

Mareas rojas de *Mesodinium rubrum* (Lohmann) Hamburger y Buddenbrock en el Golfo de California (Invierno de 1998)

Mesodinium rubrum red (Lohmann) Hamburger y Buddenbrock tides in the Gulf of California (Winter, 1998)

Ismael Gárate-Lizárraga^{1,2}, Christine Band-Schmidt¹,
Rafael Cervantes-Duarte y Diana Escobedo-Urías³

¹Laboratorios de Fitoplancton y ²Química Marina. CICIMAR-IPN. Apartado Postal 592, La Paz, Baja California Sur, México, C.P. 23000.

²Becarios COFAA y EDI.

³Laboratorio del Medio Ambiente, CIDIIR-IPN, Km. 1 carretera a Las Glorias, Guasave, Sinaloa, México.

Gárate-Lizárraga, I., C. J. Band-Schmidt, R. Cervantes-Duarte y D. Escobedo-Urías, 2002. Mareas rojas de *Mesodinium rubrum* (Lohmann) Hamburger y Buddenbrock en el Golfo de California (invierno de 1998). *Hidrobiológica* 12 (1): 15-20.

RESUMEN

Durante el invierno de 1998 se colectaron un total de 13 muestras de mareas rojas causadas por el protozoario fotosintético *Mesodinium rubrum* en el Golfo de California. El registro de temperatura del agua varió de 20.3 a 23.2°C. La salinidad, el oxígeno disuelto, el pH, y la concentración de nutrientes se determinaron sólo en los parches observados en las costas de Sinaloa. La salinidad varió entre 34.71 y 35.25. El oxígeno disuelto osciló entre 5.29 y 6.78 ml/l y el pH varió de 8.16 a 8.27. Las concentraciones de nitratos variaron entre 0.05 y 0.41 µM, mientras que los nitritos presentaron una variación más pequeña, entre 0.05 y 0.22 µM. Los fosfatos variaron entre 0.49 y 1.97 µM, presentando una relación con la abundancia de *M. rubrum*, misma que osciló de 254 a 19,993 cels.ml⁻¹. Durante la marea roja ocurrida en la parte sur del golfo, se presentó la muerte de medusas y de algunos peces.

Palabras clave: Mareas rojas, *Mesodinium rubrum*, protozoarios marinos, surgencias, Golfo de California.

ABSTRACT

During the winter of 1998 (from 28 January to 10 March) 13 samples from red tides of the photosynthetic protozoan *Mesodinium rubrum* were collected in the Gulf of California. In all the cases, the seawater temperature was recorded, which varied from 20.3 to 23.2°C. The salinity, dissolved oxygen, pH, nutrients concentrations, were determined in the blooms observed in the coasts of Sinaloa. The salinity varied between 34.71 to 35.25. The dissolved oxygen varied between 5.29 to 6.78 ml/l, and the pH varied from 8.16 to 8.27. The nitrate concentrations varied between 0.05 and 0.41 µM, meanwhile the nitrite had a low variation between 0.05 and 0.22 µM, showing a relation to *M. rubrum* abundance, which ranged from 254 to 19,993 cels.ml⁻¹. Mortality of jellyfish and fish was observed during the red tide presented in the southern part of the gulf.

Key words: Red tides, *Mesodinium rubrum*, marine protozoan, upwelling, Gulf of California.

INTRODUCCIÓN

Los florecimientos del plancton en el Golfo de California son comunes a lo largo de todo el año (Byrne y Emery, 1960; Cortés-Altamirano *et al.*, 1995). La aparición de mareas rojas en el Golfo de California está estrechamente relacionada con los periodos de surgencia (Cortés-Altamirano, 1984; Mee *et al.*, 1986; Manrique y Molina, 1997), las cuales están asociadas con el patrón estacional de vientos (Byrne y Emery, 1960; Roden, 1964). Entre las especies responsables de tales floraciones están *Noctiluca scintillans* y *Mesodinium rubrum*. Este último, es un ciliado fotosintético no tóxico, de distribución cosmopolita, reportada en casi todas las latitudes. A pesar de las evidencias de la fototrofia obligada de esta especie, hasta ahora ha sido omitida de la mayoría de los monitoreos de fitoplancton y se ha asignado a estudios de microzooplancton o se ha omitido totalmente. Además, existen problemas de muestreo y/o preservación, debido a su fragilidad, movilidad y agregación vertical. La combinación de problemas tróficos y metodológicos han llevado a la subestimación de la contribución de *M. rubrum* en la productividad primaria de zonas de surgencia, áreas costeras y estuarios durante florecimientos y sobre todo bajo condiciones "normales". Esta especie es la más común entre los organismos causantes de mareas rojas en ambas costas del golfo (Cortés-Altamirano, 1984; Cortés-Altamirano *et al.*, 1995; Cortés-Altamirano *et al.*, 1997; Manrique y Molina, 1997; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2001). Las mareas rojas de *M. rubrum* ocurren en zonas costeras, en bahías protegidas o en zonas de surgencia (Lindholm, 1985). Es por ello, que el objetivo del presente trabajo es describir los florecimientos de *M. rubrum* durante el invierno de 1998, época donde ocurren los eventos de surgencia en el Golfo de California.

ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de California está situado entre los 23° y 32° de Latitud Norte y está limitado al oriente por el macizo continental y al occidente por la península de Baja California, estando orientado en sentido noroeste a suroeste (Moser *et al.*, 1974). Presenta cambios estacionales asociados a cambios regionales en el campo de viento y en el régimen hidrográfico de invierno-primavera a verano-otoño (Roden y Groves, 1959) y diferencias espaciales debido a zonas de mezcla debido a mareas, vientos y ondas internas (Roden y Groves, 1959; Argote *et al.*, 1995). En la temporada invierno-primavera los vientos soplan del noroeste, por lo que los eventos de surgencia se presentan en la costa oriental del golfo (Roden, 1964). En el verano, cuando el patrón de vientos se invierte, las surgencias ocurren en la costa occidental.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras utilizadas para este trabajo fueron colectadas en varios florecimientos ocurridos en diversas áreas del Golfo de California (Fig. 1). Se realizaron tres cruces oceanográficos, el primero se llevó a cabo del 28 de enero al 1 de febrero de 1998 frente a las costas de Sinaloa; el segundo del 1 al 3 de marzo de 1998 en la boca del Golfo y el tercero del 3 al 12 de marzo de 1998, abarcando todo el Golfo de California. Del 28 de enero al 3 de febrero se muestrearon nueve parches de marea rojas frente a las costas de Sinaloa y Sonora. En la boca del golfo se tomaron tres muestras de una marea roja observada el 4 de marzo de 1998. El tercer conjunto de muestras de marea roja se recolectó el 10 de marzo en la porción central del Golfo de California. En la Tabla 1 se muestra la localización, profundidad, y temperatura del agua de. Las muestras fueron tomadas a nivel de superficie con botellas Van-Dorn y se preservaron con lugol, ya que el formol destruye o deforma las células de *Mesodinium*. Para los parches del 10 de marzo se recolectaron muestras para determinar cualitativamente el perfil pigmentario *M. rubrum*.

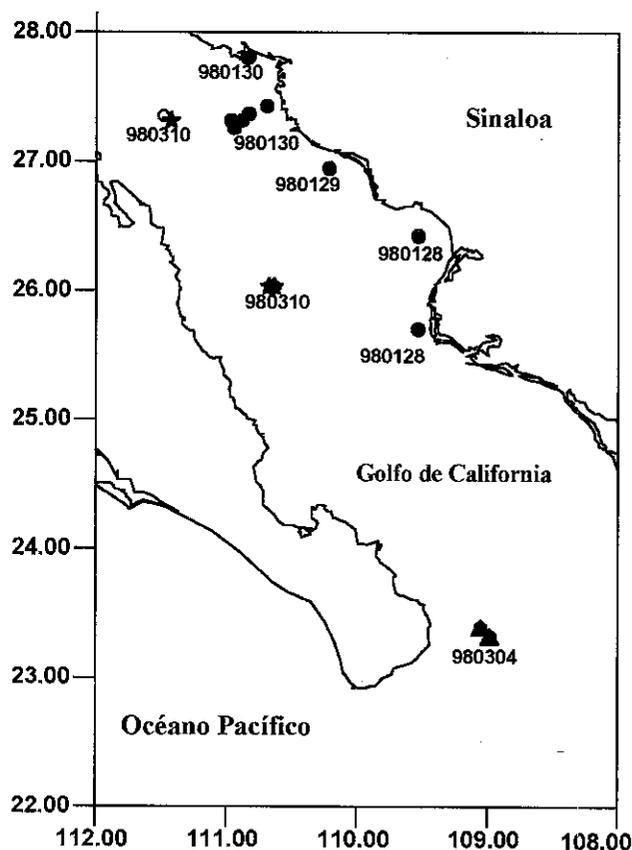


Figura 1. Localización de los florecimientos de *M. rubrum* en el Golfo de California en el invierno de 1998.

Tabla 1. Concentración de nitratos, nitritos y fosfatos en los florecimientos de *M. rubrum* en las costas de Sinaloa.

FECHA	LATITUD	LONGITUD	NO3 μM	NO2 μM	PO4 μM
28/01/98	25° 42.22	109° 32.16	0.15	0.05	0.49
28/01/98	26° 57.41	110° 13.18	< 0.05	0.13	1.35
28/01/98	27° 19.25	110° 57.72	0.54	0.01	0.53
29/01/98	27° 22.13	110° 49.74	0.28	0.12	1.56
30/01/98	27° 15.48	110° 56.68	0.42	0.22	1.18
30/01/98	27° 26.65	110° 45.37	0.11	0.16	1.15
30/01/98	27° 22.12	110° 49.77	0.05	0.22	1.97
30/01/98	27° 48.47	110° 49.63	0.31	0.22	0.87

Durante la marea roja registrada en las costas de Sinaloa se tomaron muestras para la determinación de nitratos, nitritos y fosfatos de acuerdo con lo propuesto por Strickland y Parsons (1972). En todos los casos, la temperatura del agua se registró con un termómetro de inmersión Kahlsico y la salinidad por medio de un CTD Seabird 25.

La determinación taxonómica de *M. rubrum* se realizó utilizando los trabajos de Jiménez (1974), Lindholm (1985) y Lassus (1988). El análisis cuantitativo y cualitativo se realizó en un microscopio invertido Zeiss, utilizando cámaras de sedimentación de 5 ml (Hasle, 1978), usando el objetivo de 20x. La composición pigmentaria se determinó mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y las muestras se analizaron en el Center for Hydro-Optics and Remote Sensing, San Diego State University.

RESULTADOS

Factores físico-químicos y nutrientes

La temperatura registrada en las diferentes áreas donde ocurrieron las mareas rojas varió desde los 20.3°C en los muestreos del 10 de marzo, hasta los 23.2°C en los parches observados en la región central del golfo. En las imágenes de satélite de temperatura superficial (Fig. 2), se observa para los tres cruceros valores de temperatura superficial entre 18.5 y 23°C en las zonas donde se presentaron los florecimientos. La salinidad varió entre 34.71 y 35.25 ups. El oxígeno disuelto osciló entre 5.29 y 6.78 ml/l y el pH de 8.16 a 8.27.

Solamente en los florecimientos ocurridos en la costa de Sinaloa del 28 al 30 de enero se determinaron nutrientes. Las concentraciones de nitratos variaron entre (<0.05 y 0.54 mM, mientras que los nitritos presentaron una variación más pequeña, entre 0.05 y 0.22 μM (Tabla 1). Los fosfatos variaron entre 0.49 y 1.97 μM , presentando cierta relación con las abundancias de *M. rubrum* (Fig. 3).

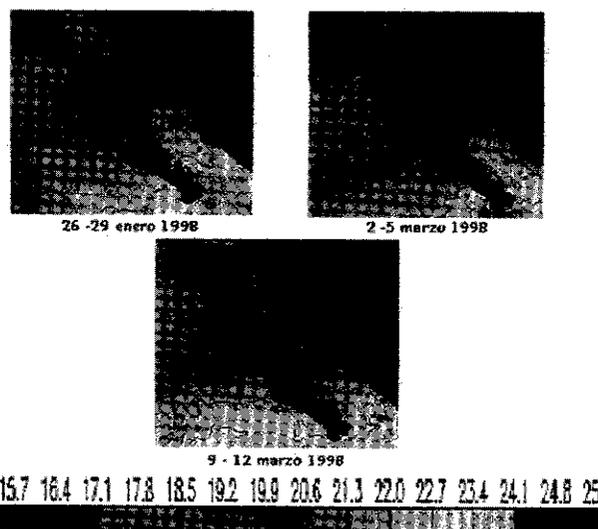


Figura 2. Distribución de la temperatura superficial en el Golfo de California en los periodos de florecimiento de *M. rubrum* durante de 1998.

Abundancia y Composición pigmentaria de *Mesodinium rubrum*

Los florecimientos se observaron principalmente durante la temporada de invierno. Estas se debieron principalmente al protozooario fotosintético *M. Rubrum*, el cual presenta forma oval, con un cinturón de cilios y mide entre 30 y 70 μm de longitud. Las concentraciones variaron considerablemente de un parche a otro (Fig. 4). Así, en la marea roja ocurrida frente a las costas de Sinaloa, las concentraciones de *M. rubrum* variaron entre 254 y 19,993 cels.ml⁻¹. La marea roja ocurrida el 4 de marzo de 1998 en la parte sur del golfo presentó una extensión aproximada de 5 kilómetros, con concentraciones de *M. rubrum*, las cuales variaron entre 364 y 855 cels.ml⁻¹, observándose la muerte de medusas y algunos peces. La tercer marea roja presentó parches con concentraciones de 845 a 2,843 cels.ml⁻¹. El cuarto florecimiento observado fue el más intenso en coloración, observándose una concentración de 12,192 cels.ml⁻¹. El perfil pigmentario determinado para este

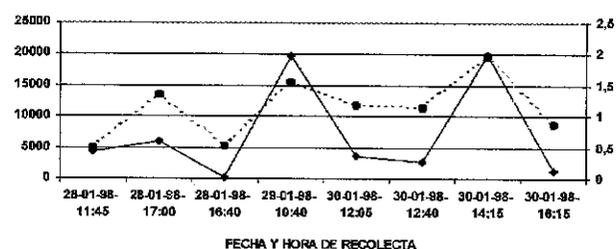


Figura 3. Relación de la abundancia de *M. rubrum* (—) y la concentración de fosfato (-----) en los florecimientos de las costas de Sinaloa.

Tabla 2: Florecimientos de *M. rubrum* reportados para diversas áreas del Golfo de California.

LOCALIDAD	PERIODO	DENSIDAD (cels.ml ⁻¹)	REFERENCIA
Isla Cerralvo	1872, Febrero, 1994, Junio, 1996	400 – 525	Streets (1872); Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> (2001).
Bahía Bacochibampo, Guaymas, Sonora	1970-1994	No se reportaron	Manrique y Molina, (1997).
Parte central del Golfo de California.	1982, Junio	1,000	Hernández-Becerril, (1987)
Mazatlán, Sinaloa	1980, Marzo 1995, 1996, Enero-Febrero (1997)	860 - 3,500	Cortés-Altamirano, 1984; Cortés-Altamirano y Alonso-Rodríguez. (1997).
Bahía de La Paz	Mayo 1993, Abril 1994, Febrero, Abril, 1995, Mayo 1997	400 - 23,000	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> , (2001)
Bahía Concepción	Julio 1998	≈ 2,000	Datos sin publicar
Bahía Magdalena	Diciembre 1998	174	Gárate-Lizárraga <i>et al.</i> , (2001).
Golfo de California	Enero-Marzo 1998	254 – 19,993	Este estudio

último florecimiento, se caracterizó por la presencia de las clorofilas, a, y c2 y la xantofila, aloxantina. Este último pigmento, es característico del grupo de las criptofitas, que viven en simbiosis con *Mesodinium rubrum*.

DISCUSIÓN

Mesodinium rubrum es una especie cosmopolita y de amplia distribución (Taylor *et al.*, 1971). En el Pacífico Mexicano se encuentra distribuida desde Bahía Magdalena (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2001) hasta el Golfo de Tehuantepec (Gómez-Aguirre, 1998). El primer reporte de *M. rubrum* en el Golfo de California fue quizás el realizado por Streets (1872), quien menciona un caso de discoloración del agua de mar

causado por un "infusorio flagelado" en las afueras de Isla Cerralvo (Tabla 2). Taylor *et al.* (1971) han señalado que *M. rubrum* presenta una amplia tolerancia a la temperatura presentando las máximas concentraciones por arriba de los 15 °C. En Bahía Banderas, Nayarit, se reportó una marea roja de *M. rubrum* en abril de 1995 y enero de 1996. La temperatura encontrada fue de 23°C y la salinidad de 34 ups, con una abundancia entre 1000 y 2000 cels.ml⁻¹ (Cortés-Altamirano *et al.*, 1996). En este estudio, los florecimientos de *M. rubrum* se presentaron en un intervalo de temperatura entre 20.3°C y 23.2°C, sin embargo, debido probablemente al intervalo tan pequeño de variación no se observó una relación directa entre las densidades de *M. rubrum* con la temperatura del agua.

Taylor *et al.* (1971) han mencionado que en áreas costeras de zonas templadas los florecimientos de esta especie ocurren a lo largo de todo el año. En particular, Cortés-Altamirano (1984) reportó que para el área litoral de Mazatlán, los florecimientos de *M. rubrum* están presentes durante todo el año, siendo más intensas en la temporada de invierno-primavera y con menor frecuencia en el otoño (Tabla 2). En este estudio, las mareas rojas de *M. rubrum* se registraron en la temporada de invierno. El menor número de parches se observó en la entrada del golfo, en el litoral de Baja California Sur. En febrero se sobrevoló la zona y se observaron una gran cantidad de mareas rojas a lo largo de todo el Golfo de California. De acuerdo con Gárate-Lizárraga *et al.* (2001), los florecimientos de *M. rubrum* suelen manifestarse durante el invierno y la primavera en el área cercana a las islas Espíritu Santo, Cerralvo y en la Bahía de la Paz.

La mayor frecuencia de florecimientos se observó hacia la costa oriental de la región central del golfo, lo cual coincide con lo reportado por Manrique y Molina (1997), quienes encontraron que la presencia de los florecimientos de esta especie en estas costas está relacionada con el inicio de la temporada de surgencias. De igual manera, Cortés-Altamira-

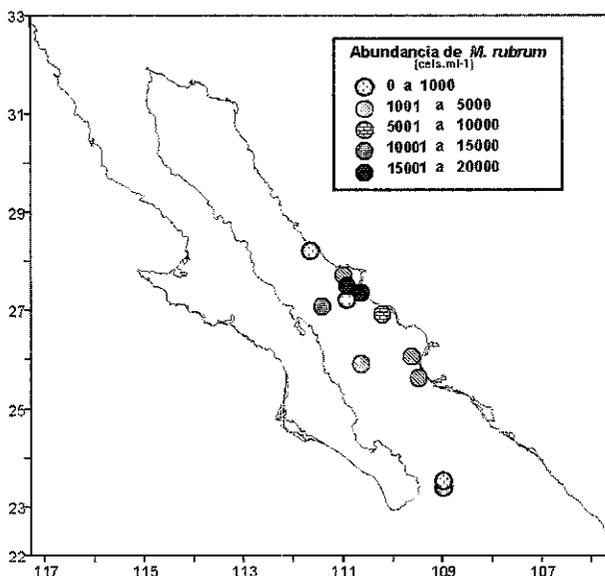


Figura 4. Abundancia de *M. rubrum* en el Golfo de California de enero a marzo de 1998.

no (1984) ha relacionado la presencia de mareas rojas de *M. rubrum* en las costas de Mazatlán, con la temporada de surgencias. Murillo-Jiménez (1987) señaló que la región donde ocurrieron los florecimientos que se abordan en este estudio es considerada como una zona de surgencias. Sin embargo, los resultados de temperatura mediante las imágenes de satélite no evidencian procesos de surgencia en las fechas en las que se presentaron los florecimientos, sin embargo, la presencia de *M. rubrum* al comienzo de la temporada de surgencias, es una evidencia de su habilidad para sobrevivir en masas de aguas turbulentas (Margalef *et al.*, 1979).

Gárate-Lizárraga *et al.* (2001) reportaron importantes proliferaciones de *M. rubrum* en la costa occidental de la porción sur del Golfo de California, principalmente en la época de primavera. Estos autores mencionan que una característica interesante de este tipo de marea roja en esta área, es que se mantienen sub-superficialmente y al parecer su origen está relacionado con algún proceso físico que crea condiciones óptimas de nutrientes cerca de dos de las islas más importantes de la Bahía de La Paz, Isla Cerralvo e Isla San José. Martínez-López *et al.* (2001) suponen que de acuerdo al comportamiento estacional de diversas variables, el proceso de fertilización más importante en la zona es el resultado combinado de las corrientes de marea y vientos que promueven una fuerte mezcla vertical y advección en los meses de otoño-invierno.

Durante un evento de surgencia existe un enriquecimiento de nutrientes de las aguas superficiales. Este aumento en la concentración de nutrientes en las aguas superficiales pudiera haber favorecido el florecimiento de *M. rubrum*. En este trabajo las mayores concentraciones de *M. rubrum* coinciden con el incremento en los niveles de fosfatos. Barber *et al.* (1969) mencionaron que al utilizar ^{32}P como marcador, encontró que las mareas de *M. rubrum* incorporan fosfato del agua. Estos autores han presentado evidencias de que los florecimientos de *M. rubrum* están relacionados con aguas de surgencia ricas en fosfatos.

En este estudio, las concentraciones de nitratos fueron bajas, variando entre <0.05 y $0.541 \mu\text{M}$. Los nitritos también fueron bajos, oscilando entre 0.05 y $0.22 \mu\text{M}$. A este respecto, Wilkerson y Grunseich (1990) señalaron que las concentraciones de nitratos tienden a ser menores en aguas dominadas por este ciliado, lo cual podría indicar su capacidad para incorporar nitratos. Los florecimientos de esta especie son muy importantes desde el punto de vista de la fertilidad de la zona costera. Las concentraciones de *M. rubrum* caen en el intervalo de valores reportados para el Golfo de California por Cortés-Altamirano (1984). Sin embargo, es importante mencionar que en este estudio, las concentraciones más altas de este ciliado variaron entre $12,000$ y $20,000 \text{ cels.ml}^{-1}$ en las muestras colectadas el 30 de enero y el 10 de marzo, coinci-

diendo con las densidades más altas reportadas ($17,000$ y $23,000 \text{ cels.ml}^{-1}$) por Gárate-Lizárraga *et al.* (2001) durante un florecimiento ocurrido en abril de 1994 en la Bahía de La Paz y con Lindholm (1985) quien reportó densidades mayores a las $17,000 \text{ cels.ml}^{-1}$ para las costas holandesas.

Leackey *et al.* (1992) han mencionado que *M. rubrum* puede ser responsable de incrementos locales en las concentraciones de clorofila *a* y de la producción primaria. A este respecto, Martínez-López *et al.* (2001) en un estudio anual realizado en la Bahía de La Paz, encontraron que las mayores concentraciones de clorofila *a* se observaron durante las proliferaciones de *M. rubrum*, área donde estos eventos son comunes (Gárate-Lizárraga, *et al.*, 2001). Lo notable en este ciliado es la presencia de una gran cantidad de criptofitas, no solo en su interior, sino también en el medio circundante. Este hecho incrementa la biomasa fitoplanctónica en las áreas donde prolifera *Mesodinium rubrum*, y se debe a la simbiosis que presenta esta especie con microalgas del grupo de las criptofíceas. El análisis de las huellas pigmentarias realizado en este estudio apoya lo anterior, ya que se estimaron concentraciones altas de aloxantina, pigmento característico de este grupo fitoplanctónico.

Por otra parte, los florecimientos de *M. rubrum* representan una entrada importante de carbono al ambiente pelágico, además de ser un buen indicador ecológico, ya que prolifera en áreas altamente productivas, donde representa una presa ideal para otros ciliados, eufáusidos, misidáceos y ostiones. De los tres conjuntos de florecimientos, solo en los muestreados en la entrada del golfo, se observó la muerte de medusas y de algunos peces. Hortsman (1981) reportó que cuando las concentraciones de *M. rubrum* son muy altas se presenta una mortalidad de peces y macrobentos al bloquear sus superficies respiratorias.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Diane Gendron por facilitar las muestras de la marea roja del 4 de marzo de 1998. A Charles C. Trees (Center for Hydro-Optics and Remote Sensing, San Diego State University) por facilitar el perfil pigmentario de las muestras de *Mesodinium*. Este trabajo fue apoyado por la Dirección de Estudios de Postgrado e Investigación (Proyecto: CEGEPI 990318). IGL es becario Conacyt (beca # 138138).

LITERATURA CITADA

ARGOTE, M. L. A. AMADOR, M.F. LAVIN y J. R. HUNTER, 1995. Tidal dissipation and stratification in the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research* 100(8): 16103-16118.

- BARBER, R. T., A. WHITE y H. W. SIEGELMAN, 1969. Evidence of cryptomonad symbiont in the ciliate *Cyclotrichium meuneri*. *Journal of Phycology* 5: 86-88.
- BYRNE, J. V. y L. P. EMERY, 1950. Sediments on the Gulf of California. *Geological Society American Bulletin* 71: 983-1010.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., 1984. Mareas rojas producidas por el ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohman) en el litoral de Mazatlán, Sinaloa, México. *Biotica* 9: 259-269.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., F. A. MANRIQUE y R. LUNA-SORIA, 1995. Presencia de mareas rojas en la costa este del Golfo de California. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 37: 337-342.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R., R. ALONSO-RODRÍGUEZ e I. PEÑA-RAMÍREZ, 1997. Primer registro de marea roja debida a *Mesodinium rubrum* (Protozoa: Ciliata) en Bahía Banderas, México. *Revista de Biología Tropical* 45(1): 675-690.
- CORTÉS-ALTAMIRANO, R. y R. ALONSO-RODRÍGUEZ, 1997. Mareas rojas durante 1997 en la bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *Ciencias del Mar, UAS* 15: 31-37.
- GÁRATE-LIZÁRRAGA, I., M.L. HERNÁNDEZ-OROZCO, C. BAND-SCHMIDT y G. SERRANO-CASILLAS, 2001. Red tides along the coasts of Baja California Peninsula, México from 1984 to 2001. *Océánides* 16(2): 127-134.
- GÓMEZ-AGUIRRE, S., 1998. Red tides occurrences recorded in México from 1980 to 1992. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México, Serie Zoológica* 69(1): 13-22.
- HASLE, G.R., 1978. Using the inverted microscope. pp 191-196. En: SOURNIA, A. (Ed.). *Phytoplankton Manual*. UNESCO. Paris.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U., 1987. Un caso de marea roja en el Golfo de California. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 29: 171-174.
- HORSTMAN, D. A., 1981. Reported red waters outbreaks and the effect on fauna on the west and south coast of South Africa. *Fisheries Bulletin, Sea Fisheries Institute of Republic of South Africa* 15: 71-88.
- JIMÉNEZ, R., 1974. Marea roja debida a un ciliado en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Armada del Ecuador, Instituto oceanográfico. *Publicación INOCAR CM BIO 2-74*, Guayaquil, Ecuador, 1-11.
- LASSUS, P., 1988. *Plancton toxique et plancton d'eaux rouges sur les côtes européennes*. IFREMER. 111 pp.
- LEACKEY, R. J., P. H., BURKILL y M. A. SLEIGH, 1992. Planktonic ciliates in Southampton Water: abundance, biomass, production, and their role in pelagic carbon flow. *Marine Biology* 114: 67-83.
- LINDHOLM, T., 1985. *Mesodinium rubrum* - a unique photosynthetic ciliate. *Advanced Aquatic Microbiology* 3: 1-48.
- MANRIQUE, F. A. y R. E. MOLINA, 1997. Presencia de mareas rojas en la bahía de Bacochibampo, Guaymas, Sonora, México. *Hidrobiológica* 7: 81-84.
- MARGALEF, R. M. ESTRADA y D. BLASCO, 1979. Toxic dinoflagellates blooms. pp 89-94 En: D. L. TAYLOR y H. H. (Eds). Elsevier, Amsterdam. 375 p.
- MARTÍNEZ-LÓPEZ, A., R. CERVANTES-DUARTE, A. REYES-SALINAS y J. E. VALDEZ-HOLGUÍN, 2001. Cambio Estacional de la clorofila a en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Hidrobiológica* 11(1): 230-241.
- MEE, D., M. ESPINOSA y G. DÍAZ, 1986. Paralytic shellfish poisoning with a *Gymnodinium catenatum* red tide on the pacific coast of Mexico. *Marine Environmental Research* 19: 17-92.
- MOSER, H. G., E.H. AHLSTROM, D. KRAMER y E. G. STEVEN, 1974. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. *CalCOFI Reports* 17: 122-128.
- MURILLO-JIMÉNEZ, J., 1987. Algunas características paleoceanográficas y cuerpos de agua inferidos a partir del registro paleontológico (Radiolaria) en la Bahía de La Paz, B.C. Tesis de licenciatura, Departamento de Geología Marina, U.A.B.C.S., México, 70 p.
- RODEN, G. I., 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. 3:30-58. En: T. H. VAN ANDEL y G. G. SHORE JR. (Eds). *Marine Geology of the Gulf of the California. A symposium, Memories American Association of Petrology Geological* 350 p.
- RODEN, G. I. y G. W. GROVES, 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *Journal of Marine Research* 18: 10-35.
- STREETS., T.H., 1878. The discolored waters of the Gulf of California. *American Naturalist* 12: 85-92.
- STRICKLAND, J. D. y T. R. PARSONS, 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Resources Bd. Canadian Bulletin 167: 310.
- TAYLOR, F. J. R, D. J. BLACKBOURN and J. BLACKBOURN, 1971. The red-water ciliate *Mesodinium rubrum* and its "Incomplete Symbionts": A Review including new ultrastructural observations. *Journal Fisheries Resources Board Canada* 28: 391-407.
- WILKERSON, F. P. y G. GRUNSEICH, 1990. Formation of bloom by the symbiotic ciliate *Mesodinium rubrum*: the significance of nitrogen uptake. *Journal of Plankton Research* 12: 973-990.

Recibido: 19 de septiembre de 2001.

Aceptado: 1 de febrero de 2002.