

PRESENCIA DE MAREAS ROJAS EN EL AREA DE VALPARAISO,
CHILE, PROVOCADAS POR DINOFLAGELADOS DEL GENERO
PROROCENTRUM.

Pablo Muñoz, Sergio Avaria* y Martín Farías**

ABSTRACT. Red tides in Valparaíso Region, Chile, caused by *Prorocentrum* species.

During March 1983 a red tide was observed between Valparaíso Bay (33° 01' S) and Quintero Bay (32° 45' S) caused by the dinoflagellates *Prorocentrum micans* Ehrenberg and *Prorocentrum gracile* Schütt which reached concentrations of 1.900 and 2.150 cells per milliliter respectively. Both species were observed in plankton samples during most of the red tide event. At the end of the outbreak *P. micans* was predominant. Morphological comparisons were made between both species.

In March 1985 new discolorations of the sea water were detected in Valparaíso Bay caused by *P. gracile*. The maximum concentration observed was 17.100 cells per milliliter.

Measurements of in situ temperatures and satellite information show a direct relation between the presence of the red tide event and the associated high sea surface temperatures. Cysts of *Prorocentrum* species in the sediments are suggested.

Key words: phytoplankton, red tide, dinoflagellates, diatoms, satellite image.

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

** Centro de Estudios Espaciales, Universidad de Chile, Casilla 5027, Santiago, Chile.

INTRODUCCION

Los fenómenos de marea roja en el litoral chileno son conocidos desde el año 1827, sucediéndose en el tiempo con distintas especies del fitoplancton marino como causantes de estos eventos. Los principales han sido los organismos pertenecientes al grupo de los dinoflagelados, seguidos de los ciliados. Si bien es cierto ha sido solamente una especie la de este último grupo, *Mesodinium rubrum* (Lohmann) Hamburger et Buddenbrack, su frecuencia es significativa en los registros obtenidos hasta el momento (Guzmán & Campodonico 1978, Avaria 1982, Rodríguez 1985). Es probable que estos fenómenos aperiódicos sean mucho más frecuentes, no pudiendo ser observados en el momento oportuno, especialmente en aquellas áreas alejadas de la costa o, existiendo el problema, no se dispuso de los elementos y conocimientos necesarios como para enfrentarlo.

En el año 1979, se obtuvo en la bahía de Valparaíso el primer registro de marea roja ocasionada por un dinoflagelado tectado, *Prorocentrum micans* Ehrenberg, cuya concentración máxima de 32.000 células/ml fue la más alta detectada hasta ese momento (Avaria & Muñoz 1982). Cuatro años más tarde, la misma especie ocasionó discoloración del agua de mar en la zona de Puerto Montt, con valores de hasta 38.600 células/ml, observándose mortalidad de peces debido probablemente a la alta concentración alcanzada (Lembeye & Campodonico 1984). Las observaciones de marea roja causada por esta especie han sido más frecuentes en la zona norte del país, especialmente las registradas

entre Arica e Iquique (Manning 1957), bahía de Mejillones del Sur (Rodríguez 1966), y bahía San Jorge, Antofagasta (Rodríguez 1976, 1978, 1985, 1987, Rodríguez & Zárate 1985, Rodríguez et al. 1985).

Respecto a *Prorocentrum gracile* Schütt, es una especie ampliamente distribuida en el Pacífico Occidental y muy variable en forma y tamaño (Böhm, 1936). Es particularmente abundante en las zonas estuarinas, de acuerdo a lo expresado por Steldinger & Williams (1970). En latitudes más bajas *P. gracile* ha sido localizada frente al Puerto de Callao, Perú, produciendo manchas de color marrón rojizo de corta duración y extensión limitada (Santander & Ochoa 1982). En Chile ocasionó por primera vez una marea roja en la bahía de Iquique, alcanzando concentraciones significativas de hasta 20.500 células/ml (Avaria & Muñoz op. cit., Alviaj & García 1986); en general, ha sido registrada con mayor frecuencia en la zona norte del país (Avaria et al. 1982, Avaria & Muñoz 1983, 1985).

En relación al tamaño de *P. gracile*, Sampayo & Cabeçadas (1981) midieron ejemplares provenientes de una marea roja, observada en julio de 1980 en la costa sur de Portugal, registrando las siguientes medidas: altura del cuerpo, sin considerar el diente apical, 30-36 micrones; ancho mayor, 11-14 micrones.

El aspecto taxonómico de ambas especies, al igual que su distribución geográfica en la costa chilena, ya ha sido objeto de un estudio previo

(Muñoz & Avaria 1986).

En el presente trabajo se analiza la presencia de dos nuevos eventos de marea roja en la costa central de Chile, provocados por dinoflagelados

del género *Prorocentrum*, estableciendo diferencias alométricas entre los taxa *P. gracile* y *P. micans*, y su relación con algunos parámetros ambientales asociados.

MATERIAL Y METODOS

Los ejemplares analizados del género *Prorocentrum*, provienen de muestras de agua y muestras de red recolectadas en tres estaciones en la bahía de Valparaíso ($33^{\circ} 01' S$), durante el mes de marzo de 1983 y marzo - abril de 1985 (Fig. 1). A manera de comparación se analizaron ejemplares de *P. gracile* provenientes del litoral norte del Perú ($03^{\circ} 56' S$, $81^{\circ} 01' W$). Para la observación y medición de los organismos, se utilizó un microscopio fotónico Leltz DIALUX 20 con contraste de fases, provisto de ocular micrométrico de tornillo. Para el análisis cuantitativo se utilizó un Microscopio Invertido Wild M-40, aplicando en el recuento la técnica sugerida por Utermöhl (1958), complementada por Avaria (1975). La ubicación taxonómica del género *Prorocentrum* se hizo utilizando la información y criterios discutidos por Dodge (1984), además de las consideraciones emanadas del Taller sobre Taxonomía y

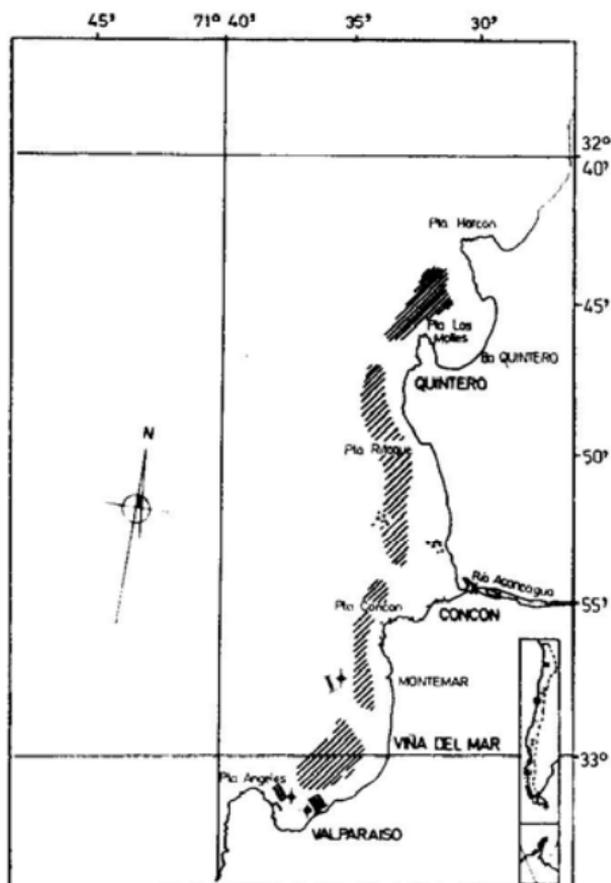


Fig. 1. Área afectada por el fenómeno de marea roja en marzo de 1983.

Sistemática en la Tercera Conferencia Internacional sobre Dinoflagelados Tóxicos, efectuada en Canadá en junio de 1985 (Anderson et al. 1985). Las medidas consideradas fueron altura del cuerpo sin incluir el diente apical, y el transdiámetro, midiendo un total de cien ejemplares de cada especie, de acuerdo a lo ya expresado en Muñoz & Avaria (op. cit.).

Las determinaciones de clorofila *a* efectuadas durante marzo - abril de 1985, se hicieron de acuerdo a la técnica descrita por Strickland & Parson

(1972). Las imágenes de satélite del mismo año fueron proporcionadas por el Centro de Estudios Espaciales de la Universidad de Chile, cuyos aspectos técnicos están descritos en Farias & Barbieri (1988). Los datos de vientos fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico de la Armada de Chile. Esta información se complementó con observaciones diarias de temperatura superficial del mar, registradas en el área de Montemar, frente al Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso.

RESULTADOS Y DISCUSION

A partir de noviembre de 1982, en la costa central de Chile comenzaron a registrarse altas temperaturas en la superficie del mar que persistieron hasta abril del año siguiente, coincidiendo con la presencia en el plancton de numerosas especies de diatomeas y dinoflagelados de aguas cálidas. Entre estas cabe destacar a *Ethmodiscus rex* (Wallich) Hendey y *Pyrophacus steinii* (Schiller) Wall et Dale, consideradas como indicadores biológicos de la presencia del fenómeno "El Niño" 1982/83 en la costa chilena (Muñoz 1985, Avaria et al. 1988). La distribución de las características físicas y químicas en relación a este evento, como así también la variación temporal de la temperatura del agua de mar en la zona de estudio, fue descrita por Prado & Sievers (1987).

En el período de mayor incidencia de aguas cálidas en el litoral central de

Chile, enero de 1983, se detectaron las primeras manchas rojas en la bahía de Valparaíso, las cuales permanecieron durante corto tiempo en el plancton. El organismo responsable fue el ciliado *Mesodinium rubrum*, con una concentración de 2.580 cél/ml. Como fitoplancton asociado destacaron la diatomea *Leptocylindrus danicus* Cleve y el dinoflagelado *Prorocentrum gracile*, en concentraciones de 88.4 y 219.2 cél/ml, respectivamente.

Dos meses después, en marzo, en un sector comprendido entre las bahías de Valparaíso y de Quintero (32° 45' S), se observaron manchas fragmentadas entre la costa y dos millas mar afuera, de tonalidad rojo pálido (Fig. 1). El organismo causante fue identificado como *Prorocentrum gracile*.

Las manchas se observaron el 7 marzo en el sector sur de la bahía de

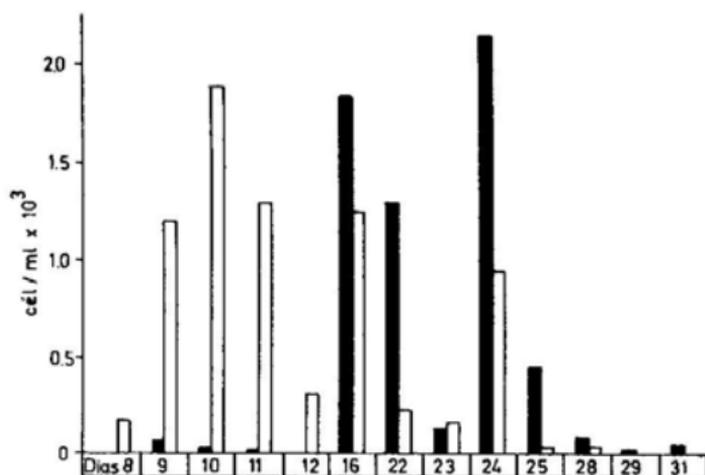


Fig. 2. Comparación entre la densidad de *Prorocentrum micans* (barras negras) y *Prorocentrum gracile* (barras blancas) en marzo de 1983. Estación I.

Valparaíso, cerca de la costa. El análisis cualitativo de muestras tomadas al día siguiente frente a Montemar (estación I) revelaron la presencia del ciliado *Mesodinium rubrum*, junto a los dinoflagelados *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Loeblich III y *P. gracile*, todos en cantidades moderadas, predominando el último sobre las especies anteriores, con una densidad de 177 cél/ml. En los días siguientes aumentó el predominio de *P. gracile*, alcanzando una concentración máxima de 1.900 cél/ml el 10 de marzo, desapareciendo totalmente del plancton el ciliado y el otro dinoflagelado precitado. La aparición de un tercer dinoflagelado, *Prorocentrum micans*, comenzó a evidenciarse a partir del 9 de marzo (Fig.2).

Respecto a la presencia de *Scrippsiella trochoidea*, es importante señalar que en abril de 1981 se obser-

varon en la bahía de Valparaíso numerosos quistes de resistencia, producto de una marea roja ocasionada por esta especie (Muñoz & Avaría 1983); esto explicaría la presencia de *S. trochoidea* en el área, aún cuando Blanco (1988) señala que los quistes de esta especie se depositan mayoritariamente en la capa superficial de los sedimentos, quedando por tanto expuestos. Esto en cierta forma no es ventajoso para el desarrollo de las células móviles cuando se produce resuspensión masiva de los sedimentos, ya que al estar expuestos, pueden degradarse, ser consumidos o morir en mayor proporción respecto a quistes de otras especies. En el mismo trabajo el autor aporta interesante información sobre distribución vertical de quistes de otros fitoplancteres, y su asociación a los sedimentos.

Al intensificar las observaciones en la bahía se procedió a tomar muestras de agua y de red en el centro de dos manchas, una ubicada a un costado del molo de abrigo del Puerto de Valparaíso (estación II) y la otra frente a la Universidad Técnica Federico Santa María (estación III). El análisis cuantitativo ratificó el predominio de *P. gracile*, cuyas concentraciones máximas oscilaron entre 1.200 y 1.800 cél/ml respectivamente en cada una de las manchas, en tanto que la densidad de *P. micans* no superó las 20 cél/ml.

La concentración de *P. gracile* disminuyó notoriamente el día 12 de marzo, alcanzando valores de 311 cél/ml, coincidiendo con la desaparición temporal de las manchas en superficie; cuatro días después éstas reaparecieron con mayor intensidad, disponiéndose en forma paralela a la costa. Los análisis

revelaron la presencia de *P. micans* y *P. gracile*, en concentraciones de 1.850 y 1.250 cél/ml, respectivamente. Las principales diatomeas asociadas fueron *Nitzschia seriata* Cleve y *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve. En los días posteriores continuó el predominio de *P. micans* reemplazando definitivamente a *P. gracile*, alcanzando la primera una concentración máxima de 2.150 cél/ml el 24 de marzo, para ir disminuyendo paulatinamente hacia fines del mismo mes.

Los dinoflagelados como grupo fueron poco significativos, exceptuando a *P. gracile* y *P. micans* (Fig. 3). Sin embargo, si fueron importantes las diatomeas, cuya mayor incidencia en los análisis cuantitativos se observó a través de las especies *N. seriata* y *S. costatum* en los niveles superficiales,

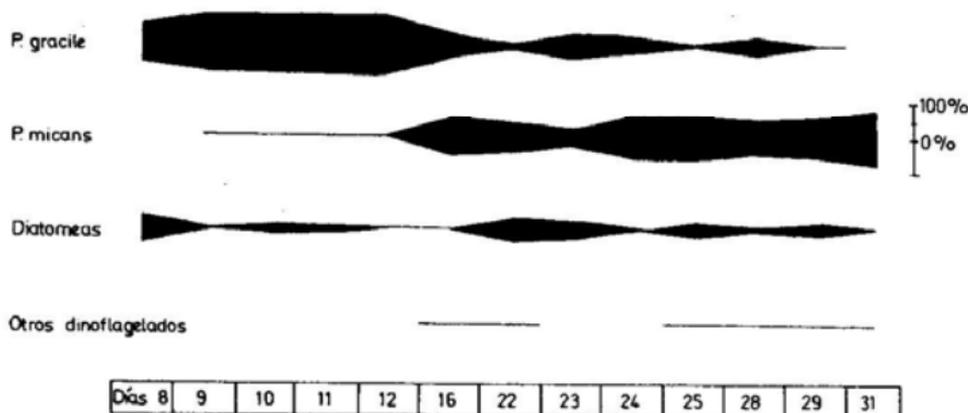


Fig. 3. Variación porcentual de la densidad de diatomeas y dinoflagelados en marzo de 1983. Estación I.

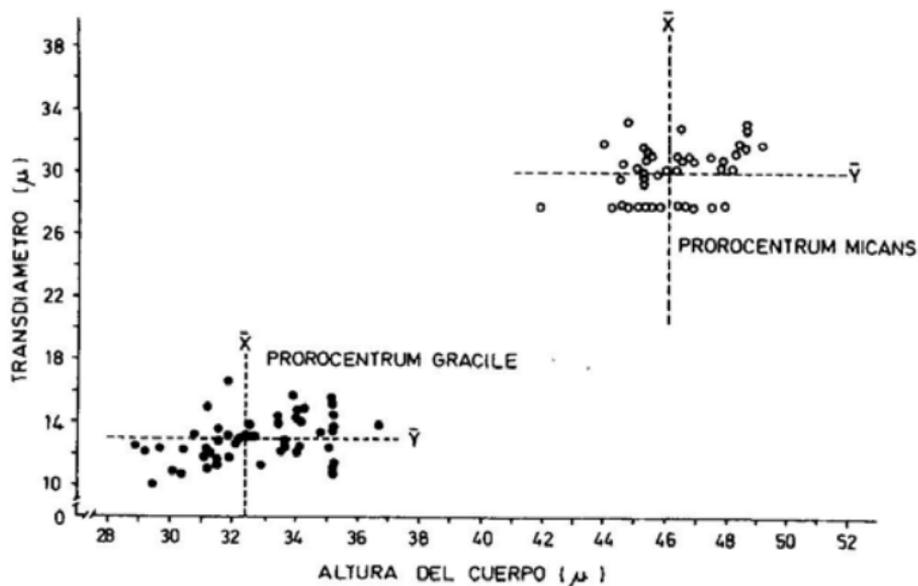


Fig. 4. Relación entre la altura del cuerpo y el transdiámetro de las especies del género *Prorocentrum*.

a las que se agregó *Chaetoceros teres* Cleve, en los niveles subsuperficiales. Estas especies, sumadas a otras diatomeas propias de la bahía de Valparaíso, sugieren una proliferación (bloom) de inicio de otoño en el área con predominio de *Prorocentrum* en superficie.

Cabe hacer notar que durante el inicio del fenómeno dominó *P. gracile* sobre el resto de las especies involucradas, y al término, se observó la presencia exclusiva de *P. micans*. Sin embargo, cuando comenzó a predominar esta última, hubo un momento en que coexistieron ambos dinoflagelados en el plancton, específicamente entre el 16 y 28 de marzo. Es importante resaltar que por vez primera se observa un evento de marea roja en la bahía de Valparaíso, con la participación simultánea de dos especies del género *Prorocentrum*, no

encontrándose antecedentes similares en la literatura para otros puntos del litoral chileno.

Para asegurar la identificación correcta de ambas especies y los rangos de fluctuación alométrica de cada una de ellas, se efectuaron mediciones de la altura del cuerpo y el transdiámetro. Los resultados señalaron una diferencia manifiesta en cuanto al tamaño de ambos taxa, pudiéndose apreciar también variaciones en los promedios de la altura del cuerpo y transdiámetro, confirmando la presencia de ambas especies (Fig. 4).

A modo de comparar la información obtenida sobre el tamaño de los ejemplares de *P. gracile*, se analizaron muestras provenientes de la costa norte del Perú, recolectadas en el mes de enero de 1983. Al efectuar las medi-

ciones se pudo constatar que, tanto el translámetro como la altura del cuerpo sobrepasaron los valores promedios de los ejemplares de aguas chilenas. Esto estaría indicando que la superficie del cuerpo de *P. gracile* aumenta progresivamente hacia las latitudes menores, posiblemente como una forma de adaptación a distintas condiciones ambientales.

En 1984 no se registraron discoloraciones del agua de mar en la bahía de Valparaíso, pero en marzo de 1985 nuevamente volvieron a presentarse manchas, semejantes tanto en color y disposición a las observadas en el mismo mes del año 1983. En la oportunidad, por la coloración rojo pálido de éstas se pudo inferir y posteriormente corroborar en el laboratorio la presencia de *Prorocentrum gracile*, cuya concentración máxima alcanzó esta vez a 17.100 cél/ml. Se procedió a tomar muestras de red y agua en la estación 1, para seguir la evolución de este nuevo evento.

Las manchas comenzaron a evidenciarse el día 22 de marzo con un rápido incremento de la concentración del organismo, alcanzando su densidad máxima el 27 del mismo mes. Posteriormente estos valores fueron declinando, terminando por ser mínimos el 9 de abril (Fig. 5). Para estudiar la distribución vertical de los componentes del fitoplancton y la relación con los pigmentos fotosintéticos, se analizaron muestras de agua recolectadas en superficie y a las profundidades de 3, 5, 10 y 20 metros, los días 25 - 28 de marzo y el 1º de abril. Efectuados los recuentos y las correspondientes determinaciones de clorofila *a*, se pudo apre-

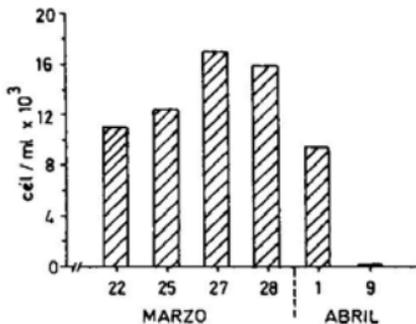


Fig. 5. Concentración de *Prorocentrum gracile* durante marzo-abril de 1985.

ciar una alta correlación ($r = 0.857$) entre ambos parámetros, lo que era de esperar en este tipo de situaciones (Fig. 6).

En la figura 7 se aprecia el comportamiento de la clorofila *a* y la temperatura del mar, entre superficie y 20 metros de profundidad. Se puede observar que para el día 25 de marzo, los registros máximos del pigmento se encontraron en superficie y 5 metros, con valores de 8.97 y 7.00 mg/m³, respectivamente. La temperatura se mantuvo alta en superficie debido a la presencia de aguas cálidas en el sector, favoreciendo el desarrollo de *P. gracile*.

El 28 de marzo la temperatura superficial disminuyó notablemente, registrándose también un aumento en la concentración de clorofila *a*, alcanzando

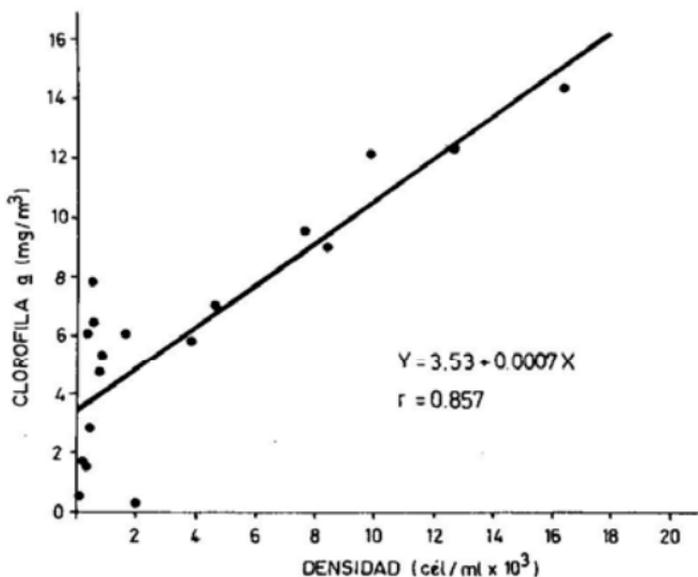


Fig. 6. Relación entre la concentración de clorofila a y la densidad total del fitoplancton, durante marzo-abril de 1985.

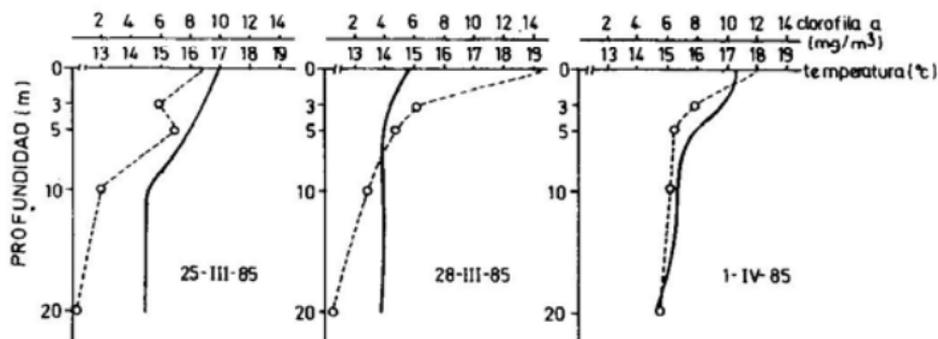


Fig. 7. Relación entre la concentración de clorofila a (línea segmentada) y la temperatura del agua de mar (línea continua), durante marzo-abril de 1985.

do a 14.41 mg/m³ en superficie. Posteriormente el 12 de abril se produce un nuevo cambio en la estructura térmica, manteniéndose los altos valores de clorofila *a* en superficie (12.17 mg/m³), asociado esta vez con un aumento de la temperatura en toda la columna de agua.

Es interesante destacar que no siempre las mayores concentraciones de *P. gracile* se ubicaron en superficie, registrándose cifras considerables bajo los 10 metros de profundidad el 25 y el 28 de marzo. Una distribución vertical disímil con respecto a las diatomeas se observó el 12 de abril, lo que indica en este caso una migración del dinoflagelado hacia la superficie, debido a su fototactismo positivo, quedando las diatomeas circunscritas a los niveles subsuperficiales (Fig. 8).

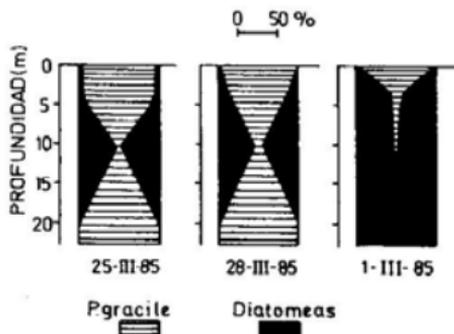


Fig. 8. Relación porcentual entre la concentración de diatomeas y el dinoflagelado *Prorocentrum gracile*, durante marzo-abril de 1985.

Para tener una idea más acabada sobre el comportamiento de la temperatura superficial del mar en el área de estudio, se consideraron los registros del año 1985 captados en la zona central de Chile a través de los satélites NOAA. El 24 de febrero de ese año, se pudo apreciar un acercamiento de aguas cálidas hacia el litoral, con temperaturas que oscilaron entre los 15 y 16°C, influenciando la zona costera (Fig. 9).

Más adelante, el 18 de marzo, estos cuerpos de agua se circunscribieron a la costa misma, disminuyendo su límite norte hasta la zona de Quintero aproximadamente. A la vez, continuaron el avance hacia la zona sur con temperaturas máximas de 16°C, consideradas altas para el lugar y época del año (Fig. 10). El 29 de marzo y en pleno desarrollo del fenómeno de marea roja, al sur de Valparaíso se observaron en superficie aguas de temperaturas más bajas, desapareciendo prácticamente de esta zona las aguas cálidas. Otro tanto sucedió en la bahía, manteniéndose aún el predominio de altas temperaturas en la costa misma, lo que se acentuó hacia el norte, donde se observaron temperaturas que fluctuaron mayoritariamente entre los 15 y 16°C (Fig. 11).

En coincidencia con los datos de temperatura obtenidos *in situ* (Fig. 16), el 10 de abril se apreció un enfriamiento a lo largo de la costa, terminando por desaparecer definitivamente las manchas rojas desde la superficie del mar (Fig. 12). En las figuras 13 y 14 correspondientes al mismo mes, la presencia de aguas frías se acentuó

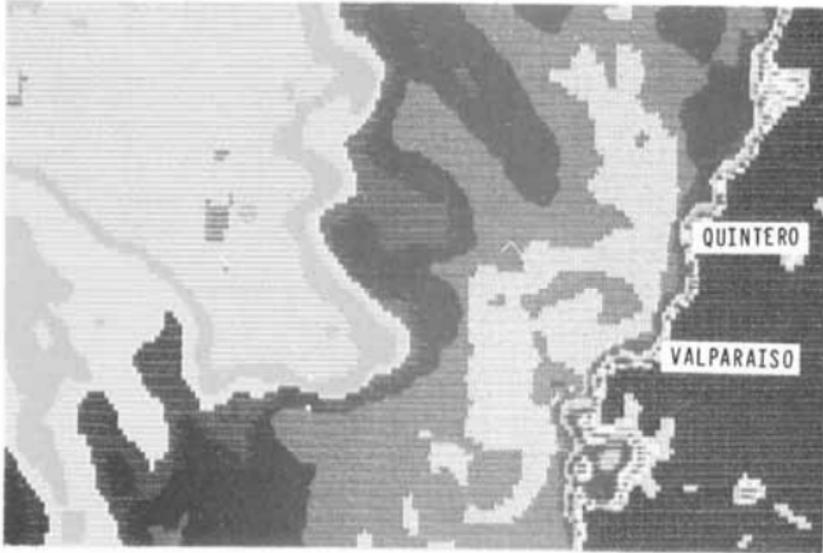


Fig. 9.- Temperatura superficial del mar registrada por el satélite NOAA-C en la zona de Valparaíso. 24 febrero 1985 (17:41 hora local).

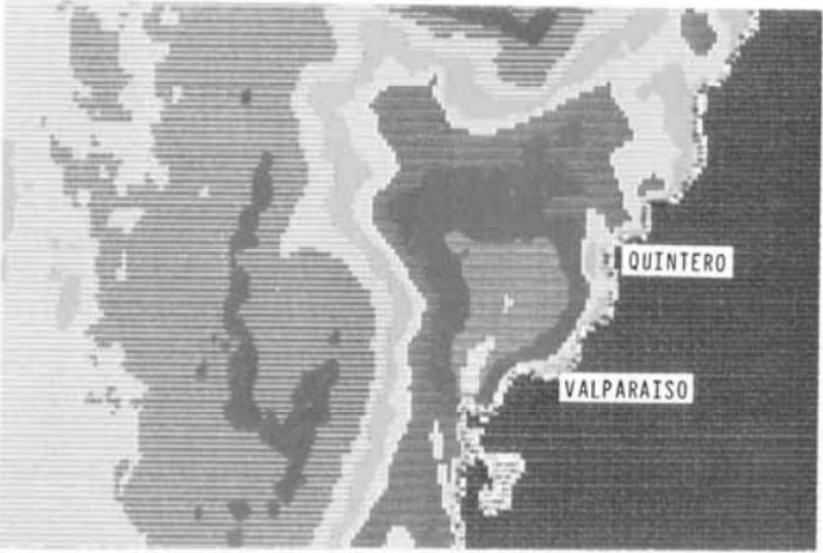


Fig. 10.- Temperatura superficial del mar registrada por el satélite NOAA-F en la zona de Valparaíso. 18 marzo 1985 (15:52 hora local).

Tabla de equivalencias:

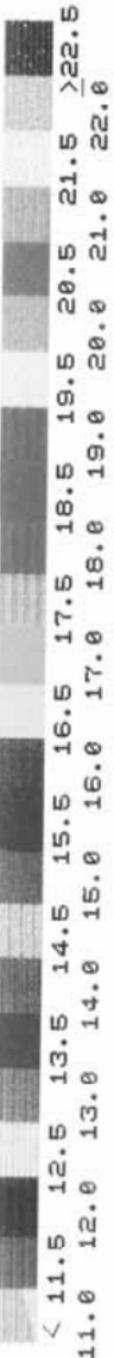




Fig. 11.- Temperatura superficial del mar registrada por el satélite NOAA-F en la zona de Valparaíso. 29 marzo 1985 (15:36 hora local).



Fig. 12.- Temperatura superficial del mar registrada por el satélite NOAA-F en la zona de Valparaíso. 10 abril 1985 (15:08 hora local).

Tabla de equivalencias:





Fig. 13.- Temperatura superficial del mar registrada por el satélite NOAA-F en la zona de Valparaíso. 17 abril 1985 (15:35 hora local).

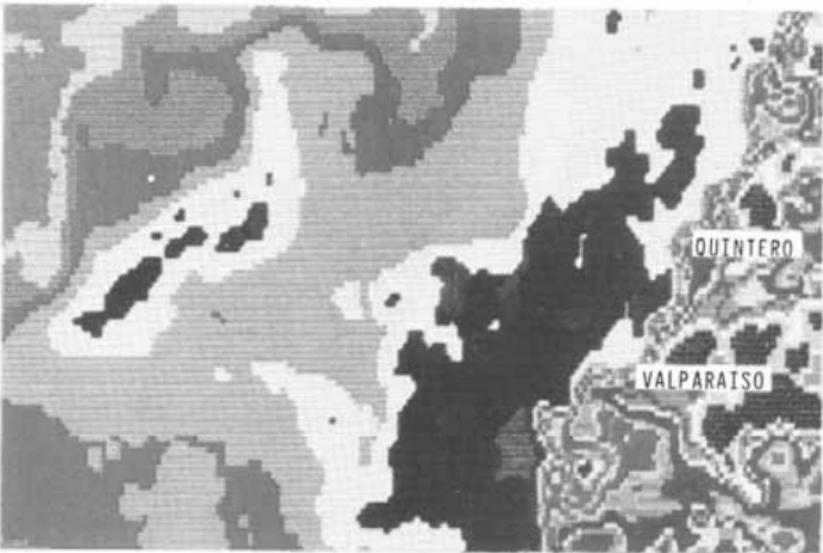


Fig. 14.- Temperatura superficial del mar registrada por el satélite NOAA-F en la zona de Valparaíso. 28 abril 1985 (15:18 hora local).



aún más, registrándose en superficie valores cercanos a los 11^o C, el 17 y 28 de abril.

El acercamiento a la costa de aguas cálidas en febrero de 1985, con temperatura entre 15 y 16^o, habrían creado el ambiente propicio para el crecimiento de *P. gracile*, que culminó con el evento de marea roja observado durante marzo - abril. En el mes de marzo se produjeron los períodos de calma más prolongados, con valores cercanos al 50%, coincidiendo con la ausencia de vientos durante la primera quincena de marzo que, sumado a lo anterior, proporcionó al dinoflagelado las condiciones favorables para su desarrollo (Fig. 15).

Para complementar lo analizado en cuanto a la temperatura superficial del mar, se consideró información diaria de este parámetro, registrado en el área de Montemar durante los cuatro primeros meses de los años 1983 y 1985 (Fig. 16). Las temperaturas más altas del primer año se observaron en enero, particularmente hacia fines del mes, bajando considerablemente en los días siguientes, alcanzando valores mínimos a mediados de marzo.

En los meses de enero y febrero de 1983 se observó un notorio incremento de la temperatura del agua de mar, denotando una intrusión de aguas cálidas que favorecerían la presencia y desarrollo de *P. gracile*. Al respecto, Prado & Sievers (1987) advirtieron una anomalía térmica positiva en los meses de verano de 1983, poco usual para el área de estudio. Hacia fines de marzo de ese año se apreció una leve alza de la temperatura superficial del

mar, coincidiendo con la multiplicación y primacía de *P. micans*, y la disminución de *P. gracile*. Cabe hacer notar que la temperatura en marzo fue bastante inferior a la observada en enero y febrero.

La situación en 1985 fue diferente, ya que el régimen térmico en superficie fue normal. La presencia de *P. gracile* obedecería al desenquistamiento de posibles quistes de esta especie, depositados en los sedimentos del área de estudio como consecuencia del enquistamiento producido en marzo de 1983, el cual inferimos. Posteriormente, hacia fines de marzo sobrevino el desarrollo y multiplicación de las células móviles, en forma similar a lo sucedido en 1983 cuando disminuyó la temperatura.

La información disponible sobre quistes del género *Prorocentrum* es incierta hasta hoy, debido a que su existencia no ha sido probada experimentalmente. Al respecto, Dale (1983) manifiesta que los dinocistas más conocidos corresponden a ejemplares de agua dulce, siendo prácticamente desconocidos los del género *Prorocentrum*, aunque reconoce que la proporción de especies productoras de quistes en aguas tropicales es muy baja. Sin embargo, el hecho de que no se hayan descrito quistes para especies marinas del género antes mencionado, sólo significa que ellos no han sido observados o reconocidos. Al menos en *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) Dodge, se ha observado en cultivos una estructura café de paredes gruesas con numerosos glóbulos de lípidos, cuya morfología y citología sugieren la de un quiste.

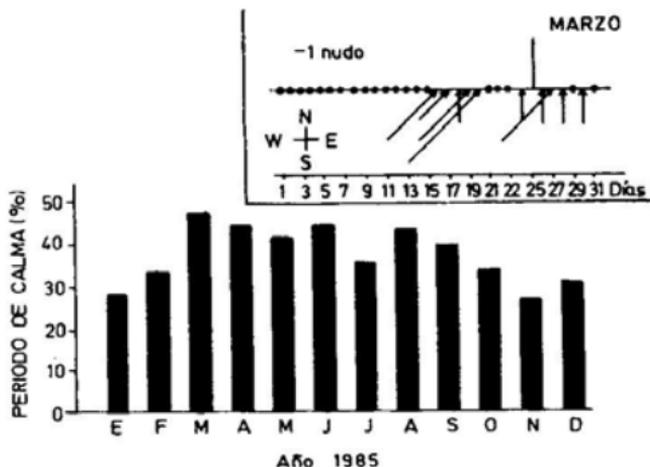


Fig. 15. Porcentaje de calmas registradas en Punta Angeles, Valparaíso, en 1985. En el recuadro se indican los vientos observados en la zona costera de Montemar durante marzo (14:00 hora local).

Steldinger & Haddad (1981), sustentan la hipótesis de que los dinoflagelados costeros y estuarinos responsables de mareas rojas tienen la particularidad de formar quistes, contribuyendo así a mantener una reserva de semillas bentónicas que posteriormente se desarrollan en condiciones favorables. Por otra parte, Loeblich & Loeblich (1984) afirman que las condiciones ambientales son las que contribuyen a la formación de quistes. Pese a lo limitado de la información, Faust (1990) hace mención de quistes de *Prorocentrum micans* provenientes de muestras marinas, describiéndolos como estructuras esféricas y de color café.

Las referencias más recientes sobre quistes de *Prorocentrum*, están dadas para la especie béntica *Prorocentrum marinum* (Cienkowski) Dodge & Bibly,

los cuales son descritos como estructuras esféricas de 35 - 45 micrones de diámetro, color café canela y de pared lisa sin ornamentación. Ante la presencia de aguas cálidas, alta intensidad luminosa y contenido de oxígeno, comienza a desencadenarse el proceso de desenquistamiento, formándose las células móviles en el centro de los quistes, para continuar posteriormente con su desarrollo (Faust op. cit.). Debido a que investigaciones de esta naturaleza son recientes, existen hasta ahora más incógnitas que respuestas.

Nuestra suposición en cuanto a la existencia de quistes se basa fundamentalmente en la proliferación de *P. gracile* ocurrida en marzo - abril de 1985, después de haber transcurrido dos años del primer evento, donde inferimos su enquistamiento. Esta suposición

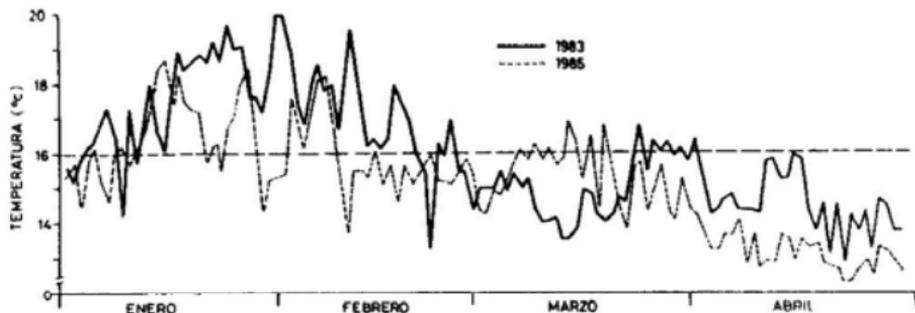


Fig. 16. Temperatura superficial del mar registrada en la zona costera de Montemar, Valparaíso (14:00 hora local).

se ve reforzada por un nuevo fenómeno de marea roja ocurrido en la bahía de Valparaíso, durante marzo - abril de 1987, siendo nuevamente responsables las especies *Prorocentrum gracile* y *P. micans*, cuya dinámica será objeto de un estudio posterior.

La repetición de estos fenómenos causados por especies de *Prorocentrum* en la bahía de Valparaíso en los últimos años, justificaría el estudio

de las especies del género para conocer más sobre su biología y distribución espacio - temporal, tanto en la bahía como en otros puntos del litoral chileno. Es importante también establecer relaciones entre las especies con diversos parámetros hidrobiológicos del medio, a objeto de proporcionar fundamentos científicos más sólidos que contribuyan a una mejor comprensión de estos eventos.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se describen dos fenómenos de marea roja ocurridos en la zona central de Chile, en los años 1983 y 1985. El primer evento se registró entre las

bahías de Valparaíso (33° 01' S) y de Quintero (32° 45' S) en marzo de 1983. El análisis cualitativo de las primeras muestras tomadas revelaron la presencia

de organismos que en años anteriores fueron responsables de estos fenómenos en el área de Valparaíso: *Mesodinium rubrum* y *Scrippsiella trochoidea*, los que junto a *Prorocentrum gracile* y *Prorocentrum micans*, tornaron de color rojo pálido la superficie del mar. Tanto *M. rubrum* como *S. trochoidea* no tuvieron incidencia en los análisis cuantitativos, mientras que *P. gracile* a comienzos del suceso alcanzó una concentración de 177 cél/ml.

Las manchas se distribuyeron irregularmente en superficie, entre la costa y dos millas. La evolución del fenómeno se caracterizó por la aparición de otro dinoflagelado del género *Prorocentrum*, *P. micans*, el cual alcanzó una concentración máxima de 2.150 cél/ml en la segunda quincena de marzo. Ambas especies de *Prorocentrum* coexistieron en el plancton durante la mayor parte del tiempo, terminando por predominar *P. micans* hacia fines de marzo. Se establecieron comparaciones morfológicas entre ambos taxa de dinoflagelados en base a la altura del cuerpo y transdiámetro, confirmando la presencia de las dos especies.

Las diatomeas estuvieron presentes durante todo el desarrollo del evento, sobresaliendo por su frecuencia y abundancia las especies *Nitzschia seriata* y *Skeletonema costatum* en superficie. En los niveles inferiores destacaron por su concentración los ejemplares antes señalados, más *Chaetoceros teres* y otras especies propias de la bahía de Valparaíso, lo que sugiere el comienzo de la proliferación de otoño con abundancia de diatomeas en los niveles subsuperficiales, y la concentración de especies del

género *Prorocentrum* en superficie.

En marzo de 1985 se observaron nuevas discoloraciones del agua de mar en la bahía de Valparaíso, provocadas por *P. gracile*, alcanzando esta vez concentraciones de hasta 17.100 cél/ml. Este nuevo evento obedecería a la presencia de quistes de resistencia en los sedimentos, los cuales se habrían desarrollado frente a condiciones ambientales favorables.

Se observó una alta correlación entre los valores de densidad de células y de concentración de clorofila a ($r=0.857$). Variaciones de la densidad de *P. gracile* en función de la profundidad, permitieron apreciar las migraciones verticales nictimerales características de este dinoflagelado.

Ambos fenómenos fueron favorecidos por la presencia de altas temperaturas en el agua de mar, como lo demuestra la información satélite analizada y las temperaturas registradas *in situ*.

La repetición de estos eventos causados por dinoflagelados del género *Prorocentrum*, justifica continuar investigaciones orientadas a incrementar el conocimiento sobre su biología, distribución espacio-temporal y relación con otros parámetros ambientales.

AGRADECIMIENTOS. Expresamos nuestro reconocimiento al Servicio Meteorológico de la Armada de Chile, por los datos de vientos puestos a nuestra disposición. Agradecemos a la Sra. Carmen Gloria Arancibia y al Sr. René Astudillo, del Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso por su eficiente labor de mecanografía y dibujo, como también a la Dra. Noemí Ochoa, del Instituto del Mar del Perú, quien tuvo la gentileza de hacernos llegar ejemplares de *Prorocentrum gracile*, recolectados en el norte de su país. Agradecemos también a la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad de Valparaíso, por su aporte que permitió incluir las fotografías de satélite que ilustran esta publicación. Finalmente, agradecemos a los árbitros que revisaron este trabajo, por sus valiosas sugerencias y comentarios.

LITERATURA CITADA

- ALVIAL, A. & B. GARCIA. 1986. Dinámica de un fenómeno de marea roja producido por *Prorocentrum gracile* Schütt, Iquique, Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 22(2): 97-123.
- ANDERSON, D.M., WHITE, A.W. & D.G. BADEN. 1985. *Toxic Dinoflagellates*, 561 pp. Elsevier, New York.
- AVARIA, S. 1975. Estudios de ecología fitoplanctónica en la bahía de Valparaíso. II. Fitoplancton 1970-1971. *Revista de Biología Marina*, 15(2):131-148.
- AVARIA, S. 1982. Fenómenos de marea roja en el mar chileno. *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA* 6: 117-127.
- AVARIA, S. & P. MUÑOZ. 1982. Primer registro de marea roja producido por dinoflagelados tecados en la bahía de Valparaíso, Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 18(2): 101-115.
- AVARIA, S. & P. MUÑOZ. 1983. Composición y biomasa del fitoplancton marino del norte de Chile en mayo de 1981 (Operación Oceanográfica MARCHILE XII-ERFEN III). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA* 7: 109-140.
- AVARIA, S. & P. MUÑOZ. 1985. Efectos del fenómeno de "El Niño" sobre el fitoplancton marino del norte de Chile en diciembre de 1982. (Operación Oceanográfica MARCHILE XIV - ERFEN V). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA* 9: 3-30.

- AVARIA, S., MUÑOZ, P. & M. BRAUN. 1988. El fitoplancton frente a península Los Molles, Valparaíso, Chile (32° 45'S) y su relación con "El Niño" 1982-83. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 24(1): 1-35.
- AVARIA, S., MUÑOZ, P. & E. URIBE. 1982. Composición y biomasa del fitoplancton del norte de Chile en diciembre de 1980 (Operación Oceanográfica MARCHILE XI-ERFEN II). *Ciencia y Tecnología del Mar, CONA* 6: 5-36.
- BÖHM, A. 1936. Dinoflagellates of the coastal waters of western Pacific. *Bulletin of the Bernice Pauahi Bishop Museum, Honolulu*, 137: 1-54.
- BLANCO, J. 1988. Distribución vertical y asociación al sedimento de los quistes de dinoflagelados en la ría de Ares y Betanzos. *Investigación Pesquera*, 52(3): 335-344.
- DALE, B. 1983. Dinoflagellate resting cysts: "Benthic plankton". In: G.A. Fryxell (ed), *Survival Strategies in Algae*, pp. 69-136. Cambridge University Press, London and New York.
- DODGE, J.D. 1984. Dinoflagellate Taxonomy. In: Spector, D.L. (ed), *Dinoflagellates*, pp. 17-42. Academic Press, London.
- FARIAS, M. & M.A. BARBIERI. 1988. Uso de las temperaturas superficiales del mar en la pesquería artesanal de atún (*Thunnus alalunga*). Costa Central, Chile (latitud 32°-34° S). *Revista SELPER Nº2 capítulo Chile*, pp. 32-38.
- FAUST, M.A. 1990. Cysts of *Prorocentrum marinum* (Dinophyceae) in floating detritus at Twin Cays, Belize mangrove habitats. In: Granéli, E., Sundström, B., Edler, L. & D.M. Anderson (eds), *Toxic Marine Phytoplankton*, pp. 138-143. Elsevier, New York.
- GUZMAN, L. & I. CAMPODONICO. 1978. Mareas rojas en Chile. *Interciencia*, 3(3): 144-151.
- LEMBEYE, G. & I. CAMPODONICO. 1984. First recorded bloom of the dinoflagellate *Prorocentrum micans* Ehr. in South-Central Chile. *Nota Científica. Botánica Marina*, vol. XXVII, Fasc. 10, pp. 491-493.
- LOEBLICH, A.R. III & L.A. LOEBLICH. 1984. Dinoflagellates cysts. In: Spector, D.L. (ed), *Dinoflagellates*, pp. 443-480. Academic Press, London.
- MANNING, J. 1957. Summary of investigation on the pelagic fish survey of Chilean waters with special reference to the swordfish, marlings and tunas. University Miami Marine Laboratory, Technical Reference 57-4: 1-65.

- MUÑOZ, P. 1985. Estructura y comportamiento de las comunidades fitoplanctónicas en el norte de Chile durante el fenómeno El Niño 1982-1983. *Investigación Pesquera (Chile)*, 32: 195-197.
- MUÑOZ, P. & S. AVARIA. 1983. *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Loeblich III, nuevo organismo causante de marea roja en la bahía de Valparaíso, Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 19(1): 63-78.
- MUÑOZ, P. & S. AVARIA. 1986. Análisis taxonómico de los dinoflagelados *Prorocentrum micans* Ehrenberg y *Prorocentrum gracile* Schütt causante de marea roja en el litoral chileno. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 22(2): 141-155.
- PRADO, R. & H. SIEVERS. 1987. Distribución de características físicas y químicas frente a península Los Molles, Chile (32°45' S) y su relación con "El Niño" 1982/83. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 23(1): 31-75.
- RODRIGUEZ, L. 1966. Primera cita de las especies componentes del "Huirihue" o "Marea Roja". *Estudios Oceanológicos*, 2: 91-93.
- RODRIGUEZ, L. 1976. "Marea Roja" en el norte de Chile. *Noticiario Mensual Museo Nacional de Historia Natural*, 243-244: 6-8.
- RODRIGUEZ, L. 1978. "Marea Roja" en la bahía de San Jorge, Antofagasta-Chile. *Noticiario Mensual Museo Nacional de Historia Natural*, 266: 6-8.
- RODRIGUEZ, L. 1985. Revisión del fenómeno de marea roja en Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 21(1): 173-197.
- RODRIGUEZ, L. 1987. Observaciones sobre fitoplancton y temperatura superficial en la bahía de San Jorge, Antofagasta, Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 23(1): 1-29.
- RODRIGUEZ, L. & O. ZARATE. 1985. Nuevas observaciones sobre "mareas rojas" en la bahía San Jorge, Antofagasta-Chile. *Nota Científica. Estudios Oceanológicos*, 4: 81-85.
- RODRIGUEZ, L., ZARATE, O. & E. OYARCE. 1985. "Marea roja" en la bahía de San Jorge, Antofagasta, durante septiembre y octubre de 1982. *Revista de Biología Marina, Valparaíso*, 21(2): 273-294.
- SAMPAYO, M.A. & G. CABEÇADAS. 1981. Occurrence of red water off Algarve. *Boletim Instituto Nacional de Investigacao das Pescas, Lisboa*, 5: 63-87.
- SANTANDER, H. & N. OCHOA. 1982. Informe sobre mareas rojas en el Perú. *Informes UNESCO Ciencias del Mar*, 19: 18-23.

- STEIDINGER, K.A. & J. WILLIAMS. 1970. Dinoflagellates. Memoirs Hourglass Cruises, 2: 1-251.
- STEIDINGER, K.A. & K. HADDAD. 1981. Biological and hydrographic aspects of red tides. Bio-Science, 31: 814-819.
- STRICKLAND, J.D.H. & T.R. PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2nd ed. Bulletin Fisheries Research Board Canada, 167, 311 pp.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung Limnologie, 9: 1-38.