

**INFORMES TECNICOS
DEL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PESQUERAS**

Mareas rojas

por

MARTA ESTRADA

132

Barcelona, febrero de 1986

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

Publicación de tecnología pesquera, editada por el Centro Nacional de Ciencias del Mar (CECIMAR), en el que están integrados los Institutos de Investigaciones Pesqueras de Barcelona y de Vigo, el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (Cádiz) y el Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (Castellón).

Director : Dr. B. ANDRÉU, Prof. Inv.
Secretario : Dr. J. J. LÓPEZ, Inv. Cient.
Redactor-Jefe: Dr. M. ALCARAZ, Inv. Cient.

CONSEJO DE REDACCIÓN

Dr. A. BALLESTER, Prof. Inv.
Instituto de Investigaciones Pesqueras
Barcelona

Dr. C. BAS, Prof. Inv.
Instituto de Investigaciones Pesqueras
Barcelona

Dr. R. ESTABLIER, Prof. Inv.
Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía
Puerto Real (Cádiz)

Dr. F. FRAGA, Prof. Inv.
Instituto de Investigaciones Pesqueras
Vigo

Dr. M. GUTIÉRREZ, Inv. Cient.
Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía
Puerto Real (Cádiz)

Dr. M. G. LARRAÑETA, Prof. Inv.
Instituto de Investigaciones Pesqueras
Vigo

Dr. M. LÓPEZ-BENITO, Prof. Inv.
Instituto de Investigaciones Pesqueras
Vigo

Dr. R. MARGALEF, Catedrático de Ecología
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad de Barcelona

Dr. F. MUÑOZ, Col. Cient.
Instituto de Acuicultura
Torre de la Sal (Castellón)

Dr. E. PASCUAL, Inv. Cient.
Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía
Puerto Real (Cádiz)

D. J. M.^a SAN FELIU, Col. Cient.
Instituto de Acuicultura
Torre de la Sal (Castellón)

Dr. F. VIVES, Prof. Inv.
Instituto de Investigaciones Pesqueras
Barcelona

Timothy WYATT, Ph.D.
Instituto de Investigaciones Pesqueras
Vigo

Dra. S. ZANUY, Col. Cient.
Instituto de Acuicultura
Torre de la Sal (Castellón)

Precios de suscripción anual:

España 2.000.— ptas.
Extranjero 3.000.— ptas.

Las suscripciones del extranjero estarán gravadas por una sobretasa de 1.000.— ptas. en el caso de envío por correo aéreo y de 200.— ptas. cuando se haga por correo ordinario.

La correspondencia debe dirigirse a:

Director de «Investigación Pesquera»
Instituto de Investigaciones Pesqueras
Paseo Nacional, s/n.
08003 Barcelona, España

(c) Printed in Spain

Depósito legal B 54973-1972
ISSN 0304-5161

Imprenta Juvenil, S. A.
Maracaibo, 11

Tanto el Centro Nacional de Ciencias del Mar (CECIMAR) como los autores de los trabajos publicados en estos INFORMES TÉCNICOS eluden toda responsabilidad sobre los resultados que se puedan obtener al aplicar, a escala industrial, la información contenida en los mismos. Reservados los derechos de autor. Se prohíbe la reproducción total o parcial del contenido de estos INFORMES TÉCNICOS sin autorización expresa del Editor.

INFORMES TÉCNICOS DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PESQUERAS

Entidades colaboradoras:

COMISIÓN ASESORA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA

EMPRESA NACIONAL DE CELULOSA. Fábrica de Pontevedra

HERMASA, Fabricación de maquinaria para conserva. Vigo

PROSEMA, Promotora de Servicios y Manifestaciones Alimentarias.
Barcelona

S. COOPERATIVA DE ARMADORES DE PESCA del puerto de Vigo

Mareas rojas*

por

MARTA ESTRADA

Instituto de Investigaciones Pesqueras.
Paseo Nacional, s/n. 08003 Barcelona.

INTRODUCCIÓN

Las mareas rojas o purgas de mar son fenómenos bien conocidos, a nivel popular, en el litoral gallego. La primera descripción científica la realizó SOBRINO (1918), que identificó a *Gonyaulax polyedra* como causante de una marea roja ocurrida en la ría de Pontevedra. Posteriormente, MARGALEF, DURÁN y SÁIZ (1955) y MARGALEF (1956) estudiaron diversos aspectos de la estructura y evolución de las mareas rojas en la ría de Vigo. El interés por las purgas de mar de las rías gallegas volvió a situarse en primera línea en 1976, a raíz de la aparición de un brote de intoxicación paralizante por bivalvos (IPB) que afectó un número importante de personas en varios países, pero que, afortunadamente, no causó muertes (ANDRÉU, 1976; GESTAL *et al.*, 1978; LÓPEZ CAPONT, 1978; LUTHY, 1979). Las toxinas responsables de la IPB son producidas por una serie de dinoflagelados típicamente formadores de purgas de mar, pero puede aparecer toxicidad en bivalvos alimentados con dinoflagelados tóxicos, aunque éstos no hayan alcanzado concentraciones capaces de alterar significativamente la coloración del agua. Afortunadamente, gran parte de las purgas de mar son inocuas.

Tras el brote de 1976, el Instituto Español de Oceanografía (I.E.O.) puso

* Recibido el 24 de abril de 1985. Aceptado el 21 de mayo de 1985.

Comunicación presentada en las *IV Jornadas Técnicas sobre la «Ostra»*, celebradas en Pontevedra los días 12 y 13 de octubre de 1984, bajo el patrocinio de la Asociación de Científicos y Tecnólogos de Alimentos de Galicia.

en marcha un programa de vigilancia de las mareas rojas en las rías gallegas (CAMPOS *et al.*, 1982). Paralelamente, las autoridades sanitarias realizan controles de la presencia de toxinas en los mejillones.

A lo largo del litoral de la península Ibérica, las purgas de mar son relativamente frecuentes en las rías gallegas, pero pueden ocurrir en otras zonas, incluida la costa mediterránea. En 1970, una purga de mar del dinoflagelado no tóxico *Noctiluca scintillans* produjo manchas de intenso color rojo que ocuparon importantes extensiones de la costa catalana (LÓPEZ y ARTÉ, 1971). Un fenómeno parecido se repitió en junio de 1984.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS PURGAS DE MAR

En general, las purgas de mar se deben a la acumulación en concentraciones elevadas de organismos fitoplanctónicos, fotosintéticos o no, del grupo de los dinoflagelados. No obstante, también se han registrado intensos cambios de color en el agua debidos a formas de otros grupos, como por ejemplo, *Eutreptiella* (Euglenales), *Emiliania huxleyi* (cocolitoforal), *Trichodesmium* (cianobacteria) o incluso un ciliado, *Mesodinium rubrum*, que posee cloroplastos simbióticos.

El color de las mareas rojas suele ser, como su nombre indica, rojizo, pero pueden adquirir otras tonalidades. En general, la concentración elevada de células queda limitada a las proximidades de la superficie del agua, lo que contribuye a una apariencia más espectacular. La forma de las manchas de marea roja es variable; a veces forman estrías paralelas que pueden relacionarse con la existencia de células de convección, pero otras veces son muy irregulares. Como se puede suponer, la observación de la forma y dimensiones de las manchas es muy difícil desde un barco o desde la costa; en este aspecto, reviste gran interés la posibilidad de captación de imágenes por medio de sensores remotos instalados en un avión o un satélite.

ASPECTOS ECOLÓGICOS DE LAS PURGAS DE MAR

Según MARGALEF (1978), la disponibilidad de energía externa (en forma de movimiento del agua por acción del viento o las corrientes, por ejemplo) es fundamental en la selección de formas biológicas de fitoplancton. Los grupos principales del fitoplancton marino pueden ordenarse según su respuesta a la turbulencia y la concentración de sales nutritivas en el agua (parámetros, asociados ambos a la entrada de energía externa). Dentro de este esquema, los dinoflagelados ocupan una posición característica (figura 1). Por una parte, existe una serie de géneros de dinoflagelados, poseedores en general de una estructura morfológica complicada, que viven en

aguas estratificadas y pobres en nutrientes. Por otra parte, otro grupo de géneros se distingue por su capacidad de formación de mareas rojas, que se dan, fundamentalmente, en condiciones de baja turbulencia y alta concentración de sales nutritivas. La posesión de dos flagelos, uno transversal y otro longitudinal, que permite a los dinoflagelados migrar y moverse en la columna de agua, es importante para comprender tanto la adaptación de estos organismos a aguas estratificadas, como su papel de causantes de purgas de mar.

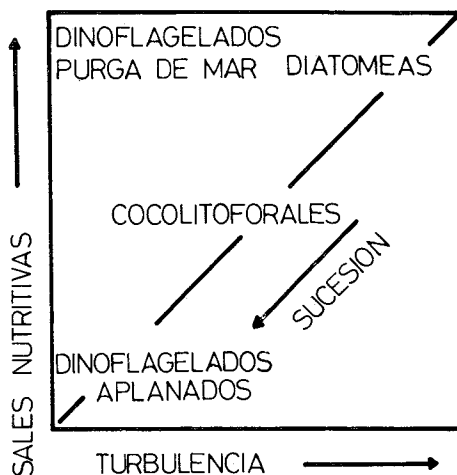


Fig. 1. — Estrategias de los principales tipos biológicos de fitoplancton. Modificado de MARGALEF (1978).

El grupo de los dinoflagelados no es tan sólo complicado morfológicamente, sino también fisiológicamente. Junto a formas con clorofila, que funcionan (a excepción de la posesión de flagelos) como vegetales, existen otras, como *Noctiluca scintillans*, que carecen de pigmentos fotosintetizadores y se nutren de materia orgánica, que pueden obtener ingiriendo otros organismos. En general, los dinoflagelados tienen requerimientos nutricionales complejos (necesidad de vitaminas, por ejemplo) y, a su vez, son frecuentemente productores de sustancias de efectos especiales, entre las que se pueden incluir diversos tipos de toxinas que pueden afectar organismos de muy diversos grupos.

CONDICIONES DE APARICIÓN DE LAS PURGAS DE MAR

Los mecanismos que llevan a la aparición de purgas de mar son complejos y, por el momento, incompletamente conocidos. Como se ha indicado más arriba, las purgas de mar ocurren en situaciones de baja turbu-

lencia y disponibilidad suficiente de nutrientes, pero la asociación de estas dos condiciones no es frecuente en el medio natural; en general, los procesos que enriquecen el agua en sales nutritivas (mezcla por acción del viento, afloramiento, desembocadura de ríos, etc.) producen también movimientos turbulentos que dispersan las células y evitan su acumulación en concentraciones elevadas.

Una relación conceptual sencilla entre turbulencia del medio y posibilidad de aumento de la concentración de organismos planctónicos fue propuesta por KIERSTEAD y SLOBODKIN (1953) y aplicada por SLOBODKIN (1953) al problema de la formación de purgas de mar en las costas de Florida. KIERSTEAD y SLOBODKIN suponían que el crecimiento de una población de fitoplancton debía tener lugar en una masa de agua favorable y representaban la tasa de crecimiento de los organismos mediante el modelo exponencial habitual, $dN/dt = kN$, donde N es el número total de organismos en la masa de agua favorable y k la tasa específica de crecimiento. Las dimensiones mínimas de la masa de agua para que el crecimiento fuera superior a las pérdidas por difusión venían dadas por $L_c = C \sqrt{D/k}$, donde D es el coeficiente de difusión y C una constante que depende de la forma de la masa de agua considerada. Esta última expresión indica que, dada una k determinada, la dimensión lineal del espacio favorable debe aumentar proporcionalmente a la raíz cuadrada del coeficiente de difusión, para que pueda existir un aumento de la concentración de organismos. Evidentemente, el modelo de KIERSTEAD y SLOBODKIN es una simplificación de la realidad, pero lleva a conclusiones intuitivamente válidas.

En el caso de los dinoflagelados, las tasas específicas de crecimiento no son particularmente elevadas en relación con las de otros grupos fitoplanctónicos, sino que tienden a ser menores; las causas de la aparición de mareas rojas se hallan más bien en la persistencia de condiciones favorables para el crecimiento, con coeficientes de difusión reducidos (baja turbulencia) y en mecanismos que dan lugar a la acumulación activa o pasiva de organismos en una zona relativamente limitada. La asociación, citada frecuentemente, entre salinidades anormalmente bajas y mareas rojas puede ser debida, más que a un efecto directo del contenido en sales de agua, al efecto estabilizador de una capa de agua desalada y, por tanto, menos densa. Las lluvias pueden favorecer la aparición de purgas de mar a través de este mecanismo (MARGALEF, 1956).

Existen diversas situaciones hidrográficas que pueden conducir a la concentración de ciertos organismos y favorecer la aparición de una purga de mar. Además, las proliferaciones de estos organismos pueden ser transportadas por las corrientes a zonas lejanas de su punto de iniciación. STEINDINGER (1975) afirma, por ejemplo, que las proliferaciones de *Gymnodinium breve* en el golfo de México se originan más de 18 km aguas afuera; de allí, una parte son conducidas hacia la costa y pueden originar mareas rojas importantes.

Entre los tipos de circulación del agua que teóricamente pueden actuar como mecanismos de concentración pueden citarse los siguientes (véase, por ejemplo, PINCEMIN, 1969; WYATT, 1975; MARGALEF *et al.*, 1979):

— *Transporte hacia la costa*, por el viento o por la circulación general, de aguas de superficie. Un mecanismo de este tipo se da en estuarios negativos. En los estuarios con circulación positiva, el agua menos salada fluye hacia el mar en superficie, mientras que por el fondo entra agua más salada y densa; este es el caso general de las rías gallegas, pero en ocasiones el esquema de circulación puede invertirse. Cuando un estuario funciona como negativo, recibe agua menos densa por la superficie y exporta agua más densa en profundidad (fig. 2 A). En este caso, los organismos fitoplanctónicos arrastrados por la corriente, si flotan o tienen posibilidades de movimiento para regular su posición en la parte superior de la columna de agua, pueden concentrarse en el interior del estuario.

— *Células de convección*. Consisten en sistemas de circulación en los que se originan zonas de convergencia y divergencia como las que se esquematizan, en corte transversal, en la figura 2 B. Pueden aparecer por

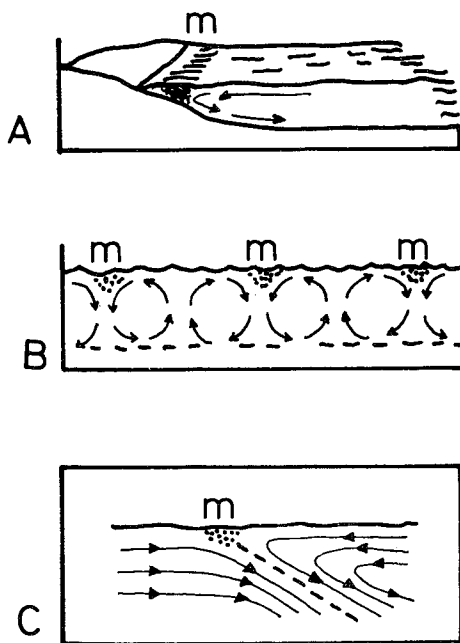


Fig. 2. — A: Esquema de la acumulación (zona *m*) de organismos flotantes o móviles cerca de la costa. B: Diagrama de la estructura de células de convección sobre una termoclina (*t*). *m* = zonas de acumulación de organismos flotantes o móviles. C: Esquema de la circulación en un frente convergente entre dos masas de agua de distinta densidad. *m* = zona de acumulación de organismos flotantes o móviles. Modificado de PINCEMIN (1969) y WYATT (1975).

la presencia de inestabilidades de origen térmico, por ejemplo, o por efecto del viento (circulación de LANGMUIR). En principio, los organismos flotantes (como las colonias de *Trichodesmium*) o los móviles con fototactismo positivo (como podría ser un dinoflagelado) tienden a acumularse en las zonas de convergencia de las células de convección (fig. 2 B). La apariencia en forma de manchas alargadas paralelas de ciertas mareas rojas puede ser debida a este mecanismo de formación.

— *Frentes*. Los frentes son zonas de contacto entre masas de agua en que se da un gradiente intenso de ciertas propiedades (en general temperatura, salinidad, etc.). En un frente con convergencia, como el de la figura 2 C, podrían, como en los ejemplos anteriores, acumularse organismos flotantes o móviles.

— *Ondas internas*. Se ha sugerido la posibilidad de que el fitoplancton pudiera ser acumulado en aguas someras por la acción de ondas internas (WYATT, 1975). KAMYKOWSKI (1974) formuló un modelo matemático en el que consideraba la interacción entre ondas internas y poblaciones de fitoplancton con diversas propiedades (organismos pasivos, móviles con posibilidad de migración, etc.). Llegó a la conclusión de que en ciertas condiciones se podían seleccionar y acumular determinados tipos de organismos.

Junto a los aspectos hidrográficos y de disponibilidad de nutrientes que se han citado como favorecedores de las mareas rojas, hay que tener en cuenta también ciertas características fisiológicas de los organismos causantes, como es, por ejemplo, la motilidad. Recientemente, diversos autores (STEIDINGER, 1975; ANDERSON y WALL, 1978, etc.) han llamado la atención sobre la importancia, en relación con la aparición de purgas de mar, de los ciclos sexuales de los dinoflagelados y de la formación de cistes bentónicos que podrían germinar en condiciones ambientales adecuadas.

FENÓMENOS TÓXICOS

Numerosas purgas de mar son inocuas; sin embargo, algunas pueden tener efectos perjudiciales para otros organismos, incluido el hombre, no sólo a través de mecanismos directos, como la producción de toxinas, sino también a causa de efectos indirectos, como el agotamiento del oxígeno del agua.

Las toxinas producidas por los dinoflagelados son de tipos y efectos muy diversos; además, la capacidad de producción de toxina puede variar dentro de una misma especie o cepa, según el estado fisiológico de los organismos. *Gymnodinium breve*, causante de mareas rojas en las costas de Florida produce ictiotoxinas que provocan gran mortalidad de peces. Ciertos animales acuáticos, como los bivalvos o el zooplancton, pueden almacenar toxinas tras alimentarse de dinoflagelados tóxicos; la ingestión de bivalvos

contaminados puede ocasionar intoxicaciones en el hombre y otros animales. Algunas toxinas, como las de *Dinophysis acuminata* producen trastornos gastrointestinales; otras tienen efectos neurotóxicos y causan en el hombre la denominada intoxicación paralizante por bivalvos (IPB), que puede ser letal. Existen varias clases de toxinas causantes de IPB; uno de los grupos más importantes es el de la saxitoxina, molécula derivada de la purina. Los organismos más conocidos como productores de este tipo de toxinas son formas próximas, que se incluyen en el denominado grupo *catenella* del género *Gonyaulax*; *Gonyaulax catenella* y los *Gonyaulax* del grupo *tamarensis/excavata* figuran entre las formas más frecuentemente citadas. Recientemente, LOEBLICH y LOEBLICH (1979) por un lado y TAYLOR (1979) por otro, han propuesto la consideración de género para el grupo *catenella*; no obstante, existen todavía importantes problemas taxonómicos. No está claro, por el momento, si los organismos descritos hasta ahora como *Gonyaulax tamarensis* y *G. excavata*, con sus formas tóxicas, son especies distintas o (dos o más) cepas de la misma especie. *G. tamarensis* fue descrito por LEBOUR, en 1925, a partir de muestras del estuario del río Tamar (Inglaterra). BRAARUD, en 1945, distinguió una variedad *excavata*, que resultó ser común en ambos lados del Atlántico Norte. Posteriormente, BALECH (1971) elevó esta variedad a la categoría de especie, aunque no todos los especialistas aceptaron su proposición. Los casos de IPB descritos en la bahía de Fundy y otras zonas del noroeste del Atlántico, atribuidos en principio, a *G. tamarensis*, parecen corresponder, según LOEBLICH y LOEBLICH (1975), a *G. excavata*. Estos autores observaron que la forma tóxica del noroeste del Atlántico era bioluminiscente y no poseía un poro ventral, mientras que la forma del estuario del río Tamar, no tóxica, no era bioluminiscente y poseía un poro ventral. Sin embargo, recientemente se han descrito excepciones a esta caracterización. Para complicar más la situación, en diversos lugares pueden aparecer proliferaciones de formas tóxicas y no tóxicas (FRAGA *et al.*, 1984; YENTSCH *et al.*, 1978).

PURGAS DE MAR TÓXICAS EN LAS RÍAS GALLEGAS

MARGALEF (1956) considera la purga de mar como una culminación de la sucesión del fitoplancton en las rías, que puede tener lugar cuando los elementos nutritivos son abundantes (situación normal en las rías) y las condiciones hidrográficas aseguran una estabilidad suficiente durante un período adecuado. Estas circunstancias acostumbran a darse al final del verano, de ahí que la mayor parte de las mareas rojas de las rías gallegas se hayan registrado entre agosto y octubre, aunque ha habido excepciones. Las especies causantes de las mareas rojas estudiadas han sido muy variadas. SOBRINO (1918) señaló a *Gonyaulax polyedra* como responsable de

unas purgas de mar en la ría de Pontevedra. Las especies dominantes en las purgas de mar estudiadas por MARGALER *et al.* (1955) fueron *G. polyedra* y *Ceratium furca*. MARGALEF (1956) describió una purga de mar producida en agosto-septiembre de 1955, debida principalmente a *G. diacantha*, *G. polyedra* (fig. 3) y *G. spinifera*, aunque se registraron concentraciones menores de *G. diegensis*, *G. tamarensis* y *G. monocantha*. Otro organismo frecuentemente causante de mareas rojas en las rías gallegas es el ciliado *Mesodinium rubrum* (FRAGA *et al.*, 1984).

El 26 de octubre de 1976, nueve días después del primer caso de IPB, se tomaron muestras de plancton procedentes de las zonas afectadas. Llamó la atención la elevada concentración en las muestras de un dinoflagelado formador de cadenas (ESTRADA, 1976), posteriormente identificado como *Gymnodinium catenatum* Graham (ESTRADA *et al.*, 1984). Sin embargo, no pudo reunirse suficiente información sobre la posible toxicidad de este organismo (fig. 4). Desde entonces, se ha detectado en varias ocasiones la presencia, en bivalvos, de toxinas causantes de IPB (CAMPOS *et al.*, 1982; FRAGA *et al.*, 1984). En la mayor parte de los casos, la toxicidad apareció asociada a la presencia en el agua de *Gymnodinium catenatum* lo que, junto a observaciones de otros autores, a raíz de una marea roja en Mazatlán, México (MEE *et al.*, 1980; MOREY-GAINES, 1982), llevó a CAMPOS *et al.*, a la conclusión de que había que considerar a *Gymnodinium catenatum* como altamente sospechoso de toxicidad. Este caso de aparición súbita de una especie tóxica y la recurrencia de proliferaciones en años sucesivos es parecido al ocurrido en el golfo de Maine (Estados Unidos) a partir de 1972, año en que se registró por primera vez una marea roja fuertemente tóxica debida a un organismo del complejo *Gonyaulax tamarensis/excavata* (LOEBLICH y LOEBLICH, 1975). Desde entonces se han repetido anualmente

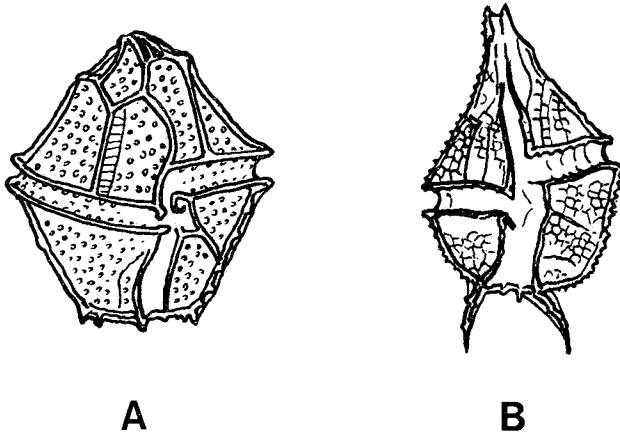


Fig. 3. — A: *Gonyaulax polyedra*. Diámetro: 42-54 μm . B: *Gonyaulax diacantha* (= *G. verior*). Longitud: 40-56 μm ; anchura: 24 μm . Según R. Margalef.

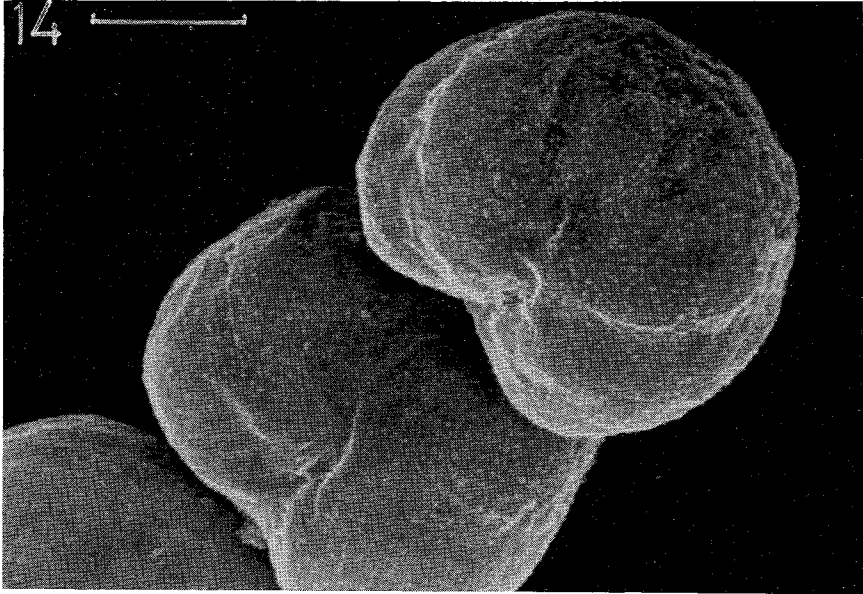


Fig. 4. — Células de *Gymnodinium catenatum* en visión anteroapical. Fotografías al microscopio electrónico de barrido (ESTRADA y FAUQUET); escala = 10 μ m.

las proliferaciones de este dinoflagelado. En este sentido, varios autores han destacado el posible papel de los cistes que se mantienen en el sedimento durante la estación desfavorable (ANDERSON y WALL, 1978).

Gymnodinium catenatum ocupa un lugar especial desde el punto de vista taxonómico. No tiene placas tecaes, lo que le sitúa en principio fuera de los géneros *Gonyaulax* o *Protogonyaulax* (el nombre utilizado por TAYLOR (1979) para el grupo *catenella*); sin embargo, aparte de la toxicidad, comparte ciertas características morfológicas con las especies del grupo *catenella* y es muy posible, además, que produzca cistes como los organismos de este grupo (MOREY-GAINES, 1982).

Hasta fechas recientes, la presencia de *Gonyaulax tamarensis* en las rías gallegas no se había asociado a fenómenos de toxicidad. Sin embargo, en mayo de 1984, se observó (FRAGA *et al.*, 1984) una purga de mar de *G. tamarensis* en la ría de Ares que coincidió con la presencia, en mejillones, de un conjunto de toxinas distinto del hallado en brotes anteriores. Estos hechos sugieren la probable existencia, en las rías gallegas, de especies o cepas tóxicas y no tóxicas del complejo de *G. tamarensis*, observación hecha también en otras zonas (YENTSCH *et al.*, 1978).

Aparte de las toxinas causantes de IPB se han hallado a veces, en bivalvos de las rías gallegas, toxinas productoras de transtornos diarréicos. Tras unos brotes de gastroenteritis por consumo de mejillones, que se

consideraron de origen fitoplanctónico, se introdujeron también controles sanitarios para detectar la presencia de este tipo de toxinas (FRAGA *et al.*, 1984). Especies frecuentes en las rías gallegas, como *Prorocentrum micans*, *Dinophysis fortii*, *D. acuminata*, *D. acuta* y *D. caudata*, entre otras, han sido citadas como posibles causantes de intoxicaciones diarreicas por bivalvos. Sin embargo, no se ha podido hallar una relación clara entre la abundancia de estas especies y la toxicidad de los mejillones (FRAGA *et al.*, 1984). Es posible que haya más de una especie implicada. Por otra parte, es importante destacar que *D. acuminata* ha sido señalado como agente responsable de intoxicaciones diarreicas en la costa atlántica francesa (MARCAILLOU-LE BAUT y LASSUS, 1984).

PERSPECTIVAS

Las mareas rojas o purgas de mar son fenómenos de gran importancia, tanto desde puntos de vista ecológicos como sanitarios y económicos.

Existen todavía muchos problemas científicos en relación con las causas de aparición y desarrollo de las purgas de mar; la cuestión es compleja y requiere un enfoque interdisciplinario, al que posiblemente muchas de las teorías existentes podrán aportar elementos positivos.

RESUMEN

Purgas de mar, mareas rojas, agujas, son algunos de los nombres utilizados para designar un cambio de color en el agua debido a la proliferación de organismos microscópicos pertenecientes generalmente al grupo de los dinoflagelados.

Las purgas de mar suelen ocurrir en zonas costeras o asociadas a frentes y zonas de afloramiento. Los factores que conducen a su aparición son complejos, aunque pueden señalarse algunas regularidades. En general, las purgas de mar tienen lugar cuando hay concentraciones importantes de nutrientes, acompañadas, lo que no es corriente en el mar, de un grado elevado de estabilidad del agua, que impide la dispersión de los organismos. La tasa de multiplicación no es demasiado rápida en los dinoflagelados, si se la compara con la de otras formas del fitoplancton, pero contribuye a la formación de mareas rojas la acumulación local de células debida a la interacción entre ciertos tipos de circulación del agua (convergencias, células de convección) y los movimientos de los organismos. Como su nombre indica, los dinoflagelados poseen flagelos que les permiten nadar y mantenerse en las capas más superficiales de la columna de agua.

Muchas purgas de mar son inocuas, pero existen algunos dinoflagelados, como los del grupo *catenella* del género *Gonyaulax*, que producen toxinas muy potentes. Animales que se alimentan de fitoplancton, como los mejillones y otros bivalvos, pueden retener las toxinas y resultar tóxicos para el hombre («intoxicación paralizante por bivalvos»).

Existen, además, otros tipos de toxinas entre los dinoflagelados. Las proliferaciones de *Gymnodinium breve*, por ejemplo, suelen ir acompañadas de gran mortalidad de peces. Por otra parte, las purgas de mar pueden causar efectos deletéreos en los animales acuáticos debido a condiciones secundarias como el agotamiento del oxígeno del agua.

Actualmente, son muchos los laboratorios que están estudiando diversos aspectos de la fisiología y ecología de los dinoflagelados, para intentar llegar a una mejor comprensión del fenómeno de las purgas de mar.

SUMMARY

THE RED TIDES. — Red tide is the name commonly used to indicate a discoloration of the water due to the proliferation of microscopic organisms, generally belonging to the group of the dinoflagellates.

Red tides tend to occur in coastal zones or associated with fronts and upwelling areas. The factors leading to their appearance are complex, although some regularities can be pointed out. In general, red tides may appear when there are high concentrations of nutrients, accompanied of enough stability of the water column to reduce the dispersion of the organisms. The division rates of the dinoflagellates are not particularly fast, especially when compared to those of other phytoplankton forms, but the formation of red tides may be favoured by the accumulation of cells due to interaction between some types of water circulation (convergences, convection cells) and the movement of the organisms. As their name indicates, the dinoflagellates have flagella that allow them to swim and to remain at certain levels of the water column.

Many red tides are harmless, but some red tide forming dinoflagellates, like the *Gonyaulax* of the *catenella* group, may produce very powerful toxins. Phytoplankton eating animals, such as mussels and other bivalvs, may retain the toxins and become toxic for man (paralytic shellfish poisoning, PSP). There are, in addition, other types of toxins. The blooms of *Gymnodinium breve*, for example, may cause important fish kills. The red tides may produce also deletereous effects on aquatic animals due to secondary conditions such as oxygen exhaustion in the water.

At present, the physiology and ecology of the dinoflagellates are being studied in many laboratories with the aim of obtaining a better understanding of the red tide phenomenon.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, D. M. y D. WALL. — 1978. Potential importance of benthic cysts of *Gonyaulax tamarensis* and *G. excavata* in initiating toxic dinoflagellate blooms. *J. Phycol.*, 14 (2): 224-234.
- ANDRÉU, B. — 1976. La marea roja en relación con la toxicidad temporal de los mejillones. *Pausa*, diciembre 1976, pp. 8-12.
- BALECH, E. — 1971. Microplancton del Atlántico ecuatorial oeste (Equalant I). *Serv. de Hidr. Naval, Argentina*, H. 654: 1-103.
- CAMPOS, M. J., S. FRAGA, J. MARIÑO y F. J. SÁNCHEZ. — 1982. Red tide monitoring programme in NW Spain. Report of 1977-1981. *ICES*, C. M. 1982/L: 27.
- ESTRADA, M. — 1976. Informe sobre la composición del fitoplancton en las muestras de Vigo y Bueu remitidas por la Jefatura Provincial de Sanidad. Manuscrito no publicado.
- ESTRADA, M., F. J. SÁNCHEZ y S. FRAGA. — 1984. *Gymnodinium catenatum* GRAHAM en las rías gallegas (NO de España). *Inv. Pesq.*, 48 (1): 31-40.
- FRAGA, S., J. MARIÑO, I. BRAVO, A. MIRANDA, M. J. CAMPOS, F. J. SÁNCHEZ, E. COSTAS, J. M. CABANAS y J. BLANCO. — 1984. Red tides and Shellfish Poisoning in Galicia (NW Spain). *ICES*. Special Meeting on the Causes, Dynamics and Effects of Exceptional Marine Blooms and Related Events, Copenhagen, 4-5 October, C: 5.
- GESTAL, J. J., J. M. HERNÁNDEZ, O. BAO y L. MARTÍNEZ-RISCO. — 1978. Brote de miltotoxicismo en la provincia de la Coruña, *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 4 (4): 3-29.
- KAMYKOWSKI, D. — 1974. Possible interactions between phytoplankton and semi-diurnal tides. *J. Mar. Res.*, 32: 67-89.
- KIERSTEAD, H. y L. B. SLOBODKIN. — 1953. The size of water masses containing plankton blooms. *J. Mar. Res.*, 12 (1): 141-147.
- LOEBLICH, L. A. y A. R. III LOEBLICH. — 1975. The organisms causing New England red tides: *Gonyaulax excavata*. En lo Cicero, V. R. (ed.), *Proceedings First International Conference on Toxic Dinoflagellate Blooms*. Massachusetts Science and Technology Wakefield, 207-224.
- LOEBLICH, A. R. III y L. A. LOEBLICH. — 1979. The systematics of *Gonyaulax* with special reference to the toxic species. En Taylor, D. L. y Seliger, H. H. (eds.), *Toxic Dinoflagellate Blooms*. Elsevier North Holland, New York, 41-46.
- LÓPEZ CAPONT, F. — 1978. Las toxinas del mejillón y otros moluscos. Su problemática e importancia para España. *Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment.*, 18 (1): 47-63.
- LÓPEZ, J. y P. ARTÉ. — 1971. Aguas rojas en las costas catalanas. *Inv. Pesq.*, 35 (2): 699-708.
- LUTHY, J. — 1979. Epidemic Paralytic Shellfish Poisoning in western Europa, 1976. En Taylor, D. L. y Seliger, H. H. (eds.), *Toxic dinoflagellate blooms*. Elsevier North Holland, New York, 15-22.
- MARCAILLOU-LE BAUT, C. y P. LASSUS. — 1984. Intoxications diarrhéiques par les coquillages sur les côtes françaises en 1983. Implication de *Dinophysis acuminata* comme agent responsable. *ICES*, C. M. 1984/E: 16.
- MARGALEF, R. — 1956. Estructura y dinámica de la «purga de mar» en la Ría de Vigo. *Inv. Pesq.*, 5: 113-134.
- 1978. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologica Acta*, 1 (4): 493-509.
- MARGALEF, R., M. DURÁN y F. SAÍZ — 1955. El fitoplancton de la ría de Vigo de enero de 1953 a marzo de 1954. *Inv. Pesq.*, 2: 85-129.

- MARGALEF, R., M. ESTRADA y D. BLASCO. — 1979. Functional morphology of organisms involved in red tides, as adapted to decaying turbulence. En Taylor, D. L. y Seliger, H. H. (eds.), *Toxic Dinoflagellate Blooms*. Elsevier North Holland, New York, 89-94.
- MEE, L., G. DÍAZ-GONZÁLEZ y M. ESPINOSA-DAMIAN. — 1980. Red tide in the south of Sinaloa, Mexico. *The Gulf of California: Origin, Evolution, Waters, Marine Life and Resources*. Estación Mazatlán del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Mazatlán, Sinaloa, México, 12-16 noviembre 1979.
- PINCEMIN, J. M. — 1969. Le problème de l'eau rouge. *Rev. Intern. Océanogr. Méd.*, 13-14: 181-202.
- SLOBODKIN, L. B. — 1953. A possible initial condition for red tides on the coast of Florida. *J. Mar. Res.*, 1: 148-155.
- SOBRINO, R., 1918. — La purga de mar o hematotalasia. *Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* 10 (9): 407-458.
- STEIDINGER, K. A. — 1975. Basic factors influencing red tides. En lo Cicero, V. R. (ed.), *Proceedings First International Conference on Toxic Dinoflagellate Blooms*. Massachusetts Science and Technology, Wakefield, 153-162.
- TAYLOR, F. J. R. — 1979. The toxigenic gonyaulacoid dinoflagellates. En Taylor, D. L. y Seliger, H. H. (eds.), *Toxic Dinoflagellate Blooms*, Elsevier North Holland, New York, 47-56.
- WYATT, T. — 1975. The limitations of physical models for red tides. En lo Cicero, V. R. (ed.), *Proceedings First International Conference on Toxic Dinoflagellate Blooms*. Massachusetts Science and Technology, Wakefield, 81-93.
- YENTSCH, C. M., B. DALE y J. B. HURST. — 1978. Coexistence of toxic and nontoxic dinoflagellates resembling *Gonyaulax tamarensis* in New England coastal waters (NW Atlantic). *J. Phycol.*, 14: 330-332.

Instrucciones a los autores

- 1.— Sólo serán aceptados trabajos originales, que no hayan sido reproducidos en otras publicaciones. Deberán remitirse, por triplicado (original y dos copias), a la dirección de la revista.
- 2.— Los títulos tendrán que ser breves y concretos, de manera que expresen claramente el contenido del trabajo.
- 3.— Los textos habrán de ser redactados en español (excepcionalmente en inglés o francés, cuando se trate de autores extranjeros) en papel tamaño 21 × 30 a doble espacio y por una sola cara. En todos los casos habrán de ir acompañados de resúmenes en español e inglés, este último encabezado por el título del trabajo en dicha lengua.
- 4.— El texto mecanografiado no podrá exceder, salvo excepciones, de 30 páginas numeradas incluidas las leyendas de las figuras y la bibliografía. El número de figuras ordinariamente no excederá de 10. Sólo serán aceptadas figuras originales, no copias de las mismas.
- 5.— Al pie de la primera página se indicará el nombre del Centro y la dirección postal del autor o autores del trabajo.
- 6.— El texto del original, una vez aceptado para su publicación, deberá considerarse como definitivo. Cualquier modificación que desee hacer el autor o autores sobre el texto original, en la corrección de pruebas, será con cargo a los interesados.
- 7.— Los artículos deberán tener los siguientes apartados: Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión, (Agradecimiento(s)), Resumen, Summary y Bibliografía; ésta recogerá sólo las referencias de trabajos citados en el manuscrito.
- 8.— En los nombres científicos de las especies que se citan, se indicará, una vez al menos, el nombre del autor.
- 9.— Las referencias bibliográficas serán relacionadas por orden alfabético de autores, al final del trabajo, indicando nombre del autor o autores, año, título completo del trabajo, nombre abreviado de la revista, volumen y número de la página inicial y final. El título de la revista deberá estar subrayado. En el caso de libros se subrayará el título de éstos, indicando, además, la editorial y número de páginas.
- 10.— Las ilustraciones, limitadas al menor número posible, deberán estar numeradas en serie única (figuras, gráficos, fotos) y en hojas aparte. Las figuras y gráficos serán hechos con tinta china, a tamaño que permita la reducción como máximo a 1/3, de manera que, una vez reducidas las letras y/o los números menores, no resulten inferiores a 1,5 mm. Deberán evitarse figuras originales de más de 50 × 40 cm. Siempre que sea posible las ilustraciones se presentarán agrupadas, dejando entre ellas el mínimo espacio. Lo mismo se hará con las gráficas, que cuando sea posible irán en bloques. Únicamente se aceptarán fotografías en blanco y negro sobre papel brillante. En color sólo en casos excepcionales. Las leyendas de los pies de las figuras irán escritas correlativamente en hoja aparte.
- 11.— Los cuadros deberán ir fuera del texto, en serie única, a ser posible cada cuadro por separado, evitando la presentación de los mismos datos en cuadros y gráficas.
- 12.— Los autores tendrán que citar en el texto los cuadros y figuras incluidos en el trabajo, indicando, además, al margen del manuscrito, el lugar que aquéllos deben ocupar.
- 13.— Las pruebas de imprenta habrán de ser devueltas por los autores por correo ordinario (nunca como impresos) en el plazo de 10 días. En caso contrario, la Redacción podrá efectuar la corrección declinando la responsabilidad de los errores que pudieran pasar inadvertidos; o ser aplazada la publicación del trabajo.
- 14.— El autor recibirá gratuitamente 50 separatas de cada trabajo. En el caso de que sean varios autores, cada uno de ellos recibirá la parte proporcional a la cantidad citada.

ÚLTIMOS NÚMEROS PUBLICADOS

90. Cálculo del tiempo de esterilización de conservas de pescado por métodos analíticos. — J. M. GALLARDO y J. J. CASARES. Noviembre 1981.
- 91-92. Diseño, construcción y funcionamiento de una planta piloto para la producción de alevines de dorada. — E. PASCUAL y A. ARIAS. Enero-Febrero 1982.
93. El problema del sabor amargo en los hidrolizados enzimáticos de proteína de pescado. — L. PASTORIZA, G. SAMPEDRO y M. LOPEZ-BENITO. Marzo 1982.
94. Crecimiento y aprovechamiento del alimento de la lubina, *Dicentrarchus labrax* (Linneo, 1758). — J. RAMOS, M. CARRILLO, S. ZANUY y K. KOBAYASHI. Abril 1982.
95. Métodos generales de análisis utilizados en el examen del pescado y productos pesqueros con referencia a su alteración. — J. M. GALLARDO y M. I. MONTEMAYOR. Mayo 1982.
96. Descomposición del óxido de trimetilamina en faneca (*Trisopterus luscus* L.) durante su almacenamiento en refrigeración y congelación. — J. M. GALLARDO y M. I. MONTEMAYOR. Junio 1982.
97. Primeros ensayos sobre utilización de la hipófisis de atún (*Thunnus thynnus*) en la maduración y puesta de *Solea senegalensis* y *Sparus aurata*. — R. B. RODRÍGUEZ y E. PASCUAL. Julio 1982.
98. Influencia de los procedimientos de fabricación sobre las características de hidrolizados de proteína obtenidos a partir del jurel (*Trachurus trachurus* L.). — L. PASTORIZA, G. SAMPEDRO y M. LOPEZ-BENITO. Septiembre 1982.
- 99-100. Biología y pesca de las especies comerciales del Atlántico Sudoriental. II. — C. ALLUÉ y E. MACPHERSON. Octubre-noviembre 1982.
101. Composición química de residuos de pesca para la alimentación del langostino *Penaeus kerathurus*. — G. S. D'ACONTRES, A. COTRONEO, U. LEUZZI y M. ZIINO. Enero 1983.
- 102-104. Las pesquerías mundiales de cefalópodos: situación actual y perspectivas. — A. GUERRA y G. PÉREZ GANDARAS. Febrero-abril 1983.
105. Algunos ensayos sobre puesta inducida en *Haliotis discus*. — J. B. PEÑA. Mayo 1983.
106. Sobre el cultivo y mantenimiento de *Octopus briareus* Robson 1929 (Cephalopoda: Octopoda). — G. D. ROBAINA. Junio 1983.
107. Soluciones al problema de empaqueo en conservas de sardinas de tamaño grande. — L. PASTORIZA, G. SAMPEDRO y M. LOPEZ-BENITO. Julio 1983.
108. Modificación de las propiedades funcionales y organolépticas de concentrados de proteína de pescado. — G. SAMPEDRO, M. LOPEZ-BENITO y L. PASTORIZA. Septiembre 1983.
109. Directrices seguidas en Italia para la cría de langostinos peneidos. — F. LUMARE. Octubre 1983.
110. Estudio del estado larvario y postlarvario del lenguado, *Solea solea* (Linneo 1758) (Pisces, Soleidae). — J. RAMOS y S. ROURES. Noviembre 1983.
111. Ensayo de un pienso comercial fabricado para *Penaeus japonicus* en la alimentación del langostino español *Penaeus kerathurus*. — F. MUÑOZ y J. M. SAN FELIU. Enero 1984.
112. Estudio de las variaciones fisicoquímicas de salinas de Cádiz dedicadas al cultivo extensivo de peces. — R. ESTABLIER, L. M.^a LUBIÁN, J. BLASCO y A. GÓMEZ. Febrero 1984.
113. Determinación de proteínas, lípidos e hidratos de carbono del pescado comúnmente consumido en Canarias. — J. M.^a RIOL-CIMAS y E. MELÉNDEZ-HEVIA. Marzo 1984.
114. Estudios sobre la producción de algas unicelulares marinas al aire libre. — M. YÚFERA, E. PASCUAL y M. JUAN. Abril 1984.
115. Cultivo extensivo de peces marinos en los esteros de las salinas de San Fernando (Cádiz). I. Estructura física de las salinas. — A. M. ARIAS, R. B. RODRÍGUEZ y P. DRAKE. Mayo 1984.
116. Cultivo extensivo de peces marinos en los esteros de las salinas de San Fernando (Cádiz). II. Características de la producción de peces. — P. DRAKE, A. M. ARIAS y R. B. RODRÍGUEZ. Junio 1984.
117. Cultivo extensivo de peces marinos en los esteros de las salinas de San Fernando (Cádiz). III. Factores que influyen en la producción. — R. B. RODRÍGUEZ, P. DRAKE y A. M. ARIAS. Julio 1984.
118. Métodos de extracción de proteína de patexo (*Polybius henslowi* Leach). — M. LÓPEZ-BENITO, L. PASTORIZA y G. SAMPEDRO. Septiembre 1984.
119. La producción de organismos zooplanctónicos para la alimentación larvaria en acuicultura marina. — M. YÚFERA y E. PASCUAL. Octubre 1984.
120. Distribución de metales pesados en sedimentos superficiales de los caños de alimentación de esteros de la bahía de Cádiz. — A. GÓMEZ-PARRA, R. ESTABLIER y J. BLASCO. Noviembre 1984.
121. Crecimiento del lenguado, *Solea solea* (L., 1758) en cultivo intensivo. — J. RAMOS y S. ROURES. Enero 1985.
122. Análisis económico de la pesca del camarón. — G. GEFAELL. Febrero 1985.
123. La pesca de cefalópodos mediante poteras automáticas. — A. GUERRA. Marzo 1985.
124. Aprovechamiento de residuos industriales procedentes de fábricas de conservas de pescado para la obtención de proteína. — L. PASTORIZA, G. SAMPEDRO y M. LOPEZ-BENITO. Abril 1985.
125. Producción de camarón azul, *Penaeus stylirostris* (Stimpson, 1871), en laboratorio, a partir de adultos silvestres y cultivados. — M. SARRALDE y E. ALMADA. Mayo 1985.
- 126-127. Biología de *Artemia*. — F. AMAT. Junio-julio 1985.
- 128-129. Utilización de *Artemia* en acuicultura. — F. AMAT. Septiembre-octubre 1985.
130. Primeras experiencias de inducción a la puesta de *Haliotis coccinea canariensis* Nordsieck, 1975 (Gastropoda, Prosobranchia). — J. B. PEÑA. Noviembre 1985.
131. Métodos para el estudio de los efectos de la contaminación en la fisiología cardiorrespiratoria de los peces. — L. TORT, R. FLOS y G. M. HUGHES. Enero 1986.