

## Floraciones de *Mesodinium rubrum* en los procesos de surgencia en el Pacífico Ecuatorial ( \* )

Roberto Jiménez (1)  
Elena Gualancañay (2)

### Abstract

*Concentrations of Mesodinium rubrum are frequently underestimated due to improper use of fixative, that destroy this fragile organism that has the capacity for photosynthesis. In coastal and oceanic waters off Ecuador, M. rubrum is a common organism related to bloom formation. Blooms on offshore conditions and in neritic localities are characteristically a recurring feature of a particular area, although the exact location may vary from year to year and are often accompanied by exceptional primary productivity which could play an important role in the food web.*

### Resumen

*Las concentraciones de Mesodinium rubrum con frecuencia son subestimadas debido a la utilización inapropiada de fijadores que destruyen las células de este ciliado que tiene capacidad de fotosíntesis. M. rubrum en aguas costeras y oceánicas de Ecuador es un organismo bastante común que origina floraciones de gran intensidad y extensión. Las floraciones en aguas neríticas y oceánicas se han presentado en áreas localizadas del océano, aunque su ubicación exacta puede variar de un año a otro, frecuentemente las floraciones de M. rubrum originan niveles excepcionales de producción primaria, por lo tanto pueden jugar un papel importante en la red alimentaria marina.*

( \* ) Trabajo presentado en el VII Taller Regional COI - FANSA sobre Floraciones Algales Nocivas en Sudamérica - IMARPE, del 21 al 23 junio de 2006.

( 1 ) Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales.

( 2 ) Instituto Oceanográfico de la Armada - INOCAR. Base Naval Sur, casilla 5940 Guayaquil - Ecuador.

## Introducción

*Mesodinium rubrum* Lohmann es un ciliado causante de floraciones o mareas rojas no tóxicas en los océanos. Este ciliado contiene cloroplastos y mitocondria (Taylor et al., 1971). A pesar de su origen, los cloroplastos mantienen las características del fitoplancton (Backer et al., 1969, Jiménez, 1974), con los análisis de clorofila y producción primaria. Packard et al. (1978) ha revisado la producción existente sobre *M. rubrum* y más recientemente Crawford (1989), señalando que aunque la distribución de *M. rubrum* es muy amplia, está principalmente restringida a bahías, golfos y áreas de afloramientos costeros, aunque en el Ecuador han sido registradas altas concentraciones de *M. rubrum* en áreas oceánicas al este y oeste de las I. Galápagos y originando mareas rojas de gran intensidad y extensión entre las islas, la mayoría de los autores han registrado la extrema fragilidad del organismo cuando las muestras de plancton son fijadas con formol, por lo que se ha recomendado utilizar lugol sin ácido, como un fijador más apropiado para la conservación del organismo.

La tolerancia del organismo a las variaciones de temperatura y salinidad son notables pudiendo fluctuar entre 2°C – 20°C y entre 4 UPS y 35 UPS (Taylor et al., 1971). En el Ecuador los "blooms" respectivamente de *M. rubrum* han fluctuado entre 21°C y 28°C de temperatura y entre 3 UPS y 35 UPS de salinidad.

Todas las floraciones de *M. rubrum* originando mareas rojas en el Ecuador han estado asociados altas concentraciones de clorofila a sobre 95 mg/m<sup>3</sup> y a una producción primaria promedio de 4.0 g C/m<sup>3</sup>.

La mayoría de los blooms de esta especie se han localizado en áreas costeras como en el Golfo de Guayaquil y hacia el Norte entre la Península de Sta. Elena aproximadamente entre 2° S y 0°, con escasos registros hacia el norte de la latitud ecuatorial. En aguas oceánicas se han registrado floraciones de 300 millas de las costas al este de las I. Galápagos, también hacia el oeste de las Islas y mareas rojas de esta especie han sido registradas en repetidas ocasiones entre las islas del archipiélago (Jiménez, 1978, Arcos, 1982).

Las floraciones de *M. rubrum* en las áreas costeras han estado asociadas a procesos de surgencia relacionados a la extensión de la Subcorriente Ecuatorial o Corriente Cromwell, con Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS). Las características de estas masas de agua corresponden a las registradas a la extensión de la Subcorriente Ecuatorial hacia el este hasta los 82°W frente a las costas del Ecuador (Cucalón, 1984).

Estas observaciones explican las propiedades fisico-químicas y relacionadas a los procesos del afloramiento costero frente a las costas del Ecuador, y sus efectos en la productividad planctónica y en las floraciones periódicas de *M. rubrum* en estas áreas, por lo que se lo considera un componente importante de la productividad y fertilidad marina de aguas oceánicas y costeras del Ecuador.

Registros de *M. rubrum* en el Pacífico Oriental han sido reportados por varios autores en las costas de Perú (Ochoa y Gómez, 1982) y en las costas de Chile (Avaria, 1982) en algunas ocasiones las floraciones de *M. rubrum* en el Ecuador han sido coincidentes con las registradas en Perú y Chile como las observadas en los años 1980 y 1981.

En el presente trabajo se registran las floraciones de *M. rubrum* y del fitoplancton en términos de las concentraciones celulares y su distribución con relación a las áreas de decoloraciones del agua, así como las condiciones ambientales de temperatura, salinidad,

fosfatos, nitratos, amonio, silicatos y clorofila a, a lo largo de las costas del Ecuador en los meses de Enero, Febrero y Marzo, 1984.

Taylor et al. (1971) y Lindholm (1985) han revisado la información relacionada a la ocurrencia de las floraciones, los problemas taxonómicos y la ultraestructura de *M. rubrum*, pero no han considerado en detalle la relativa importancia de esta especie como productor primario cuando no se presentan condiciones de "bloom".

El presente trabajo revisa la información concerniente a la posición trófica de *M. rubrum* en los procesos de surgencia en aguas costeras y oceánicas del Ecuador.

## Materiales y Métodos

Las muestras de agua para el análisis de fitoplancton fueron tomadas en cruceros de investigación del BAE "ORION" del Instituto Oceanográfico de la Armada y del B/ TOHALLI del Instituto Nacional de Pesca. También cuando se han registrado mareas rojas en áreas cercanas a la costa fueron tomadas muestras de agua y fijadas con lugol (KI saturado con I) para análisis de contajes celulares y sedimentadas en cámaras de contaje según el método Ulthermohl con microscopio invertido. En los cruceros de investigación se colectaron también muestras de agua con botellas Niskin desde la superficie hasta los 300 m de profundidad, en estas muestras de agua se analizaron los nutrientes, así como la temperatura, salinidad, clorofila y en algunas estaciones incubaciones con C14 para medir la producción primaria.

## Confusión Trófica

Si *Mesodinium rubrum* no hubiera tenido la capacidad de originar mareas rojas o floraciones con fuertes discoloraciones, este organismo hubiera permanecido por largo tiempo desconocido como productor primario. Durante condiciones de floraciones oceánicas en las áreas de afloramiento en las costas del Ecuador, se han medido concentraciones entre 80 mg/m<sup>3</sup> y 140 mg/m<sup>3</sup> de clorofila *a* y densidades celulares entre  $7,6 \times 10^6$  cel/l y  $91 \times 10^6$  cel/l (Jiménez e Intriago, 1987).

Esta productividad es considerada como la más alta dentro de los microorganismos acuáticos que originan una producción primaria record en los océanos del planeta, sino también como el organismo que origina la más alta productividad marina en la banda ecuatorial.

A pesar de la extraordinaria capacidad de fotosíntesis hace pocos años atrás existía confusión acerca del rol de este ciliado fototrópico cuando no se presenta en condiciones de bloom, así no era contabilizado en los contajes del fitoplancton tomando en cuenta que en estudios de microzooplancton este ciliado era puesto en esta categoría. Aún en años recientes *Mesodinium rubrum* se encuentra ausentes las listas de especies identificadas del fitoplancton, una posible causa es que muchas de estas muestras, aunque hayan sido fijadas con lugol, no son analizadas en su oportunidad y pueden tardarse meses hasta su análisis lo que determina que las células después de este tiempo comiencen a desintegrarse.

También la actualización de muestras colectadas con red de fitoplancton, no permite el análisis de identificación y contaje de este ciliado por su pequeño tamaño (15u – 20u) por lo que en los análisis cualitativos del fitoplancton con este tipo de muestras permanece ignorado.

### Distribución Vertical y Migraciones

Además de los problemas de muestreo anteriormente descritos, la falta de conocimiento sobre la distribución vertical y migraciones de *M. rubrum* puede originar subestimaciones de la densidad de sus poblaciones.

Aunque este tipo de plancton motil debe recibir atención, en el caso de *M. rubrum* es de especial importancia, debido a la excepcional velocidad de desplazamiento (Lindholm, 1985). Cuando las condiciones hidrodinámicas lo permiten *M. rubrum* puede formar marcadas acumulaciones subsuperficiales y ocasionalmente superficiales, dentro de restringidas profundidades e intervalos en la columna de agua, no solamente en condiciones de bloom sino también cuando no presenta floraciones. (Sarokin y Kogelschatz, 1997, Smith y Barber, 1979, Lindholm, 1981).

Esta característica distribución vertical ha sido relacionada a una migración diurna, aparentemente en respuesta a la luz, resultando en una fototaxis positiva con el incremento de la intensidad lumínica y en una fototaxis negativa con la disminución de la luz.

Estas migraciones pueden determinar una distribución vertical, en la cual en la mayoría de los casos durante el día la población puede concentrarse cerca de la superficie. Aunque es más pronunciada durante las condiciones de bloom, sin embargo puede estar bastante bien distribuida en la columna de agua, hasta próxima al límite de la zona eufótica aproximadamente a los 30m de profundidad en condiciones de bloom en el Golfo de Guayaquil. Debido a ello se considera que *M. rubrum* puede migrar desde los 30m o 40m de profundidad en la noche hasta alcanzar la superficie tarde en la mañana.

Smith y Barber (1979) han indicado que la contribución de *M. rubrum* a la productividad, aún en las etapas de floración puede ser seriamente subestimada, considerando que en los cruceros de rutina las muestras de agua para clorofila ó producción primaria son tomadas muy temprano en las mañanas, antes que *M. rubrum* alcance su máxima concentración en superficie.

### Distribución Horizontal

Es importante considerar que la distribución horizontal de *M. rubrum* puede en algunas ocasiones presentarse extremadamente fragmentada, lo que dificulta percibir la real distribución de la especie en el espacio. Las floraciones de *M. rubrum* pueden presentarse en parches irregulares o bandas paralelas a la costa durante condiciones de calma o redistribuirse durante el efecto dinámico de las corrientes o intensidad de los vientos.

Durante los períodos de surgencia frente a las costas del Ecuador, se han observado hasta tres "bandas" paralelas a la costa, aparentemente separadas por aguas de coloración normal, aunque en la mayoría de las ocasiones este tipo de agua tiene densidades apreciables de este organismo.

Sin embargo en algunos años existen registros de *Mesodinium rubrum* que presentan una distribución horizontal homogénea impresionante de algunos cientos de millas. En las I. Galápagos se han registrado también mareas rojas de *M. rubrum* de gran extensión, al este del archipiélago en abril, 1980 y en diciembre, 2000. Seguramente *M. rubrum* es un organismo frecuente en el plancton del archipiélago, que asociado a los procesos de surgencia que con intensidad y frecuencia se presentan en las islas, sin embargo la falta de monitoreos del fitoplancton tanto al este como al oeste del archipiélago no han permitido establecer la frecuencia y extensión de las floraciones de *M. rubrum* en estas

áreas. Otra de las dificultades observadas se presenta cuando se tomaron las muestras de agua de las floraciones algales, estas fueron fijadas con formol con lo que el organismo quedó desintegrado imposibilitando su identificación.

### **Mesodinium rubrum asociado a los procesos de surgencia y eventos de La Niña en el Pacífico Oriental.**

Floraciones algales se han presentado en aguas oceánicas y costeras del Ecuador con mucha frecuencia, cada año, siendo *M. rubrum* el organismo más frecuente durante estos eventos en el Pacífico Ecuatorial, asociado a procesos de surgencia continuos, pero menos intensos con relación a los procesos de surgencia que se registran en las áreas costeras de las regiones templadas. Las floraciones de *M. rubrum* pueden persistir por largos períodos de tiempo, debido a que el organismo puede migrar mayor profundidad y utilizar así los nutrientes en los estratos subsuperficiales. Floraciones de *M. rubrum* asociados a procesos de surgencia se han registrado en áreas costeras de las costas del Ecuador, en áreas oceánicas y en los afloramientos de las I. Galápagos.

- a. En el crucero B/I Tohalli se registraron mareas rojas de *M. rubrum* de gran intensidad a lo largo de la costa de Ecuador, en marzo, 1981. Las bandas de discoloración se extendieron desde el Golfo de Guayaquil (3°S) hasta el norte de Cabo Pasado (aproximadamente 0°). Los análisis de agua mostraron altas concentraciones de nutrientes entre marzo, 1981 hasta septiembre, 1981, meses en los que se registraron mareas rojas de *M. rubrum*, lo que indicaría procesos de surgencia costera de significación. Las concentraciones de clorofila dentro de las bandas de discoloración fluctuaron entre 13 mg/m<sup>3</sup> y 74 mg/m<sup>3</sup> de clorofila *a* con concentraciones de *M. rubrum* entre 3,000 cel/ ml y 49,000 cel/ml. En la parte exterior de las bandas de discoloración, las concentraciones de clorofila fueron también altas entre 3.0 mg/m<sup>3</sup> y 17.0 mg/m<sup>3</sup> de clorofila *a*, con la predominancia de *M. rubrum* dentro de la población de fitoplancton con concentraciones entre 260 cel/ml y 1,490 cel/ ml (Arcos, 1982).

Asociado a las floraciones de *M. rubrum* se observaron también abundantes poblaciones de diatomeas proliferantes, como varias especies de *Thalassiosira*, *Bacteriostrum*, *Chaetoceros* y *Nitzschia*, especies que son comunes en áreas de afloramiento costeras.

Tanto las concentraciones de clorofila *a* como la densidad celular registrada de *M. rubrum* en los meses de 1984 puede ser considerada como una de las más altas de las reportadas en el Pacífico.

- b. Aunque *M. rubrum* está relacionada a intensos procesos de surgencia como en los afloramientos de Baja California, de Perú, Chile y otros lugares de los océanos, es evidente que la presencia constante de los bloom de *M. rubrum* en aguas oceánicas y costeras del Ecuador están relacionadas a menos intensos, pero constantes procesos de surgencia, debido a estas condiciones las floraciones pueden persistir por largos periodos de tiempo como la observada en febrero-marzo, 1984 que se extendió hasta agosto, 1984.

En febrero – marzo, 1984 en las áreas de discoloración del mar las concentraciones de clorofila *a* fluctuaron entre 3.0 mg/m<sup>3</sup> y 140 mg/m<sup>3</sup>. La co-ocurrencia de las más altas concentraciones de nitratos y clorofilas en las aguas superficiales, con relación a la distribución espacial de la biomasa del fitoplancton,

### Distribución Vertical y Migraciones

indica que la misma está determinada por la provisión continua de nutrientes en los niveles superficiales.

En febrero – marzo, 1984 las floraciones de *M. rubrum* originaron mareas rojas de gran intensidad, bandas de discoloración con densidades entre 700 cel/ml y 7,600 cel/ml se presentaron a lo largo de la costa, las bandas de mayor extensión tuvieron un tamaño de aproximadamente 4 millas. Las bandas de discoloración con predominancia de *M. rubrum* se extendieron en más de 200 millas a lo largo de las costa (Jiménez e Intriago, 2001).

En febrero – marzo, 1984 se encontraron dos masas de agua en la columna de agua de 300 m, en la superficie hasta los 20 m de profundidad Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y debajo de las mismas Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS, incrementándose en profundidad alcanzando su núcleo alrededor de los 150m – 300 m de profundidad (Cucalón, 1984).

De estas observaciones es posible deducir que las aguas ricas en nutrientes que se observaron en febrero-marzo, 1984 estuvieron relacionadas al transporte hacia el Este de la Subcorriente Ecuatorial o Corriente de Cromwell (Jiménez e Intriago, 2001).

- c. Floraciones de *M. rubrum* de gran intensidad fueron registradas a lo largo de la costa del Ecuador ente el 4 y 20 de Marzo, 2000. En superficie las temperaturas fluctuaron entre 26°C y 28°C, pero bajo la termoclina 20 m de profundidad las temperaturas fluctuaron entre 18°C y 20°C. Muestras de agua mostraron concentraciones de *M. rubrum* a 3,500 cel/ml con menores concentraciones *Gymnodinium instriatum* de 2,000 cel/ml. Asociado a los parches de *M. rubrum* se observó una mayor diversidad de dinoflagelados especialmente varias especies de *Ceratium* y *Protoperdidium*, con menor diversidad y abundancia de diatomeas (Jiménez e Intriago, 2001).

Para el 30 de marzo, 2000 una extensa marea roja se registró desde el norte del Golfo de Guayaquil hasta el sur de la Provincia de Manabí, las bandas de discoloración del agua formaba bandas que se extendía por 90 millas a lo largo de la costa por 10 millas de ancho. En esta ocasión el organismo que originaba esta floración algal era *Gymnodinium instriatum* con concentraciones de 10,000 cel/ml, esta floración se extendió por un periodo de dos semanas tiempo en el cual la población de *M. rubrum* declinó a 100 cel/ml, seguido por una gran diversidad de dinoflagelados especialmente de especies *Ceratium*.

Posteriormente en mayo y julio, 2000 en aguas oceánicas y costeras del Ecuador se registraron anomalías negativas, con temperaturas en superficies entre 18°C y 19°C, en esta ocasión nuevamente las floraciones de *M. rubrum* fueron predominantes a lo largo de la costa y registros de marea roja de *M. rubrum* en las I. Galápagos para esta misma época.

- d. Las condiciones oceanográficas y atmosféricas anormalmente cálidas a gran escala El Niño 1997 – 1998 fueron posteriormente seguidas por el evento frío de La Niña a partir de 1999, y condiciones que se han mantenido con cierto grado de variabilidad hasta el año 2006. Los eventos de La Niña mayores que -1°C de la temperatura superficial, en el Pacífico Central y Occidental y temperaturas bajo lo normal de aguas subsuperficiales en el Pacífico Oriental (Philander, 2004)

Sorprendentemente escasos datos biológicos han sido publicados durante los años de La Niña, aunque es en estos años donde se registra una mayor fertilidad marina, con los registros más altos de producción primaria, altas biomásas de zooplancton y mayor disponibilidad de recursos pesqueros. Las floraciones más frecuentes de mayor extensión en aguas oceánicas y costeras del Ecuador se han registrado en los años asociados a La Niña en el Pacífico Oriental. *M. rubrum* no se ha registrado en los años de El Niño los cuales están caracterizados por aguas cálidas y termoclinas profundizadas que impiden los procesos de afloramiento de aguas ricas en nutrientes en los niveles superficiales.

## Conclusiones

Aunque Taylor et al. (1971) han mencionado la amplia distribución geográfica de *M. rubrum*, es solamente en años recientes cuando se han registrado cuan abundante esta especie puede encontrarse en el océano y el rol importante que tiene como componente del fitoplancton y de la productividad marina

Aunque en áreas de surgencia *M. rubrum* puede originar floraciones masivas de gran intensidad, es constante la subestimación de sus concentraciones en los análisis de rutina del fitoplancton tanto en superficie como en los niveles subsuperficiales.

Existe escasa información de *M. rubrum* en áreas oceánicas influenciadas por procesos de surgencia aunque existen evidencias que puede ser un componente importante del fitoplancton marino entre las I. Galápagos y el Ecuador continental, así como al oeste del archipiélago donde se originan procesos de surgencia de gran intensidad

Los registros de floraciones o mareas rojas de *M. rubrum* de gran extensión e intensidad en las Islas Galápagos evidencian la importancia que tiene este organismo en la productividad primaria de las Islas.

## Bibliografía

**Arcos, F. 1981.** A dense patch of *Acartia leveckei* Copepoda:Calanidea)in upwelled Equatorial Undercurrent water around the Galapagos Islands. In: Coastal Upwelling (ed.) F.A. Richards. American Geophysical Union, Washington D.C.

**Arcos, T. 1982.** Mareas Rojas en aguas ecuatorianas. Rev. Cien, Mar y Limnol. Inst. Nacional de Pesca 1 (2):115-125.

**Avaria, S. 1982.** Investigaciones sobre Mareas Rojas en Chile. Inf. UNESCO sobre Ciencias del Mar. Publ. UNESCO Montevideo, Uruguay (19):2-21

**Crawford, D.1989.** *Mesodinium rubrum*: The phytoplankton that wasn't, Mar. Ecol. Progress Ser. (58):161-174.

**Cucalón, E., 1983.** Temperature, salinity and water mass distribution off Ecuador during an El Niño event in 1976. Rev. Cien. Mar. Limnol., 2(1): 1-25.

- Jiménez, R. 1974.** Marea roja debida a un ciliado en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Pub. Inst. Oceanog. de la Armada. CM-Bio 2-74.
- Jiménez, R. 1982.** registros de Mareas Rojas en aguas ecuatorianas. Inf. UNESCO sobre Ciencias del Mar. Publ. UNESCO Montevideo, Uruguay (19):12-17.
- Jiménez, R. y F. Pesantes, 1978.** Fitoplancton producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. Publ. Inst. Ocean. Armada. INOCAR. Vol. 2(1) 30 pp.
- Jiménez, R. and P. Intriago. 1987.** Observations on blooms of *Mesodinium rubrum* in the upwelling area off Ecuador. Oceanol. Acta. Special N.6:145-154.
- Jiménez, R. and P. Intriago. 2001.** Red tides in Ecuador during La Niña 2000. Harmful Algae News. (22):7.
- Lindholm, T. 1981.** On the ecology of *Mesodinium rubrum* (ciliate) in a stagnant brackish basin on Alund, SW Finland. Kieler. Meeresfors. 5:117-123.
- Lindholm, T. 1985.** *Mesodinium rubrum* - a unique photosynthetic ciliate. Adv. Aquat. Microbiol. (3):1-48.
- Ochoa, N y O. Gomez. 1987.** Dinoflagellates as indicator of water masses during El Niño 1982-1983. J. Geoph. Res. 92 (C13):14,355-14,367.
- Packard, J. and D. Blasco, R. Barber. 1978.** *Mesodinium rubrum* in the Baja California upwelling system. En: Boge, R. and M. Tomczark (eds) Upwelling Ecosystem. Springer-Verlag, Berlin, p.73-89.
- Philander, G. 2004.** Our Affair with El Niño: How we transformed an enchanting Peruvian current into a global climate hazard, Princeton, University Press. 275 pp.
- Smith, W. and R. Barber. 1979.** A carbon budget for the autotrophic ciliate *Mesodinium rubrum*. J. Phycol. (15):27-33.
- Sorokin, Y. and J. Kogelschatz. 1997.** Analysis of heterotrophic microplankton in an upwelling area. Hydrobiologia (66):195-208.
- Taylor, F. D. Blackbourn, and J. Blackbourn. 1971.** The red-water ciliate *Mesodinium rubrum* and its incomplete symbionts. A review including new ultrastructural observations. J. Fish. Res. Bd-Cun-(28):391-407.