

## ESTADIOS DE VIDA DE *Gyrodinium falcatum* (DINOPHYCEAE) EN LA BAHÍA DE LA PAZ, GOLFO DE CALIFORNIA

Gárate-Lizárraga, I.<sup>1</sup>, R. E. Muciño-Márquez<sup>1</sup> & D. J. López-Cortés<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Laboratorio de Fitoplancton. Departamento de Plancton y Ecología Marina, Apartado postal 592, C.P. 23096, La Paz, Baja California Sur, México. <sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Apartado. Postal 128, La Paz, BCS 23000, México. email: igarate@ipn.mx

**RESUMEN.** Se observaron cinco estados de desarrollo del dinoflagelado *Gyrodinium falcatum* en muestras de Bahía de La Paz. Aunque esta especie fue observada a lo largo del año, fue más abundante durante el periodo de invierno a primavera, cuando la columna de agua es homogénea. *G. falcatum* fue observada como epífita de la diatomea *Chaetoceros coarctatus*.

**Palabras clave:** *Gyrodinium falcatum*, Bahía de La Paz, estadios de desarrollo, epifitas.

### Life stages of *Gyrodinium falcatum* (Dinophyceae) in Bahía de La Paz, Gulf of California

**ABSTRACT.** Five stages of development of the dinoflagellate *Gyrodinium falcatum* were observed in field samples from Bahía de La Paz. Although this species was observed throughout the year, it was more abundant in the winter-spring period when the water column is homogeneous. *G. falcatum* was observed as epiphyte on the diatom *Chaetoceros coarctatus*.

**Keywords:** *Gyrodinium falcatum*, Bahía de La Paz, development stages, epiphytes.

Gárate-Lizárraga, I., R. E. Muciño-Márquez & D. J. López-Cortés. 2010. Estadios de vida de *Gyrodinium falcatum* (Dinophyceae) en la Bahía de La Paz, Golfo de California. *CICIMAR Océánides*, 25(1): 53-58.

### INTRODUCCIÓN

En México, los dinoflagelados desnudos han sido pobremente estudiados (Hernández-Becerril & Bravo-Sierra, 2004; Gárate-Lizárraga & Verdugo-Díaz 2007; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2007; 2009). Algunas de las especies de dinoflagelados desnudos que más se han estudiado en México son *Akashiwo sanguinea*, *Cochlodinium polykrikoides*, *Gymnodinium catenatum*, *Gyrodinium instriatum*, *Katodinium glaucum* y *Noctiluca scintillans*, pues son formadoras de florecimientos algales nocivos (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2006; 2009). Los dinoflagelados desnudos son un grupo difícil de estudiar debido a que su pared celular es delgada y frágil, alterándose o destruyéndose con facilidad por la acción de los preservadores comunes. Por ello se recomienda, además del uso de fijadores especiales, observación de muestras en vivo y el uso de microscopía electrónica. Asimismo, algunas especies de dinoflagelados presentan una gran variación morfológica que dificulta aún más la identificación taxonómica, ya sea en muestras frescas o fijadas (Hernández-Becerril & Bra-

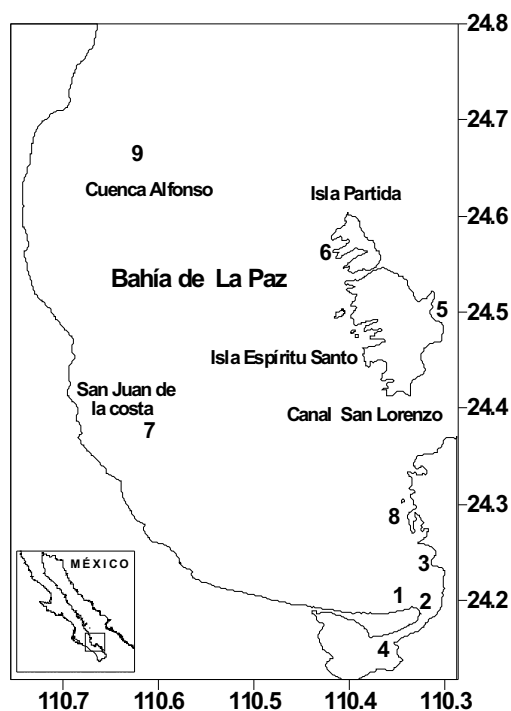
vo-Sierra, 2004; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2009). Un ejemplo ilustrativo de esa variación tanto de talla como de forma, es *Gyrodinium falcatum*, especie para la cual se han descrito nueve estadios de desarrollo que conforman su ciclo de vida, utilizando muestras frescas y de cultivo de la Bahía de Voshtok en el Mar de Japón (Konovalova, 2003). Nuestro estudio tiene como objetivo el mostrar la variación morfológica y los estadios de vida que presenta *Gyrodinium falcatum* en la Bahía de La Paz, México.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es una contribución parcial de los resultados obtenidos como parte del monitoreo que el grupo de Fitoplancton del CICIMAR realizó mensualmente en Bahía de La Paz durante el periodo comprendido entre enero de 2006 y abril de 2010 en diferentes estaciones de muestreo (Fig. 1). En cada uno se realizaron tres arrastres superficiales con una red para recolecta de fitoplancton de 20 µm y se midió la temperatura del agua con un termómetro de cubeta (Kahlsico). De las tres muestras obtenidas en los arrastres, se fijaron

Fecha de recepción: 07 de enero, 2010

Fecha de aceptación: 12 de mayo, 2010



**Figura 1.** Ubicación de las estaciones de muestreo en la Bahía de La Paz, B.C.S., México.

**Figure 1.** Location of sampling stations in Bahía de La Paz, B.C.S., México.

una con lugol y otra con formol y la tercera alícuota se revisó en vivo. Se tomaron muestras para el recuento de *G. falcatum*. Asimismo, se analizaron las muestras de fitoplancton recolectadas desde una profundidad de 60 m en una estación fija (9) en Cuenca Alfonso (24° 39' N 110° 36' W) en febrero, marzo y abril de 2010 (Fig. 1). Posteriormente, se revisaron en cámaras de sedimentación mediante un microscopio invertido Zeiss para identificar y cuantificar los diferentes estadios de desarrollo de *G. falcatum*. La identificación se hizo consultando los trabajos de Kofoid y Swezy (1921), Lebour (1925), Yoshimatsu (1990), Okolodkov y Dodge (1997), Konovalova (2003) y Gómez (2007). Las imágenes de las figuras 2-21 se tomaron en un microscopio invertido Zeiss, utilizando una cámara fotográfica digital SONY Cyber-shot (8.1 MP).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Gyrodinium falcatum* Kofoid & Swezy, 1921, Figs 2-21.

Sinónimos: *Gymnodinium fusus* Shütt, 1895, *pro parte*.

*Gyrodinium caudatum* Kofoid & Swezy, 1921

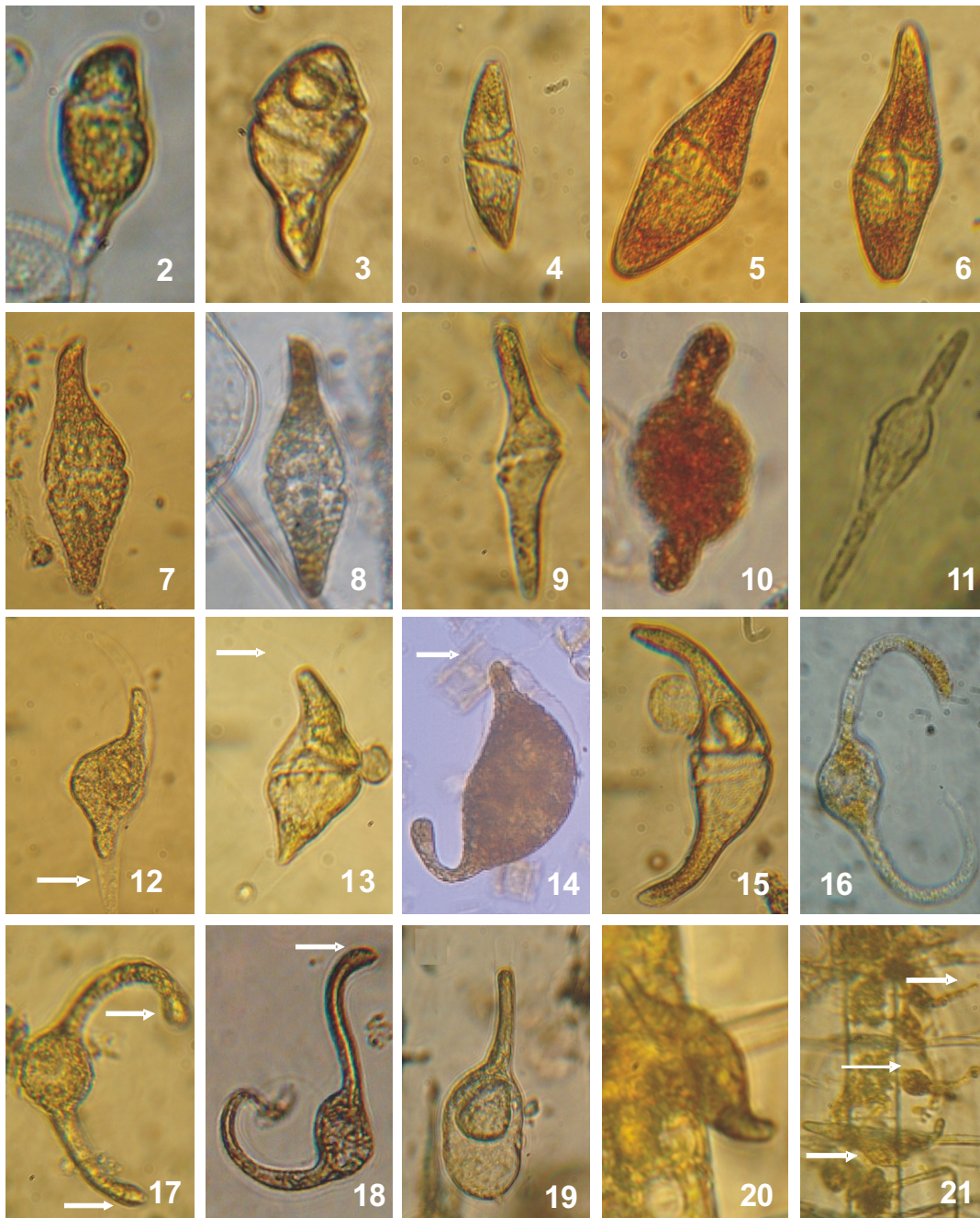
*Pseliodinium vaubanii* Sournia, 1972

Registros: Kofoid & Swezy (1921, p. 299, Fig. CC, 11); Steidinger & Williams (1970, p. 53, pl. 23); Sournia (1972, p. 156, Figs. 18-22); Okolodkov & Dodge (1997, Figs. 3-8 p.355; Figs.27-28. p.359); Konovalova (2003, p. 168, Figs. 1-9)

Área de muestreo: Bahía de La Paz, Golfo de California (estaciones 1 a 9 de la Fig. 1).

Características y dimensiones: Los ejemplares de *G. falcatum* son muy variables en tamaño y forma. Su talla depende del estado de desarrollo en el que se encuentran las células. En este estudio su talla varió entre 38-234 µm de longitud y entre 20-40 µm de ancho. No todos los ejemplares fueron medidos, debido a que el fijador (lugol) los doblaba (Figs. 14, 17 y 18). La coloración de los especímenes varió de verde (Figs. 1, 13, 15, 16 y 21) a anaranjado (Fig. 5, 6 y 7), sin embargo, algunos ejemplares no presentaban coloración (Fig. 3, 4 y 9). El núcleo se sitúa al centro de la célula.

Descripción de los estadios de vida: Elbrächter (1979) y Okolodkov y Dodge (1997) describen a *G. falcatum* como una especie metabólica debido a la gran variabilidad morfológica que presenta, hecho que se aprecia en nuestro estudio. Se han observado nueve estadios de desarrollo de *G. falcatum* en muestras de campo y en condiciones de laboratorio (Konovalova, 2003). Siguiendo el esquema de esta autora, en este estudio se encontraron 5 de los estadios de vida de esta especie para la Bahía de La Paz (Figs. 2-21). Los estadios 6, 7, 8 y 9, conocidos sólo de cultivos de laboratorio de *G. falcatum* (Konovalova, 2003), no fueron observados en nuestro estudio.



**Figuras 2-21.** Diferentes estadios de vida de *Gyrodinium falcatum* de Bahía de La Paz. Figs. 2 y 3 estadio 1; Fig. 4 estadio 2; Figs. 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 estadio 3; Figs. 12, 13 y 14 estadio 4. Las flechas indican las matrices; Figs. 15, 16, 17, 18 y 19 estadio 5. Las flechas de las figuras 17 y 18 señalan células articuladas bien diferenciadas que tienen funciones generativas del esporonte madre. Figs. 20 y 21 *Gyrodinium falcatum* epifito de *Chaetoceros coarctatum*. *Gyrodinium falcatum* de las figs. 2-9, 12-16, 19-21 son de organismos vivos. Las Figs. 10, 11, 14, 17 y 18, son de organismos fijados con lugol.

**Figures 2-21.** Different life stages of *Gyrodinium falcatum* from Bahía de La Paz. Figs. 2 and 3 stage 1; Fig. 4 stage 2; Figs. 5, 6, 7, 8, 9, 10 and 11 stage 3; Figs. 12, 13 and 14 stage 4. Arrows show matrices; Figs. 15, 16, 17, 18 and 19 stage 5. Arrows from figure 17 and 18 indicate well-differentiated articulate cells with generative functions of the mother sporont. Figs. 20 and 21, *Gyrodinium falcatum* epiphyte on *Chaetoceros coarctatum*. Figs. 2- 9, 12-16, 19-21 were taken from live specimens. Those from figs. 10, 11, 14, 17, 18, are from lugol fixed organisms.



Las figuras 2 y 3 representan al estadio 1, ya que muestran un epicono redondeado, mientras que el hipocono se empieza a desarrollar. En el estadio 2, ambas mitades de la célula están desarrolladas; son similares en tamaño y los extremos de las células no son completamente redondeados (Fig. 4). Se aprecia claramente en las imágenes que el cingulum y el sulcus son muy marcados, lo que diferencia claramente a *G. falcatum*. El estadio 3 es considerado como un estadio vegetativo de transición (Figs. 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11) y los organismos presentan un movimiento rápido. Los extremos de las células son redondeados en las células más jóvenes encontradas (Figs. 4, 5 y 7). A medida que maduran los organismos, el epicono y el hipocono se alargan alcanzando una longitud total de entre 80 y 120  $\mu\text{m}$ . De acuerdo con Konovalova (2003) los ejemplares de *G. falcatum* en este estadio crecen de manera rápida. Los ejemplares de las figuras 10 y 11 muestran una morfología similar a *Gyrodinium caudatum* y *Gymnodinium fusus*, respectivamente, los cuales han sido considerados como sinónimos de *G. falcatum* (Gómez, 2007). En el estadio 4, las células siguen creciendo y adquieren una forma irregular elongada-fusiforame hasta falcatiforme (Figs. 12, 13 y 14). Esto es una consecuencia del doblamiento de los extremos alargados de la célula. Elbrächter (1979) ha señalado que cuando los dinoflagelados desnudos son manipulados bajo el microscopio, desarrollan "matrices" a manera de quistes temporales. En nuestro estudio, este hecho también fue observado en otros estadios de desarrollo. Los ejemplares en estadio 5 presentan una talla mayor (160–234  $\mu\text{m}$ ) y es considerado el estadio final de desarrollo del organismo y las células en vista lateral presentan forma de media luna o en forma de brazaletes (Figs. 15, 16, 17 y 18). Este estadio fue descrito por Sournia (1972) como una nueva especie, *Pseliodidinium vaubanii*, la cual resultó ser solo un estadio en el ciclo de vida de *G. falcatum* (Konovalova, 2003). En este estadio los organismos maduros presentan en ambos extremos células articuladas bien diferenciadas (Figs. 17 y 18), aparentando que estas "células" tienen funciones generativas del esporonte madre. De acuerdo con Konovalova (2003), la figura 19 puede estar representando el estadio 5 en un proceso "degenerativo" de los organismos. Los estadios del 6 al 9 no se observaron en este estudio y son el resultado de observaciones realizadas en condiciones de cultivo. En la estación 3 (abril de 2009) se

observaron un total de 22 ejemplares muy similares a *G. falcatum* junto con el ciliado *Vorticella oceanica*, como epifitos de la diatomea *Chaetoceros coarctatus* (Figs. 20 y 21). En la muestra que se recolectó en abril de 2010 en Cuenca Alfonso y fue analizada en vivo, se observaron 3 cadenas de *Ch. coarctatus* infestadas por el dinoflagelado. Se contaron un total de 130 ejemplares de *G. falcatum* y se observaron al menos 4 estadios de vida. En algunas células se observaron el cingulum y el sulcus. No se han reportado casos de epifitismo de *G. falcatum* en la literatura especializada.

**Distribución en el Pacífico Mexicano:** Aunque existen pocos registros de esta especie, presenta una amplia distribución en el Pacífico Mexicano. Estos abarcan desde el sistema lagunar Magdalena-Almejas (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2007) hasta el Golfo de Tehuantepec (Meave del Castillo & Hernández-Becerril, 1998). En Bahía de La Paz se ha registrado *Gyrodinium falcatum* en diversas ocasiones en el estadio 5 (Okolodkov & Gárate-Lizárraga, 2006; Gárate-Lizárraga & Verdugo-Díaz, 2007; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2009) y generalmente se presenta de enero a julio y de octubre a diciembre, en un intervalo de temperatura entre 19 y 26 °C y con densidades estimadas entre 2000 y 6000 céls  $\text{L}^{-1}$ .

**Distribución general:** Es común en aguas templadas, tropicales y subtropicales. Principalmente nerítica, oceánica. Se ha reportado para las costas del Atlántico nororiental (Shütt, 1895; Lebour, 1925; Dodge, 1982; Okolodkov & Dodge, 1997), del mar Mediterráneo (Shütt, 1895), de California (Kofoid & Swezy, 1921), de Australia (Wood, 1954), del Golfo de México (Steidinger & Williams, 1970; Licea-Durán *et al.*, 2004), costas de India (Sournia, 1972), de Africa (Elbrächter, 1979), para la Bahía de Nueva York y Nueva Jersey (Olsen & Cohn, 1979), para el Mar interior de Seto, la Bahía de Mutsu y el Mar de Japón (Kofoid, 1931; Yoshimatsu, 1990; Konovalova, 2003), en el Mar Adriático (Marasovié, 1983), en aguas de Puerto Quetzal, Guatemala (Cardón de Portillo, 1997) y del Océano Pacífico sur (Gómez, 2007).

La descripción de los estadios de vida de *Gyrodinium falcatum* en muestras de campo resultó difícil debido a que no se tiene un control de las variables que afectan a estas poblaciones, además de que los diferentes estadios presentan cambios morfológicos rápidos en su proceso de maduración.

Dada la gran variación que se presentó, no solo en *G. falcatum* sino en otros dinoflagelados desnudos, sería interesante continuar con estudios en laboratorio de especies de los géneros *Gyrodinium* y *Gymnodinium* que suelen también presentar cambios morfológicos. Por otro lado, las asociaciones simbióticas entre las diferentes especies de microalgas son frecuentes en aguas del Golfo de California, particularmente en Bahía de La Paz (Gárate-Lizárraga & Muñetón Gómez, 2009). Un hallazgo interesante en este estudio, es el caso de epifitismo de *G. falcatum* sobre la diatomea *C. coarctatum*, la cual puede servir de sustrato al dinoflagelado. La literatura señala el escaso conocimiento acerca del epifitismo de dinoflagelados planctónicos, ya que es más común en dinoflagelados de hábitat bentónico que producen toxinas (Faust, 1996). Es necesario considerar este tipo de asociaciones simbióticas de microalgas planctónicas con otros grupos del fitoplancton y del zooplancton en estudios posteriores y sobre la dinámica de las mismas en el plancton marino de ecosistemas costeros.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al IPN por el apoyo financiero para la realización de este trabajo a través de los proyectos SIP-20080711, SIP-20090299, SIP 20090523 y SIP-20100985. Al proyecto PC3.2-CIBNOR, SNI-90102. A Clara Ramírez-Jáuregui (ICMyL-UNAM, Mazatlán) por facilitarnos la literatura especializada. A Fernando Aguirre-Bahena por su ayuda en la recolección de muestras. IGL es becario EDI y COFAA. REMM es Becario CONACYT (269167) y PIFI (20082279). DJLC pertenece al SNI.

#### REFERENCIAS

- Cardón de Portillo, K.E. 1997. *Identificación, abundancia y temporalidad estacional y espacial de Pyrrophyta y su relación con las variables ambientales presentes en Puerto Quetzal, San José, Escuintla*. Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos, Guatemala. 127 p.
- Dodge, J. D. 1982. *Marine dinoflagellates of the British Isles*. HM Stat. Office, London. 303 p.
- Elbrächter, M. 1979. On the taxonomy of unarmored dinophytes (Dinophyta) from the Northwest African upwelling region. 'Meteor' Forschungs. *Reihe*, 30: 1–22.
- Faust, M.A. 1996. Dinoflagellates in a mangrove ecosystem, Twin Cays, Belize. *Nova Hedwigia*, 112: 447-460.
- Gárate-Lizárraga, I. & G. Verdugo-Díaz. 2007. Nuevos registros de dinoflagelados desnudos para el Golfo de California, México. *CICIMAR Oceánides*, 22(1,2): 37-43.
- Gárate-Lizárraga, I. & M.S. Muñetón-Gómez. 2009. Primer registro de la diatomea epibionte *Pseudohimantidium pacificum* y de otras asociaciones simbióticas en el Golfo de California. *Acta Bot. Mex.*, 88: 33-47.
- Gárate-Lizárraga, I., M. S. Muñetón-Gómez & V. Maldonado-López. 2006. Florecimiento del dinoflagelado *Gonyaulax polygramma* frente a la Isla Espíritu Santo, Golfo de California (Octubre-2004). *Rev. Invest. Mar.*, 27(1): 31-39.
- Gárate-Lizárraga I., C.J. Band-Schmidt, G. Verdugo-Díaz, M.S. Muñetón-Gómez, & E.F. Félix-Pico. 2007. Dinoflagelados (Dinophyceae) del sistema lagunar Magdalena-Almejas. 145-174, En: Funes-Rodríguez R., J. Gómez-Gutiérrez, R. Palomares-García (Eds.). *Estudios ecológicos en Bahía Magdalena*. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur.
- Gárate-Lizárraga, I. C. Band-Schmidt, F. Aguirre-Bahena & T. Grayeb del Alamo. 2009. A multi-species microalgae bloom in Bahía de La Paz, Gulf of California, Mexico (June 2008). *CICIMAR Oceánides*, 24 (1-2): 1-10.
- Gómez, F., 2007. Gymnodinioid dinoflagellates (Gymnodiniales, Dinophyceae) in the open Pacific Ocean. *Algae*, 22: 273-286.
- Hernández-Becerril, D. U. & E. Bravo-Sierra. 2004. New records of planktonic dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific Ocean. *Bot. Mar.*, 47: 417-423.

- Kofoed, C. A. & O. Swezy 1921. *The free-living unarmored Dinoflagellata*. *Mem. Univ. Calif.*, vol. 5, Univ. Calif. Press. Berkeley, California, E.U.A. 562 p.
- Kofoed, C.A. 1931. *Report of the biological survey of Mutsu Bay*. 18. Protozoan fauna of Mutsu Bay. Subclass Dinoflagellata; Tribe Gymnodinioidae. The Science Reports of the Tôhoku Imperial University Fourth Series (Biology), 6(1): 1-43.
- Konovalova, G.V. 2003. The life history of *Gyrodinium falcatum* and validity of *Pseudiodinium vaubanii* (Dinophyceae). *Russ. J. Mar. Biol.*, 29: 167-170.
- Lebour, M.V. 1925. The dinoflagellates of Northern Seas. *Mar. Biol. Ass. U. K.*, Plymouth. 250 p.
- Licea-Durán, S., M.E. Zamudio, R. Luna & J. Soto. 2004. Free-living dinoflagellates in the southern Gulf of Mexico: Report of data (1979–2002). *Phycol. Res.*, 52: 419-428.
- Marasovié, I., 1983. Records of new phytoplankton species in the Adriatic. *Biljeske-Notes*, 53: 1-6.
- Meave del Castillo, M.E. & D.U. Hernández-Becerril. 1998. Fitoplancton. 59–74, En: Tapia-García, M. (Ed.). *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F.
- Okolodkov, Y.B. & I. Gárate-Lizárraga. 2006. An annotated checklist of dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific. *Acta Bot. Mex.*, 74(1):1–154.
- Okolodkov, Y. & J.D. Dodge, 1997. Morphology of some rare and unusual dinoflagellates from the north-eastern Atlantic. *Nova Hedwigia*, 64: 353-365.
- Olsen, P. & M. Cohn. 1979. Phytoplankton in lower New York Bay and adjacent New Jersey estuarine and coastal waters. *Bull. New Jersey Acad. Sci.*, 24: 59-69.
- Schütt, F. 1895. Die Peridineen der Plankton-Expedition. *Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung*, 4: 1-170.
- Sournia, A. 1972. Une période de poussées phytoplanctoniques près de Nosy-Bé (Madagascar) en 1971: Espèces rares ou nouvelles du phytoplancton. *Cahiers O.R.S.T.O.M., Série Océanogr.*, 10: 151-159.
- Steidinger, K. & K. Tangen. 1997. Dinoflagellates. 387–589, En: Tomas, C.R. (Ed.). *Identifying marine phytoplankton* Acad. Press, Inc., San Diego, California, E.U.A.
- Wood, E.J.F. 1954. Dinoflagellates in the Australian Region. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 5(2): 171-352.
- Yoshimatsu, S., 1990. *Gyrodinium falcatum* Kofoed et Swezy. 60–61, En: Fukuyo, Y., Takano, H., Chihara, M., Matsuoka, K. (Eds.). *Red tide organisms in Japan, an illustrated taxonomic guide*, Uchida Rokakuho Publ. Co. Ltd., Tokyo.