

NOTA CIENTÍFICA

NOTA SOBRE LA PRESENCIA DEL DINOFLAGELADO DESNUDO
Kofoidinium velloides Pavillard (Kofoidiniaceae, Dinophyceae)
EN EL CARIBE MEXICANO.

Note on the presence of the unarmored dinoflagellate Kofoidinium Velloides Pavillard (Kofoidiniaceae, Dinophyceae) in the Mexican Caribbean.

Sergio Escobar-Morales^{1*} y Antonio Almazán-Becerril¹

¹ Unidad de Ciencias del Agua, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
Calle 8, número 39, Manzana 29
Lote. 1, Col. Supermanzana 64,
Cancún, Quintana Roo. C.P. 77500

* Autor para correspondencia:
sergio.escobar@cicy.mx

Recibido: 7 noviembre 2014

Aceptado: 2 marzo 2015

RESUMEN

Entre los dinoflagelados, el género *Kofoidinium* incluye la especie *K. velloides*, más tres especies morfológicamente relacionadas. La mayor parte de las especies de este género son poco conocidas así como también se desconoce su diversidad real y distribución geográfica. En México, *K. pavillardii* y *K. velloides* han sido previamente registradas tanto en el Pacífico mexicano como en el Golfo de México. Este trabajo documenta la presencia del dinoflagelado desnudo *K. velloides* en una laguna costera del estado de Quintana Roo, norte del Caribe mexicano. Las mayores abundancias se registraron en los meses de enero (874 céls L⁻¹) y febrero (360 céls L⁻¹), posiblemente debido a factores hidrológicos favorables. En el presente estudio se registra por primera vez a *K. velloides* en la costa del Caribe mexicano.

PALABRAS CLAVE: Caribe mexicano, Dinoflagelado atecado, *Kofoidinium*, Laguna Chakmochuk.

ABSTRACT

Among the dinoflagellates, the genus *Kofoidinium* includes *K. velloides*, plus three more morphologically related species. The majority of the species of the genus *Kofoidinium* are poorly known as well as their real diversity and geographic distribution is also unknown. In Mexico, *K. pavillardii* and *K. velloides* have been previously recorded in the Mexican Pacific as well as in the Gulf of Mexico. This paper documents the presence of the unarmoured dinoflagellate *K. velloides* in a coastal lagoon in the state of Quintana Roo, northern Mexican Caribbean. The highest abundances were recorded during January (874 cells L⁻¹) and February (360 cells L⁻¹), likely due to favorable hydrologic factors. This present study records *K. velloides* for the first time in the Mexican Caribbean coast.

KEY WORDS: Chakmochuk lagoon, *Kofoidinium*, Mexican Caribbean, Unarmored dinoflagellates.

INTRODUCCIÓN

Los dinoflagelados que pertenecen al orden Noctilucales abarcan tres familias (Noctilucaeae, Leptodiscaceae y Kofoidiniaceae), que autores como Gómez *et al.* (2010) consideran aberrantes debido a que en algunas etapas de su ciclo de vida carecen de los caracteres típicos de los dinoflagelados (entre ellos flagelos y los cromosomas permanentemente condensados). El género *Kofoidinium* fue establecido por Pavillard (1928) a partir de especímenes de una especie de dinoflagelado desnudo que halló en estado maduro, que describió como un miembro de un nuevo género y la nombró *K. velloides* Pavillard. Posteriormente, Cachon y Cachon (1967) describieron el ciclo de vida y la morfología de varios kofoidiniaceos y establecieron las especies *K. pavillardii* J.Cachon *et* M.Cachon y *K. splendens* J.Cachon *et* M.Cachon a partir de ejemplares vivos. Cabe señalar que durante el proceso de fijación los organismos se distorsionan y se pierden algunas estructuras delicadas; de hecho, la especie *K. arcticum* Bursa, solo ha sido reportada desde su descripción original en aguas del ártico canadiense por Bursa (1964), posiblemente porque se trate de una célula deformada a causa del fijador (Cachon y Cachon, 1967; Taylor, 1976; Gómez y Furuya, 2007).

Es evidente que la mayor parte de las especies de *Kofoidinium* son en general poco conocidas así como también se desconoce su diversidad real y distribución geográfica. En México han sido detectadas tres de las cuatro especies de *Kofoidinium* existentes: *K. pavillardii*, *K. splendens* y *K. velloides* registradas en diversas localidades del Pacífico mexicano y listadas por Okolodkov y Gárate-Lizárraga (2006); en el Golfo de México también se han registrado dos especies de este género: *K. pavillardii* y *K. velloides*, detectadas por Licea *et al.* (2004).

En el Caribe mexicano, los muy escasos estudios acerca de dinoflagelados han sido enfocados en la porción bentónica, dada la relación de estos organismos con el síndrome de la Ciguatera (CFP) (Almazán-Becerril, 2000; Almazán-Becerril y Hernández-Becerril, 2002; Hernández-Becerril y Almazán-Becerril, 2004).

Cabe señalar que, exceptuando el trabajo de Balech (1967), no se cuenta con registros históricos de dinoflagelados planctónicos del Caribe mexicano y por otra parte, se han observado especies poco frecuentes que no han sido registradas para esta región, por lo tanto, este trabajo, tiene como propósito el de anotar un nuevo registro de una especie poco conocida, en el Caribe mexicano y proporcionar una descripción de los especímenes que se encontraron en la zona además de información adicional sobre su abundancia y distribución.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio se encuentra en la zona norte del estado de Quintana Roo, México, entre los municipios Benito Juárez e Isla Mujeres (Fig. 1). Se realizaron nueve muestreos mensuales de variables hidrológicas y de fitoplancton de la capa superficial en 14 estaciones en la Laguna Chakmochuk (Fig. 1) entre septiembre de 2009 a octubre de 2010. Las muestras biológicas se preservaron con acetato de Lugol al 1%. La identificación y el conteo de células se realizó en transectos, por el método de Utermöhl (Hasle, 1978; Edler y Elbrächter, 2010), utilizando una cámara de sedimentación de 50 ml en un microscopio invertido (modelo Axiovert Carl Zeiss) con óptica de campo claro y aumentos de 100-400x. El número de células en un litro de agua (cél/L) se obtuvo con la fórmula

propuesta por Andersen y Thronksen (2003). Adicionalmente se realizaron mediciones de algunas variables hidrográficas (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto) con un perfilador de mediciones continuas de conductividad, temperatura y profundidad (CTD) marca Seabird, modelo SBE19 plus V2 (Sea-Bird Electronics, Inc., Bellevue, Washington, EE.UU.).

RESULTADOS

Kofoidinium velloides fue detectado durante los meses de enero, febrero, abril, julio y octubre tanto en sus fases maduras como inmaduras (Tabla 1); durante el mes de enero, caracterizado por los menores valores de temperatura y baja salinidad (Tabla 1 y Fig. 1). Las células en estadio maduro alcanzaron la máxima concentración de 874 céls L⁻¹ (Tabla 1). La descripción de las características morfológicas

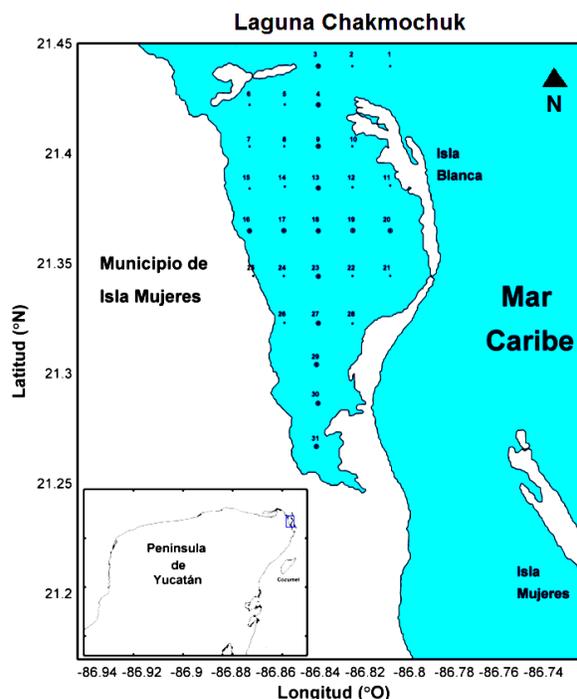


Fig. 1. Mapa de la ubicación espacial de la laguna Chakmochuk, Quintana Roo, México y las estaciones de muestreo.

Tabla 1. Abundancia de *Kofoidinium velloides* Pavillard a lo largo del ciclo anual 2009-2010, así como las coordenadas geográficas y datos hidrográficos de los sitios donde se detectó esta especie.

<i>Kofoidinium velloides</i> Pavillard							
Mes	Estación	Latitud	Longitud	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	céls L ⁻¹ E.M.	céls L ⁻¹ E.I.
Enero	E-27	21.3227	-86.8419	19.585	35.432	874	ND
	E-19	21.3647	-86.8574	19.35	35.752	ND	40
Febrero	E-04	21.4220	-86.8419	20.334	35.78	40	ND
	E-09	21.4031	-86.8572	20.42	35.562	20	ND
	E-16	21.3648	-86.8097	20.62	35.355	40	ND
	E-19	21.3647	-86.8574	20.225	35.938	40	ND
	E-20	21.3647	-86.8728	20.442	35.492	60	ND
	E-23	21.3440	-86.8419	20.22	35.87	120	ND
Abril	E-27	21.3227	-86.8419	19.986	36.218	40	20
	E-31	21.2667	-86.8429	28.24	32.457	40	ND
Julio	E-13	21.3841	-86.8419	31.180	36.435	20	ND
	E-25	21.3441	-86.8711	31.509	36.412	ND	40
Octubre	E-09	21.4031	-86.8572	28.246	35.426	ND	20
	E-12	21.3844	-86.8266	27.955	36.121	ND	40
	E-13	21.3841	-86.8419	28.093	35.796	ND	60

Abreviaturas: E.M. (estadios maduros), E.I. (estadios inmaduros), céls L⁻¹ (Células L⁻¹), ND (no detectado).

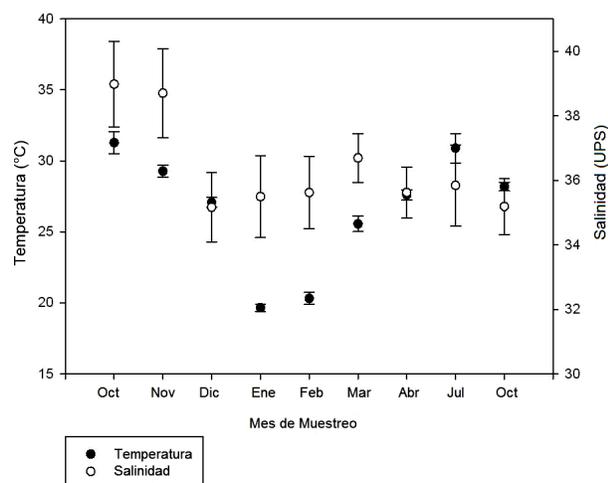


Figura 2. Variación mensual del promedio de las mediciones de salinidad (UPS) y temperatura (°C) de la laguna Chakmochuk a lo largo del periodo de muestreo. Las barras indican la desviación estándar de las mediciones.

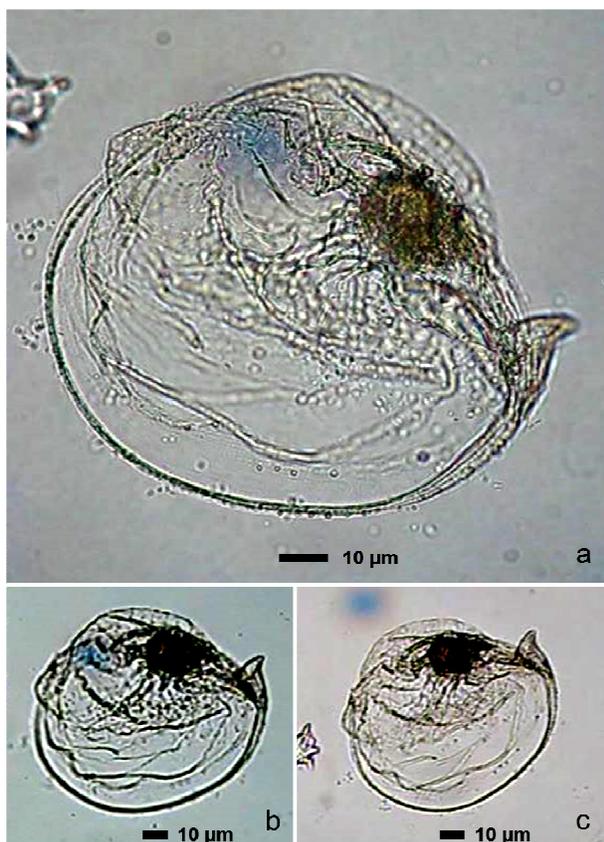


Figura 3a-c. Micrografías del dinoflagelado desnudo *Kofoidinium velelloides* Pavillard en microscopía de luz (ML). **a)** Célula completa en vista ventral, enfoque de las formaciones fibrilares y una estructura tentacular. **b)** Vista ventral, enfoque medio. Algunos gránulos con coloración son perceptibles. **c)** Vista ventral, enfoque del contorno. Escalas de la barra = 10 µm.

de esta especie así como su esquema de clasificación, propuesto por Gómez (2012), es la siguiente:

- División Dinoflagellata (Bütschli)
- Fensome *et al.*, 1993
- Clase Noctiluciphyceae Fensome *et al.*, 1993
- Orden Noctilucales Haeckel, 1894
- Familia Kofoidinaceae F.J.R.
- Taylor, 1976
- Género *Kofoidinium* Pavillard, 1928
- Kofoidinium velelloides* Pavillard, 1928

Fig. 3a-c.

Referencias: Dodge, 1982, p. 137, Fig. 16 E; Balech, 1988, p. 225, Fig. 1; Gómez y Furuya, 2007, p. 119, Fig. 10; Gómez, 2010, p. 368, Fig. 3j-l.

Dinoflagelado desnudo, de morfología variable. El estadio maduro es inflado y asimétrico, de talla grande, entre 90 y 130 µm. El contorno de la célula es de forma semicircular. El cuerpo de la célula está reforzado por formaciones fibrilares. El hiposoma está comprimido lateralmente y en esta estructura se encuentra alojado el núcleo. Presenta un tentáculo. Carece de cloroplastos, sin embargo, algunas células presentan pequeños gránulos en el citoplasma.

Distribución general: Especie costera y oceánica en mares templados y tropicales, cosmopolita (Steidinger y Tangen, 1997); registros procedentes de diversas localidades del Mar Mediterráneo (Pavillard, 1928; Gómez, 2010), del Océano Atlántico (Pavillard, 1931; Dodge, 1982) y del Pacífico Tropical (Rampi, 1952; Gómez y Furuya, 2007).

Distribución en México: Golfo de California (Baja California Sur) y Pacífico tropical (Guerrero) (Okolodkov y Gárate-Lizárraga, 2006), sur del Golfo de México (Licea *et al.*, 2004).

Ocurrencia: 10/122 muestras (fase madura); 6/122 muestras (fase inmadura). Estaciones 04, 09, 12, 13, 16, 19, 20, 23, 25, 27, 31 (Tabla 1).

DISCUSIÓN

Morfología

Diversos autores coinciden en señalar que los kofoidiniáceos presentan una variabilidad morfológica considerable a lo largo de su ciclo de vida. Cachon y Cachon (1967) describieron seis estadios dentro del ciclo de vida de *K. pavillardii* y señalan que varios de esos estadios han sido descritos como especies distintas (Cachon y Cachon, 1967; Gómez y Furuya, 2007). Dichos autores también sostienen que los kofoidiniáceos al desarrollarse comparten características de *Amphidinium* Claperède et Lachmann, *Gymnodinium* Stein y *Noctiluca* Suriray; así pues, la morfología de los kofoidiniáceos es en realidad cambiante, y esto supone un reto adicional para su identificación. Por citar un ejemplo, el caso del kofoidiniáceo *Spatulodinium* Cachon et Cachon, en el cual se consideró la variabilidad de su morfología desde su descripción original por Pouchet (1885). Sin embargo, hay autores que consideran como especies diferentes a los estadios inmaduros de una misma especie. En este estudio, células similares a los estadios inmaduros de *S. pseudonoctiluca* fueron detectadas, sin embargo, dado que las fases maduras no fueron observadas a lo largo del ciclo anual, consideramos que se tratan en realidad de estadios de *K. velelloides*. Estos ejemplares (no ilustrados) fueron detectados durante los meses de enero, febrero, julio y especialmente octubre (Tabla 1).

De acuerdo con Cachon y Cachon (1967), conforme transcurre su desarrollo, los *Kofoidinium* secretan una cáscara cuya morfología no se asemeja a ningún otro dinoflagelado sino más bien a algún otro protista. Esta cáscara (o concha) tiene la forma de casquete esférico dotado de una regularidad geométrica notable. Una vez formado, se separa en

gran medida desde el cuerpo celular y solo se ancla en dos puntos diametralmente opuestos de los sistemas de fijación y orientación que diferencian las dos extremidades: ventral y dorsal; de modo que esta cáscara o tapa puede cubrir alternativamente un lado del epicono o del hipocono, como una especie de cúpula (Cachon y Cachon, 1967). Desafortunadamente, es una de las primeras estructuras que se pierde tras la adición de preservadores.

Comparación entre especies

Las especies de *Kofoidinium* presentan una morfología muy similar, por este motivo la delimitación entre especies puede ser en ocasiones difícil. La identificación de los *Kofoidinium* se complica por la deformación que sufren durante el proceso de preservación, incluso, diversos autores consideran que la deformación por la fijación con formalina es la causa para dudar de la validez de la especie *K. arcticum* (Cachon y Cachon, 1967; Taylor, 1976; Gómez y Furuya, 2007). Por ello, y debido a que *K. arcticum* no ha vuelto a observarse desde su descripción original, es posible pensar que probablemente podría tratarse de una sinonimia.

Los *Kofoidinium* son organismos de talla grande, mayores a 200 μm de diámetro (Cachon y Cachon, 1967), sin embargo, Gómez (2010) encontró especímenes de este género de entre 40-60 μm de diámetro, con contornos irregulares o triangulares que hacen pensar que podrían tratarse de una especie nueva, pues esta forma irregular del hipocono es atípica en las especies más grandes. *K. pavillardii* es la especie de mayor talla del género, con células que alcanzan las 700 μm de diámetro y presentan una proyección conocida como saliente cuadrada (Maciel-Baltazar y Hernández-Becerril, 2013). *K. splendens*

difiere fácilmente de *K. pavillardii* en la forma del contorno de la célula, el cual está truncado en la parte delantera, presenta grandes inclusiones refringentes que son más evidentes en el borde del velo y un cuerpo lenticular en la región ventral. Además, carece de ornamentaciones. La diferenciación de las dos especies reconocidas restantes (*K. splendens* y *K. velloides*) no resulta sencilla, básicamente porque las descripciones originales están incompletas o porque no han considerado las mismas características para las dos especies. Gómez y Furuya (2007) propusieron diferenciarlas con base en la talla y a la presencia/ausencia de proyecciones en el epicono y el hipocono. Sin embargo, también es posible diferenciar a *K. velloides* de especies congénéricas porque tiene una morfología muy característica, casi semicircular y la presencia de estructuras fibrilares. Cachon y Cachon (1967) describen que las fibras esqueléticas causan el aplastamiento del hipocono, en una especie de raqueta dispuesta en el plano sagital. Pavillard (1928) observó además la existencia de una banda de la cintura en forma ahusada que, según él, puede alojar un flagelo (o tentáculo), y en el otro extremo de la cámara anterior, la presencia de un marco formado por dos costillas. Según Cachon y Cachon (1967) se trata en realidad, del borde de la concha que está enganchada parcialmente a la parte dorsal de la célula.

DISTRIBUCIÓN

La distribución de los miembros de *Kofoidinium* en términos generales es poco conocida. Destacan los trabajos que documentan especies de este género en varias latitudes en el Mar Mediterráneo (Pavillard, 1928; Gómez, 2010; Gómez *et al.*, 2010), Océano Atlántico

(Pavillard, 1931; Dodge 1982) y Pacífico tropical (Rampi, 1952; Gómez y Furuya, 2007). En México se ha documentado tanto en el Océano Pacífico como en el Golfo de México y Golfo de California (Licea *et al.*, 2004; Okolodkov y Gárate-Lizárraga, 2006). Sin embargo, este estudio documenta por vez primera la presencia de *K. velloides* en aguas del Mar Caribe mexicano.

Gómez y Furuya (2007) registraron *Kofoidinium velloides* en intervalos de temperatura entre los 14-30 °C en diferentes localidades del Pacífico tropical. La mayor cantidad de registros dados por estos autores fueron detectados entre los 20-30 °C. De la misma forma, Gómez (2010) detectó células de *Kofoidinium* a una temperatura de 18 °C en el Mar de Levante y arriba de los 22 °C en el Mar Balear. En México, Gárate-Lizárraga *et al.* (2009) registraron *K. velloides* a una temperatura de 24 °C en el Golfo de California (en condiciones de surgencia). En este estudio, las mayores abundancias de las fases maduras de *K. velloides* se registraron en los meses de enero y febrero (Tabla 1) a una temperatura cercana a los 20 °C. Estas observaciones sugieren que se trata de una especie que tiene predilección por aguas templadas, lo que nos hace suponer la posibilidad que *K. velloides* presente una distribución más amplia en el Caribe mexicano, si se considera la influencia de la surgencia de Yucatán en el área de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los Ingenieros B. Delgado-Pech, D. Irola-Sansores y a la Biól. V.M. Nava-Ruíz quienes apoyaron durante la recolección de las muestras. A la Ing. P. Aguilar por su apoyo en la elaboración del

mapa y A. Cervantes-Ontiveros, por la redacción del texto en inglés. Agradecemos a Fernando Gómez por proveer literatura científica relevante. Los fondos para la realización de esta investigación fueron aportados por el CICY A.C. a través del proyecto fiscal 1038900004.

REFERENCIAS

- Almazán-Becerril, A. (2000). *Estudio taxonómico de algunos dinoflagelados potencialmente tóxicos en el Caribe Mexicano*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 52 pp.
- Almazán Becerril, A., Hernández-Becerril, D.U. (2002). *Dinophysis siankanensis*, a new species of planktonic dinoflagellate (Dinophyceae) from the Mexican Caribbean Sea. *Phycologia* 41: 374–381.
- Andersen, P., Throndsen, J. (2003). Estimating cell numbers. *In: Manual on harmful marine microalgae* (Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M., Cembella, A.D. eds.), UNESCO Publishing, Paris, pp: 99–129.
- Balech, E. (1967). Dinoflagelados nuevos o interesantes del Golfo de México y Caribe. *Rev. Mus. Arg. Cs. Nat. Hidrobiología* 2 (3): 78–126.
- Balech, E. (1988). *Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental*. Publicación Especial, Instituto Español de Oceanografía, Madrid, 219 pp.
- Bursa, A. (1964). *Kofoidinium arcticum*, a new dinoflagellate. *Phycologia* 4: 1–14.
- Cachon, J., Cachon, M. (1967). Contribution a l'étude des Noctilucidae Saville-Kent. I. Les Kofoidiniinae Cachon, J. et M. evolution, morphologique et systematique. *Protistologica* 3: 427–444.
- Dodge, D.J. (1982). *Marine Dinoflagellates of the British Islands*. Her majesty's stationery office, London, 303 pp.
- Edler, L., Elbrächter, M. (2010). The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. *In: Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis* (Karlson, B., Cusack, C., Bresnan, E. eds.), UNESCO Publishing, Paris, pp: 13–20.
- Gárate-Lizárraga, I., Band-Schmidt, C.J., Aguirre-Bahena, F., Grayeb-del Álamo, T. (2009). A multi-species microalgae bloom in Bahía de La Paz, Gulf of California, México (June 2008). *CICIMAR Océánides* 24(1):15–29.
- Gómez, F. (2010). Diversity and distribution of noctiluroid dinoflagellates (Noctilucales, Dinophyceae) in the open Mediterranean Sea. *Acta Protozool.* 49: 365–372.
- Gómez, F. (2012). A checklist and classification of living dinoflagellates (Dinoflagellata, Alveolata). *CICIMAR Océánides* 27: 65–140.
- Gómez, F., Furuya, K. (2007). *Kofoidinium*, *Spatulodinium* and other kofoidiniaceans (Noctilucales, Dinophyceae) in the Pacific Ocean. *Eur. J. Protistol.* 43: 115–124.
- Gómez, F., Moreira, D., López-García, P. (2010). Molecular phylogeny of Noctiluroid dinoflagellates Noctilucales, Dinophyceae). *Protist* 161: 466–478.
- Hasle, G.R. (1978). The inverted-microscope method. *In: Phytoplankton Manual* (Sournia, A. ed.), UNESCO, Paris, pp: 88–96.
- Hernandez-Becerril, D.U., Almazan-Becerril, A. (2004). Especies de dinoflagelados del genero *Gambierdiscus* (Dinophyceae) del Mar Caribe Mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 52: 77–87.
- Licea, S., Zamudio, M.E., Luna, R., Soto, J. (2004). Free living dinoflagellates in the southern Gulf of México: Report of data (1979–2002). *Phycol. Res.* 52 (4): 419–428.
- Maciel-Baltazar, E., Hernández-Becerril, D.U. (2013). Especies de dinoflagelados atecados (Dinophyta) de la costa de Chiapas, sur del Pacífico mexicano. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 48 (2): 245–259.
- Okolodkov, Y., Gárate-Lizárraga, I. (2006). An annotated checklist of

dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific. *Acta Bot. Mex.* 74: 1–154.

Pavillard, J. (1928). *Kofoidinium velleoides* n. g. n. spec. *Ann. Protistol. Paris* 1: 159–161.

Pavillard, J. (1931). Phytoplankton (Diatomées, Péridiniens) provenant des campagnes scientifiques du Prince Albert 1er de Monaco. Résultats des Campagnes Scientifiques accomplies sur son Yacht par Albert 1er Prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec la concours de M. Jules Richard 82:1–203.

Pouchet, G. (1885). Nouvelle contribution à l'histoire des Péridiniens marins. *J. Anat. Physiol.* 21: 28–88.

Rampi, L. (1952). Ricerche sul microplancton di superficie del Pacifico tropicale. *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco.* 1014: 1–16.

Steidinger, K.A., Tangen, K. (1997). Dinoflagellates. In: *Identifying Marine Phytoplankton* (Tomas, C.R. ed.), Academic Press, San Diego, pp: 387–584.

Taylor, F.J.R. (1976). *Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report on material collected by the RV <<Anton Bruun>>*. Bibliotheca Botanica, Stuttgart. 234p.