20.500 cél/ml.

La marea roja que afectó a la bahía de Valparaíso en 1979 no estuvo asociada a mortandad de animales marinos ni a trastornos en la salud humana. La mayoría de los autores señalan a *P. micans* como responsable de mareas rojas no tóxicas. Sin embargo, hay registros en la literatura que asocian la presencia de este dinoflagelado con alteraciones en la vida marina y en la salud de consumidores de moluscos bivalvos extraídos del área de ocurrencia del fenómeno.

Sylva (1962) relata que durante el fenómeno ya citado que se registró en el norte de Chile, se observaron cormoranes enfermos o muertos, y, ocasionalmente, peces muertos en superficie. Por su parte Rojas (1979) reporta dos fenómenos cerca de El Callao producidos por *P. micans*, en diciembre de 1975 y mayo de 1976, que estuvieron asociadas a mortandad de peces. En ambos casos la mortandad de animales podría ser más bien el resultado de la anoxia que sigue a las proliferaciones, que a la toxicidad del dinoflagelado.

El único caso de marea roja producida por *P. micans* asociada con trastornos a la salud humana ha sido dado a conocer por Kat (1981), estudiando un fenómeno que afectó la costa de Holanda, el que coincidió con enfermedades gastrointestinales de varias personas que consumieron chorito. Descartada la posibilidad que los moluscos estuvieran contaminados por desechos domésticos o industriales, se efectuaron bioensayos con ratas alimentadas con moluscos, alimentados a su vez con cultivos de *Prorocentrum* los que dieron resultados negativos. Se

pensó que la enfermedad que afectó a la gente en este caso particular sería producida por bacterias adherentes o por el contenido de bacterias de la cavidad sulcal de *Proocentrum*.

La idea que existió hasta hace pocos años de considerar las zonas de surgencia como áreas donde las proliferaciones de dinoflagelados y las mareas rojas eran fenómenos extremadamente raros, ha sido desvirtuada por investigaciones de numerosos autores que han demostrado la alta frecuencia de mareas rojas en estas áreas, considerando que las proliferaciones de dinoflagelados actúan como un componente normal de la productividad fitoplanctónica en zonas de surgencia (Blasco 1971, 1975; Dudgale 1979, Margalef *et al.* 1979).

Los autores mencionados coinciden en que en condiciones de relajación de la turbulencia, cuando la velocidad de la surgencia no excede el poder de natación de los dinoflagelados, permitiendo su acumulación en superficie, es factible que se produzcan grandes proliferaciones de dinoflagelados.

Estas condiciones parecen darse en zonas de contacto entre aguas turbulentas con otras más estabilizadas. Si la velocidad de la surgencia aumenta, otras proliferaciones, ya sea de *Mesodinium rubrum* o de diatomeas, organismos mejor adaptados a condiciones de gran turbulencia, dominarán en el área.

Considerando la frecuencia de mareas rojas no tóxicas en la costa norte y central de Chile, es interesante conocer mejor el rol ecológico que juegan estos organismos en la trama alimentaria planctónica. Según Morey-Gaines (1979) dicho rol es muy diferente al de otros organismos fitoplanctónicos debido a que son preferidos por ciertos elementos del zooplancton por ser utilizados más eficientemente que muchas diatomeas que poseen grandes vacuolas, lo que hace que éstas tengan menos carbono por unidad de volumen que muchos dinoflagelados, como en el caso de *P. micans*.

Rojas (1979) señala que fuertes proliferaciones de *Gymnodinium splendens* durante largos períodos de tiempo en la costa peruana, de las cuales se alimentó la anchoveta, tuvieron un efecto negativo en las tasas de crecimiento y en el reclutamiento de los stocks de estos peces en 1976. Además se comprobó una reducción del contenido de grasa y baja en la postura. A pesar de esto, *G. splendens* se reconoce como una

buena fuente de alimento para las larvas de la anchoveta.

Es necesario intensificar las investigaciones sobre estos problemas en el Pacífico Sur Oriental para aclarar la importancia de las mareas rojas en la productividad del área y conocer mejor su efecto en el ecosistema.

AGRADECIMIENTOS. Dejamos constancia de nuestro reconocimiento a la Sra. Isabel Guajardo, Técnico del Laboratorio de Fitoplancton del Instituto de Oceanología por su valiosa colaboración en el análisis de muestras y procesamiento de datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Avaria, S. Diatomeas y Silicoflagelados de la bahía de Valparaíso. Rev. 1965 Biol.Mar. Valparaíso, 12 (1-3): 61-119.
- Avaria, S. Observación de un fenómeno de marea roja en la bahía de Valparaíso. Rev.Biol.Mar.Valparaíso, 14 (1): 1-5.
- Avaria, S. Estudios de Ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. 1975 II. Fitoplancton 1970-71. Rev.Biol.Mar.Valparaíso, 15(2):131-148.
- Avaria, S. Marea Roja en la costa Central de Chile. Rev.Biol.Mar. Valparaíso, 16 (1): 95-111.
- Avaria, S. Red tides off the coast of Chile. In: Taylor, D.L. and H.H. Seliger (eds): Toxic dinoflagellate Blooms. Elsevier/North Holland. pp. 161-164.
- Blasco, D. Composición y Distribución del fitoplancton en la región del 1971 afloramiento de las costas peruanas. Inv.Pes. 35 (1): 61-112.
- Blasco, D. Red tides in the upwelling regions. In: Lo Cicero, V.R. (ed.): 1975 Proceedings of the First International Conference on Toxic Dinoflagellate Blooms, Wakefield, Massachusetts Science and Technology Foundation. pp.: 113-119.
- Darwin, C. Journal of researches into the geology and natural history of 1839 the various countries visited by H.M.S. "Beagle" under the Command of Captain Fitzroy, R.N. from 1832 615 pp. 16 pl. Henry Colburn, London.
- Dugdale, R. Primary Nutrients and Red tides in Upwelling Regions. In: 1979 Taylor, D.L. and H.H. Seliger (eds.): Toxic Dinoflagellate Blooms. Elsevier/North Holland. pp.: 257-262.
- Hasle, G.R. Phototactic vertical migrations in marine dinoflagellates. 1950 Oikos 2 (2): 162-175.
- Hasle, G.R. More on phototactic diurnal migration in marine dinoflagellates. Nytt Magasin for Botanik 3: 137-147.
- Hasle, G.R. and G.A. Fryxell. Diatoms: Cleaning and mounting for light and 1970 electromicroscopy. Trans.Am.microsc.Soc., 89 (4): 469-474.
- Kat, M. The occurrence of *Prorocentrum* species and coincidental gastro-intestinal illness of mussel consumers. In: Taylor, D.L. and H.H. Seliger (eds.): Toxic Dinoflagellate Blooms. Elsevier/North Holland, pp. 215-220.
- Margalef, R., Estrada, M. and D. Blasco. Functional morphology of organisms 1979 involved in red tides, as adapted to decaying turbulence. In: Taylor, D.L. and H.H. Seliger (eds.): Toxic Dinoflagellate Blooms. Elsevier/North Holland. pp.: 89-94.
- Morey-Gaines, G. The Ecological Role of Red tides in the Los Angeles-Long 1979 Beach Harbor Food Web. In: Taylor, D.L. and H.H. Seliger (eds.): Toxic Dinoflagellate Blooms. Elsevier/North Holland. pp.:315-320.
- Reyes, E. Observaciones climatológicas en Montemar 1958-59. Rev.Biol.Mar., 1960 Valparaíso, 10: 155-179.
- Rodríguez, L. Primera cita de las especies componentes del "Huirihue o 1966 Marea roja". Est.Oceanol.Chile, 2: 91-93.
- Rodríguez, L. "Marea roja" en el norte de Chile. Not.Mens.Mus.Nac.Hist. 1976 Nat., 243-244: 6-8.
- Rodríguez, L. "Marea roja" en la bahía de San Jorge-Antofagasta, Chile. 1978 Not.Mens.Mus.Nac.Hist.Nat., 266: 6-8.

- Rojas, B. Red tide along the Peruvian Coast. In: Taylor, D.L. and H.H. Seliger (eds.): Toxic Dinoflagellate Blooms. Elsevier/North Holland, pp.: 183-190.
1979
- Sweeney, B. Red tides I have known. In: Lo Cicero, V.R. (ed.): Proceedings of the First International Conference on Toxic Dinoflagellate Blooms. Wakefield, Massachusetts Science and Technology Foundation. pp.: 225-234.
1975
- Sournia, A. Circadian periodicities in natural populations of marine phytoplankton. Adv.mar.Biol., 12: 325-89.
1974
- Silva, de P.D. Red water blooms of Northern Chile, April-May 1956, with reference to the ecology of the Swordfish and the striped Marlin. Pacific Sci. 16 (3): 271-279.
1962
- Tangen, K. Dinoflagellate Blooms in Norwegian waters. In: Taylor, D.L. and H.H. Seliger (eds.): Toxic Dinoflagellate Blooms. Elsevier/North Holland. pp.: 179-182.
1979
- Unesco Phytoplankton Manual. Monogr.Oceanogr.Methodology 6: 337 pp.
1978
- Utherathil, H. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton Methodik: Mitt.int.Ver.Limnol. 9: 1-38.
1958

