

# Variación nictemeral del género *Prorocentrum* (Dinophyceae) en la laguna costera Sontecomapan, Veracruz, México

<sup>1</sup>Muciño-Márquez RE\*, <sup>1</sup>Figueroa-Torres MG y <sup>2</sup>Gárate-Lizárraga I.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco. Laboratorio de Ficológia. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, C. P. 04960. Tel. (55) 5483-7000 ext 3153.

<sup>2</sup> Departamento de Plancton y Ecología Marina, CICIMAR-IPN. Apartado postal 592, C.P. 23000, La Paz Baja California Sur, México.

\*mucinoelizabeth@gmail.com.mx.

## RESUMEN

El género *Prorocentrum* Ehrenberg, incluye 62 especies marinas, 21 son consideradas formadoras de florecimientos algales nocivos (FAN), de las cuales aproximadamente 10 especies producen toxinas. Considerando lo anterior, el objetivo de este trabajo consistió en determinar la distribución y abundancia de las especies del género *Prorocentrum* durante un ciclo nictemeral, así como la influencia de algunas variables ambientales, en la boca de la laguna costera de Sontecomapan Veracruz, México. Los días 27 y 28 de octubre de 1999 se recolectaron muestras de agua cada dos horas con una botella van Dorn a nivel de superficie y de medio fondo, para medir la temperatura, la salinidad, el pH, el oxígeno disuelto, la composición y la abundancia de las especies de *Prorocentrum*. Para comprender la relación de las variables ambientales y la abundancia de las especies de *Prorocentrum*, se aplicó un análisis de regresión lineal. Los resultados mostraron un total de cinco especies en el ciclo nictemeral: *Prorocentrum compressum*, *P. gracile*, *P. micans*, *P. mexicanum* y *P. robustum* de las cuales las primeras cuatro forman florecimientos. *Prorocentrum gracile* fue la especie abundante y frecuente, registrando una relación significativa  $r^2 = 0.52$  con la salinidad, esta variable fue el factor ambiental determinante en la distribución y abundancia temporal de las especies de *Prorocentrum*.

Palabra clave: Floraciones algales, fitoplancton, salinidad.

## INTRODUCCIÓN

El género *Prorocentrum* Ehrenberg, incluye 62 especies marinas tanto pláncnicas como bénticas, son organismos unicelulares de forma ovalada, redonda o piriforme, la pared celular está formada

por dos valvas. La valva izquierda es plana, mientras que la derecha tiene forma de “V”. Cada valva está formada por una sola placa sencilla; sin embargo, en el extremo anterior, la región donde emergen los flagelos, esta posee un conjunto de plaquitas (hasta 9), que pueden separarse totalmente o estar unidas entre sí formando una malla llamada “placa de los poros” en la que se aprecian los dos poros flagelares. Un flagelo es alargado longitudinalmente y el otro es helicoidal.

Los principales caracteres morfológicos para identificar a las especies son: la forma de la células, el tamaño (ancho y largo de la célula), la posición de las espinas apicales, la forma de la teca derecha, el arreglo de los poros en la superficie de la teca, el número y el arreglo de la placas periflagelares (Dodge 1982, Balech 1988, Steidinger y Tangen 1996, Faust y Gullede 2002).

A nivel mundial se han registrado 21 especies del género *Prorocentrum* que son consideradas formadoras de florecimientos algales nocivos como *P. compressum*, *P. gracile*, *P. mexicanum*, entre otras (Fott 1971, Gómez 2005, Faust et al. 1999), de las cuales aproximadamente 10 especies producen toxinas como *P. lima*, *P. minimum*, *P. shikokuense* entre otras, estas especies representan riesgos para la salud de organismos acuáticos y del hombre y tienen consecuencias negativas para la economía local (Steidinger y Tangen 1996, Cortés 1998, Faust y Gullede 2002). Considerando la importancia de las especies de *Prorocentrum*, esta investigación presenta la distribución y abundancia de las especies de este

género en un ciclo nictemeral, en la boca de la laguna costera de Sontecomapan Veracruz, así como la influencia de algunas variables ambientales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La laguna de Sontecomapan (Fig. 1) se localiza dentro de la Reserva de Biósfera de Los Tuxtlas, en la región de la cuenca que forman el volcán de San Martín Tuxtla y la Sierra de Santa Martha, en el estado de Veracruz, México. Sus coordenadas  $18^{\circ} 30'$  y  $18^{\circ} 34'$  N y  $95^{\circ} 00'$  y  $95^{\circ} 04'$  W (Contreras 1985). Se realizó un muestreo de fitoplancton en la boca de la laguna costera de Sontecomapan Veracruz (Fig. 1) a lo largo de un ciclo nictemeral, las muestras se obtuvieron cada dos horas en un periodo de 36 horas durante los días 27 y 28 de octubre de 1999.

Las muestras de fitoplancton se obtuvieron en superficie (10 cm de profundidad) y de medio fondo (50 cm de profundidad), con el empleo de una botella van Dorn, dando un total de 36 muestras, las cuales se colocaron en frascos de 250 ml y se fijaron con acetato-lugol en una proporción de 100:1 respecto a la muestra. En cuanto a las variables

ambientales se registraron la temperatura y el pH utilizando un termo-halino-conductivímetro Modelo YSI-85. La salinidad se midió con un refractómetro RF20 ‰.

Para la cuantificación de fitoplancton, las muestras se homogenizaron y se tomaron alícuotas de 2 ml, las cuales se depositaron en cámaras de Utermöhl (Hasle 1978), del mismo volumen, para su revisión en un microscopio invertido Olympus CK40. Para la identificación de los taxa fitoplanctónicos se consultaron las obras de Osorio (1943), Dodge (1982), Fukuyo et al. (1990), Licea et al. (1995), Faust et al. (1999), Faust y Gullede (2002).

Las diferencias entre los parámetros ambientales y de las abundancias en los dos niveles de profundidad en el ciclo nictemeral, se definieron mediante un análisis de variación con pruebas no paramétricas de Mann-Whitney, en el programa STATISTICA 99, Statsoft 1999 (Statistics notes 1994). Considerando que los factores ambientales no presentaron una variación significativa ( $P > 0.05$ ), se unieron las matrices de superficie y de medio fondo, para obtener el comportamiento total de las especies de *Prorocentrum* en el ciclo

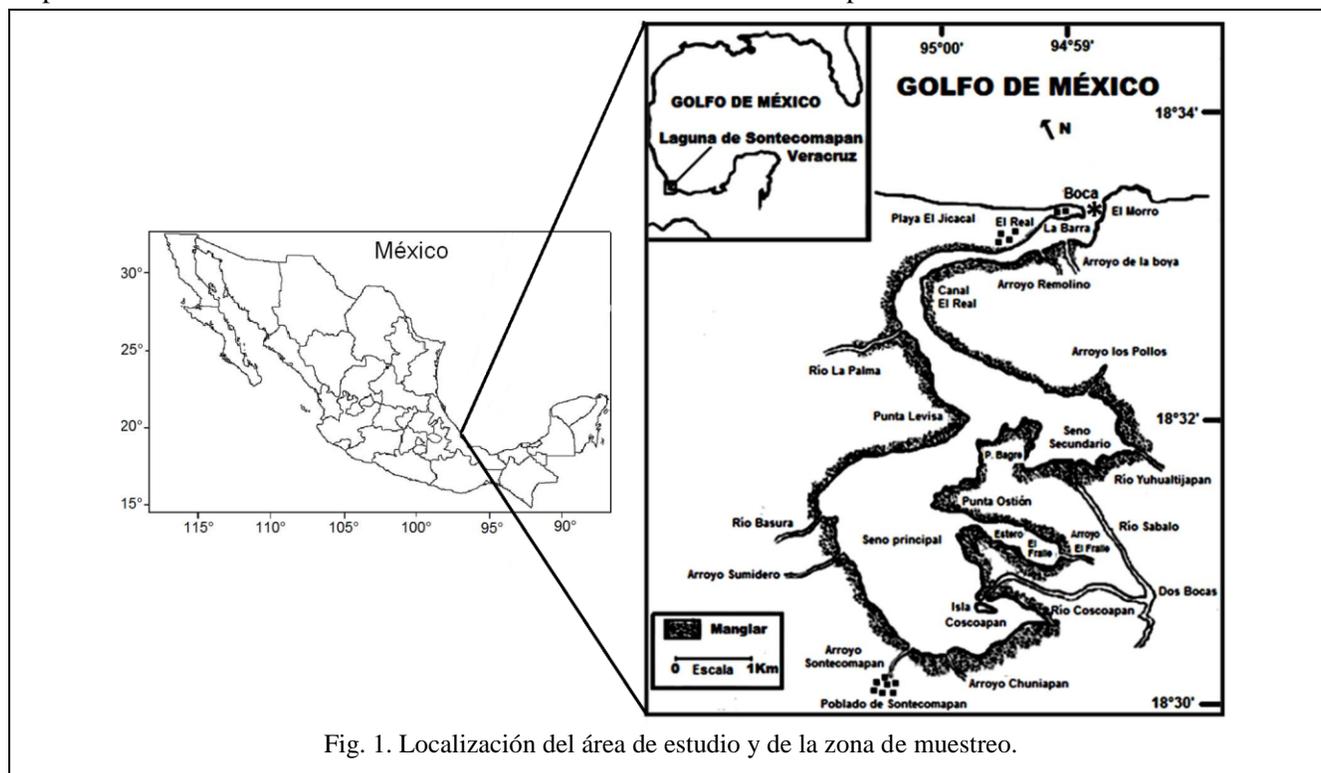


Fig. 1. Localización del área de estudio y de la zona de muestreo.

Variación nictemeral del género *Prorocentrum*

Muciño-Márquez, RE, Figueroa-Torres, MG y Gárate-Lizárraga, I.

Recibido: 01 de Junio de 2011.

Aceptado 01 de Septiembre de 2011.

Publicado 01 Noviembre de 2011.

nictemeral.

Para analizar la influencia de las variables ambientales sobre la distribución y abundancia de las especies género *Prorocentrum* en el ciclo nictemeral, se realizó un análisis de regresión lineal, mediante el software STATISTICA 99. Esta técnica estadística se utiliza generalmente para mostrar la relación entre las variables ambientales y las especies, permite definir la recta que mejor se ajusta a la nube de puntos (Bland y Altman 1996).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables ambientales como la temperatura y el pH no mostraron cambios significativos ( $P > 0.05$ ) a lo largo del ciclo nictemeral: la temperatura presentó oscilaciones entre 22.8 °C y 26.2 °C (Fig. 2a); el pH estuvo próximo a la neutralidad, variando de 7.28 a 7.86 (Fig. 2b), en cambio, la salinidad presentó cambios significativos ( $P < 0.05$ ), con una marcada variación, con valores máximos de 30.5 ups entre las 17:00 a las 21:00 horas disminuyendo de las 3 a las 13 horas, con valores de entre 4 y 6 ups; este comportamiento se repitió en ambos días (Fig. 2c). Los registros en los cambios de salinidad coinciden con lo reportado para este cuerpo de agua, para la época de lluvias, en otros años, por Guerra y Lara (1995) y Figueroa y Weiss (1999) y para otras lagunas costeras, por Lacerda et al. (2004), Ferreira et al. (2005) y Noriega et al. (2009).

En el ciclo nictemeral se registraron cinco especies del género *Prorocentrum*: *P. compressum*, *P. gracile*, *P. micans*, *P. mexicanum* y *P. robustum* (Fig. 3), de las cuales las primeras cuatro son especies consideradas como formadoras de florecimientos algales nocivos. La abundancia de estas especies de *Prorocentrum* entre los dos niveles muestreados (10 y 50 cm) no presentó cambios significativos ( $P > 0.05$ ) durante el ciclo nictemeral, por lo cual se sumaron ambos valores para tener la abundancia total por muestreo durante el ciclo.

A continuación, se presenta las características morfológicas de las especies reportadas en este estudio, así como su abundancia y su relación con las variables ambientales en el ciclo nictemeral.

*Prorocentrum compressum* (Bailey 1850) Abé ex Dodge (1975). Fig. 3. (A y B)

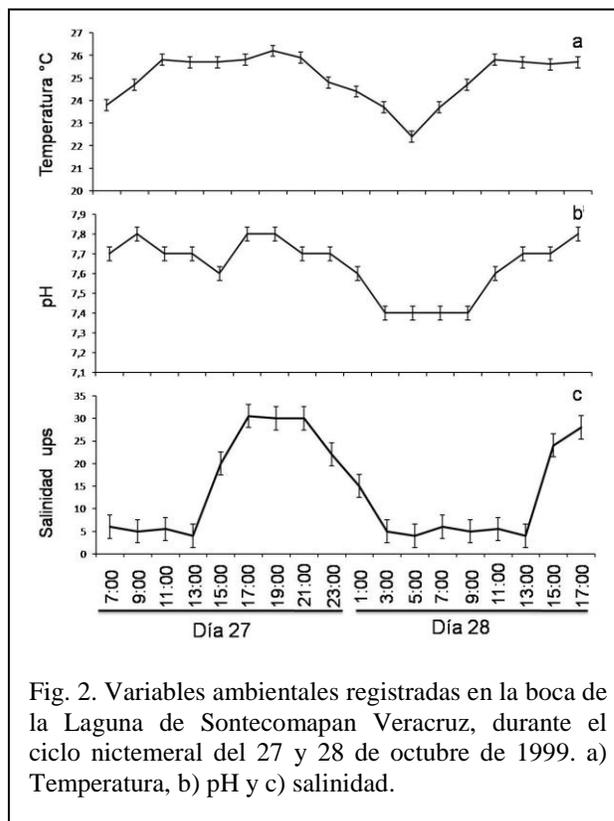


Fig. 2. Variables ambientales registradas en la boca de la Laguna de Sontecomapan Veracruz, durante el ciclo nictemeral del 27 y 28 de octubre de 1999. a) Temperatura, b) pH y c) salinidad.

Sinónimos: *Pyxidicula compressa* (Bailey 1950, figs. 13 y 14). *Euxuviaella compressa* (Ostenfeld 1899, p. 59; 1903, p. 579). *E. lenticulata* (Matzenauer, vide Dodge 1982, fig. 2I). *Prorocentrum bidens* (Schiller 1928, fig. 21). *P. lebourae* Schiller 1928, figs. 6a-c.

Descripción: La célula es de forma elíptica más o menos ancha en vista valvar, poco comprimida en vista lateral. Parte anterior con una pequeña depresión, sin espinas. Paredes generalmente de espesor medio. Presenta un poro pequeño; a veces se proyectan un par de denticulaciones pequeñas que pueden ser asimétricas. Los poroides son pequeños, superficiales y densos.

Tamaño: longitud de 35-40  $\mu\text{m}$  y ancho de 31-38  $\mu\text{m}$ , estas medidas se encuentran dentro del intervalo reportado por Licea et al. (1995), longitud de 24-57  $\mu\text{m}$  y ancho de 21-47  $\mu\text{m}$ .

**Toxicidad:** Si bien no produce toxinas, es considerada como formadora de florecimientos algales nocivos (Barreda 2007), por su proliferación por lo que puede provocar asfixia en los organismos acuáticos como peces y ostiones. En Campeche en el 2007 se reportó a *P. compressum* alcanzando abundancias de 0.32 hasta  $185 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  (Barreda 2007). En este estudio *P. compressum* fue una especie rara, poco frecuente y abundante ( $0.5 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$ ) a las 21:00 horas del día 27, a las 3:00,

9:00 y 17:00 horas del día 28 (Fig. 4), registrándose en temperaturas de 23.7 a 25.9 °C, salinidades de 5 a 30 ups y con un pH de 7.3 a 7.8, no presento relación significativa ( $r^2= 0.01$ ) con las variables ambientales.

**Distribución en el Golfo de México:** Se ha reportado en Nuevo Campechito, Campeche (Cruz 1968, Licea y Santoyo 1991, Barreda 2007), en la Bahía Apalachee, Florida (Menzel 1971), Golfo de México (Taylor 1990), Tabasco (Licea et al. 2004), Sontecomapan, Tamiahua, Parque Nacional del

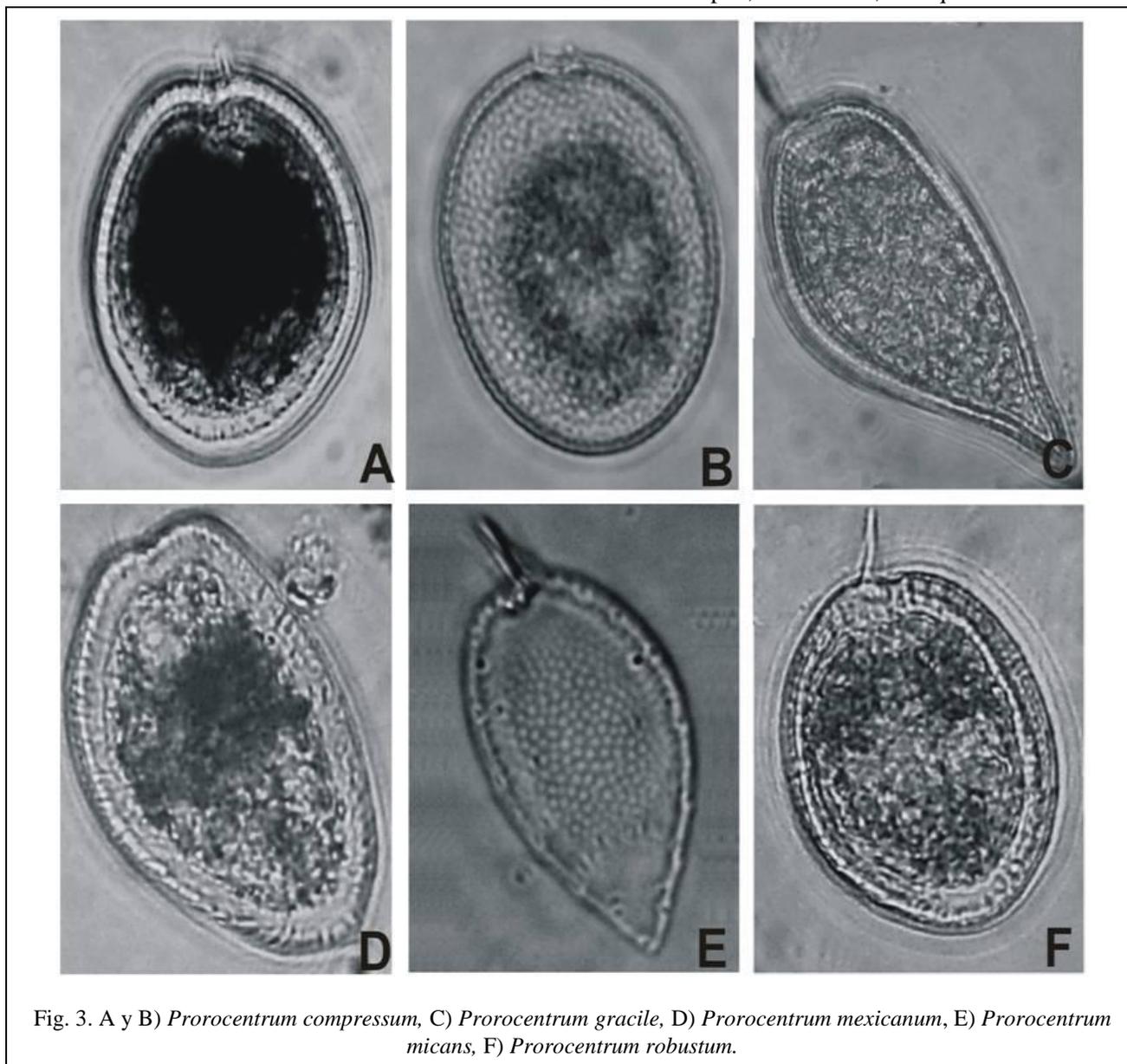


Fig. 3. A y B) *Prorocentrum compressum*, C) *Prorocentrum gracile*, D) *Prorocentrum mexicanum*, E) *Prorocentrum micans*, F) *Prorocentrum robustum*.

Sistema Arrecifal, en Veracruz (Figueroa y Weiss 1999, Weiss 2001, Okolodkov et al. 2011) y en los arrecifes coralinos de la Riviera Maya, Península de Yucatán, en Yucatán (Licea et al. 2004, De la Lanza 2006).

*Prorocentrum gracile* Shütt 1895

Fig. 3. (C)

Sinónimos: *Prorocentrum macrurus* (Athanassopoulos 1931, fig. 15). *P. hentschellii* (Schiller 1933, figs. 38 a-b). *P. sigmoides* (Bohm 1933, fig. 1).

Descripción: La célula es piriforme y puntiaguda, más o menos redondeada hacia adelante y acuminada hacia atrás, a veces ligeramente truncada en el polo posterior. Diente anterior bien desarrollado, con eje espiniforme robusto y membrana angosta. Arreglo de poroides muy finos y densos. Poros grandes en los márgenes de la valva formando hileras transversales oblicuas. Puede ser confundida con *P. micans*, se distingue por la forma de las células, que son ovaladas y tienen una pequeña diferencia en el arreglo de los poros, se compone de grandes poros ubicados principalmente en las regiones apical y antapical, en cambio *P. gracile* tiene una espina más grande con una aleta y con una extremidad posterior casi siempre puntiaguda (Licea et al. 1995, Faust y Gullledge 2002, Cohen et al. 2006). Cabe señalar que Cohen et

al. (2006) mencionan que es sinónimo de *P. gracile*. Nosotros estamos de acuerdo con los autores, ya que estas especies se parecen morfológicamente, sus células son alargadas, puntiagudas y con poros grandes.

Tamaño: largo de 37-61  $\mu\text{m}$ , ancho de 15-37  $\mu\text{m}$ , largo de la espina 7-10.5  $\mu\text{m}$ , estas medidas se encuentran dentro del intervalo de las reportadas por Dodge (1982), Licea et al. (1995), Hernández et al. (2000) y Cohen et al. (2006) que son: largo 40-60  $\mu\text{m}$ , ancho: 18-25  $\mu\text{m}$ , largo de la espina: 8-11  $\mu\text{m}$ .

Toxicidad: Si bien no produce toxina, es formadora de florecimientos algales nocivos (Cortés 1998, Terán et al. 2006). Alvia y García (1986) reportaron en la bahía Iquique Chile, un florecimiento de *P. gracile* con una abundancia de  $20.5 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  con una duración de 20 días dándose una coloración del agua de color café a café rojiza, sin afectar a los organismos acuáticos. Sin embargo, en el Embarcadero Cutter en Tabasco, en abril del 2007, se reportó a *P. gracile* ( $23.3 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$ ) asociada a un florecimiento tóxico de *Prorocentrum* sp., causando mortandad de peces (Secretaría de Salud, Tabasco 2007). *P. gracile* fue abundante y frecuente en el ciclo nocturno, el día 27 a las 17:00 a las 23:00 horas se reportó abundancias de 0.7 a  $24.5 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  (Fig. 4), con

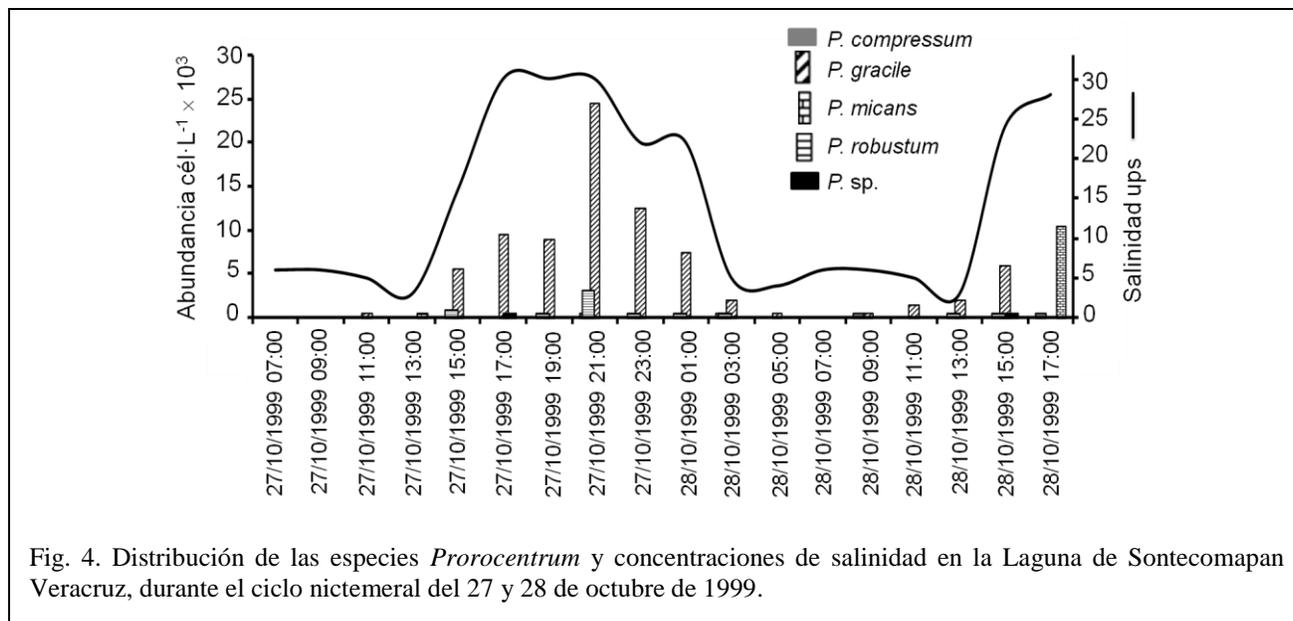


Fig. 4. Distribución de las especies *Prorocentrum* y concentraciones de salinidad en la Laguna de Sontecomapan Veracruz, durante el ciclo nocturno del 27 y 28 de octubre de 1999.

temperaturas de 24.4 a 26.2°C, salinidades de 22 a 30 ups y con un pH de 7.7 a 7.8, registrando una relación significativa  $r^2 = 0.52$  con la salinidad (Fig. 5). A las 21:00 horas del día 27 se reporta un pico en la abundancia  $24.5 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  cuando la salinidad estaba a 30 ups, en cambio cuando la salinidad baja a 20 ups, disminuye su abundancia a  $0.7 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$ . Sin embargo, el día 27 entre las 9:00 y 13:00 horas, cuando la salinidad fue de 4 a 5 ups no se reportó ningún organismo de esta especie. Por lo que se observa que *P. gracile* tiene preferencia por salinidades entre los 30 a 24 ups. Leal et al. 2001, reportan por primera vez a *P. gracile* con bajas abundancias en aguas Cubanas, con salinidad alta de 35 ups. Si se dan las condiciones óptimas de salinidad, temperatura, nutrientes, luz, entre otros factores por lo cual, propiciaría que esta especie produjera un florecimiento algal nocivo.

Distribución en el Golfo de México: Se ha reportado en Bahía Campeche, Sistema lagunar Grijalva-Usumacinta, Laguna de Términos, Campeche (Cruz 1968, Licea y Santoyo 1991, Barreda 2007), Bahía Tampa, Florida (Steidinger et al. 1967, Steidinger y Gardiner 1982), Golfo de México (Taylor 1990, Avendaño y Sotomayor 1982), Embarcadero Cutter, Laguna del Carmen-Pajonal-Machona, Tabasco (Terán et al. 2006, Secretaria de Salud Tabasco 2007), Sontecomapan, Tamiagua, Parque Nacional del Sistema Arrecifal en Veracruz (Figuerola y Weiss 1999, Weiss 2001,

Aké-Castillo y Vázquez 2008, Okolodkov et al. 2011) y arrecifes coralinos de la Riviera Maya, Península de Yucatán, en Yucatán (Licea et al. 2004, De la Lanza 2006).

*Prorocentrum mexicanum* (Osorio 1942). Fig. 3.  
(D)

Sinónimo: *Prorocentrum maximum* Schiller 1937.

Descripción: Las células están ligeramente comprimidas, son de forma oval en posición valvar, con la curvatura dorsal mucho más pronunciada que la ventral. El borde dorsal se prolonga en forma de saliente anterior redondeado. Hernández et al. (2000) mencionan, que la espina apical es corta, fina y ligeramente curva, provista de una delicada ala, visible en posición sagital. En la vista sagital el contorno del cuerpo es elipsoidal, con la región apical achatada, las espina derecha e izquierda tienen un desarrollo parecido entre sí. *P. mexicanum* se asemeja a *P. caribbaeum*, sin embargo, esta última es más grande y con forma de corazón (Faust 1993). Además *P. caribbaeum* tiene más poros valvares (145-203) que *P. mexicanum* (100) (Faust 1993). También, ha sido confundido con *P. rhathymum*, sus células son ovoides a oblongas y no presenta pirenoides. Tiene una espina apical simple. La superficie tecal tricocisto

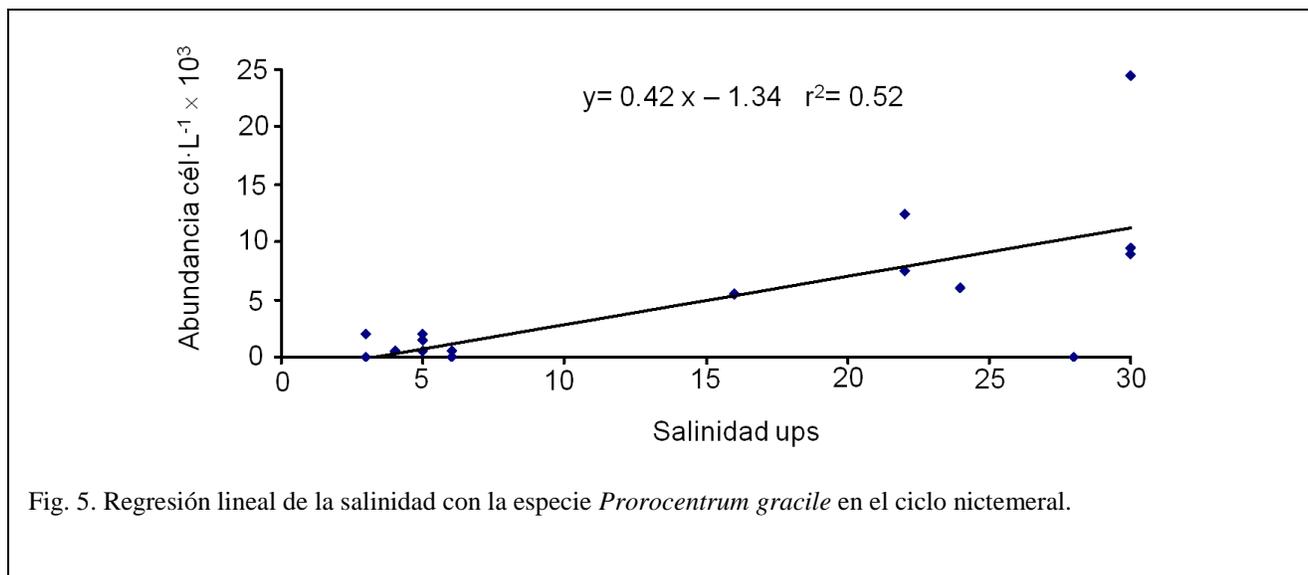


Fig. 5. Regresión lineal de la salinidad con la especie *Prorocentrum gracile* en el ciclo nocturno.

es lisa, adornada con numerosos poros en depresiones poco profundas irradian desde la región perpendicular del centro a la periferia de la célula. Carece de poros marginales. El número de poros del tricocisto difiere de la valva con el 70 a la derecha, incluyendo 6 o 7 que rodean la zona periflagelar, el lado izquierdo tiene alrededor de 90. Presenta una espina apical simple (Cortés y Sierra 2003, Aligizaki et al. 2009).

**Tamaño:** Las dimensiones promedio fueron: largo de 28-30  $\mu\text{m}$ , ancho de 22-29  $\mu\text{m}$ , estas medidas se encuentran dentro del intervalo de variación de las reportadas por Osorio (1942), Hernández et al. (2000) y Faust y Gullede (2002): largo de 20-39  $\mu\text{m}$ ; ancho de 12-29  $\mu\text{m}$ .

**Toxicidad:** Se pensaba que *P. mexicanum* producía una toxina de acción rápida (Steidinger 1982, Carlson 1984, Faust 1995) con toxinas hemolíticas no tóxico para los ratones (Nakajima et al. 1981). *P. mexicanum* ha sido reportada asociada con otras especies formando florecimientos algales nocivos en Cabo Catoche, Yucatán, alcanzando densidades de  $2,500 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$ , causando mortandad a los organismos marinos y daños socioeconómico en la región por sesenta millones de pesos (Herrera 2003). En el ciclo nictemeral *P. mexicanum* fue una especie rara, reportando una abundancia de  $0.5 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  a las 15:00 horas del día 27 y 28 (Fig. 4), con una de temperatura de 25.6 °C, salinidad de 16 - 24 ups y pH de 7.7 - 7.8, no mostró una relación significativa ( $r^2 = 0.01$ ) con las variables ambientales.

**Distribución en el Golfo de México:** Registrado en el Parque Nacional del Sistema Arrecifal, en Veracruz y en los arrecifes coralinos de la Riviera Maya, Cabo Catoche, Península de Yucatán, en Yucatán (Herrera 2003, Licea et al. 2004, Álvarez y Herrera 2006, De la Lanza 2006, Okolodkov et al. 2011).

*Prorocentrum micans* (Ehrenberg 1833).

Fig. 3. (E)

**Sinónimos:** *Prorocentrum schilleri* (Böhm Schiller 1933, figs. 40 a-e). *P. levantinoide* (Bursa 1959, figs. 125-127).

**Descripción:** Las células son ovaladas asimétrica y algo angulosas, piriformes o con forma de corazón. Vista lateral aplanada. Diente bastante desarrollado, con eje espiniforme que sostiene una membrana. Escultura de poroides muy finos, muy densos y poros más grandes que se acumulan en los márgenes formando hileras transversales oblicuas. Esta especie puede ser confundida con *P. gracile* (Balech 1988, Cohen et al. 2006), se le puede diferenciar por ser una célula menos redondeada, tiene una espina más grande con una aleta y con una extremidad posterior casi siempre puntiaguda.

**Tamaño:** largo de 41-50  $\mu\text{m}$ , ancho de 26-33  $\mu\text{m}$ , largo de la espina de 7-8  $\mu\text{m}$ , estas medidas están dentro del intervalo de variación de las reportadas por Osorio (1942), Balech (1988), Hernández et al. (2000) y Cohen et al. (2006) con un largo de 15-80  $\mu\text{m}$ ; un ancho de 15-50  $\mu\text{m}$  y largo de la espina de 7-12  $\mu\text{m}$ .

**Toxicidad:** Esta especie es considerada formadora de florecimientos algales nocivos (Cortés 1998); Lassus y Berthome 1988 mencionan que *P. micans* produce una toxina de tipo paralítico (PSP) para los crustáceos, sin embargo no se ha verificado si produce toxinas. Se ha reportado que causa anoxia en los cuerpos de agua (Rodríguez 2006), en Chile (1993) se reportó mortandad de salmones cultivados por el florecimiento de *P. micans* ocasionando pérdidas económicas (Avaria et al. 1999). En el Pacífico Mexicano *P. micans* ha sido reportada formando florecimientos algales nocivos con otras especies del fitoplancton reportando mortandad de peces por asfixia (Cortés 1997, 1998, Gárate et al. 1990, 2007). En el ciclo nictemeral *P. micans* fue poco frecuente aunque abundante, reportando la mayor abundancia  $10.5 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  a las 17:00 horas del día 28 (Fig. 4), una temperatura de 25.7 °C, una salinidad de 28 ups y un pH de 7.8, no presentó una relación significativa ( $r^2 = 0.01$ ) con las variables ambientales.

**Distribución en el Golfo de México:** Se han reportado en Bahía de Campeche, Sistema lagunar Grijalva-Usumacinta, Laguna de Términos, Campeche (Cruz 1968, Licea y Santoyo 1991, Barrera 2007), Bahía Tampa, Florida (Lackey y Hynes 1955, Dragovich y Kelly 1964, Steidinger et al. 1966, 1967, Steidinger y Gardiner 1982), Golfo

de México (Balech 1967, Taylor 1990), Laguna del Carmen-Pajonal-Machona y Mecoacán, Tabasco (Terán et al. 2006), Sontecomapan, Tamiagua, Parque Nacional del Sistema Arrecifal, en Veracruz (Figueroa y Weiss 1999, Weiss 2001, Aké y Vázquez 2008, Okolodkov et al. 2011) y en los arrecifes coralinos de la Riviera Maya, en Celestum, Dzilam, Sisal, Progreso, en Yucatán (Licea et al. 2004, Álvarez y Herrera 2006, De la Lanza 2006).

*Prorocentrum robustum* (Osorio 1942). Fig. 3. (F)

Sinónimos: *Prorocentrum scutellum* (Schroeder 1900, lám. 1, fig. 12). *Prorocentrum sphaeroideum* (Schill 1928, lám. 61, fig. 25).

Descripción: Células ovaladas a circulares, ambos márgenes redondos. Hendidura flagelar amplia y situada en la valva derecha. Atrás de ella se encuentra una espina inserta en la valva izquierda, puntiaguda con la base ligeramente ensanchada y provista de un ala bien desarrollada. Dicha espina muestra una clara inclinación hacia la región dorsal.

Esta especie se le puede confundir con *P. scutellum* y se le puede diferenciar por su valva de forma de corazón, tiene un apice con una pequeña aleta con una muesca; parte posterior redondeada o puntiaguda. *P. robustum* es de forma ovalada a circular (Osorio 1942, Hernández et al. 2000).

Tamaño: largo de 31-40.4  $\mu\text{m}$ , ancho de 26-33  $\mu\text{m}$ , largo de la espina de 5-6  $\mu\text{m}$ , estas medidas coinciden con las reportadas por Osorio (1942) y Hernández et al. (2000) que son de largo 32-43  $\mu\text{m}$ ; ancho de 27-30.5  $\mu\text{m}$  y largo de la espina de 5  $\mu\text{m}$ .

Toxicidad: No es una especie que forme florecimientos algales nocivos. En el ciclo nictemeral *P. robustum* fue abundante con poca frecuencia de aparición, reportando su máxima abundancia de  $3.5 \times 10^3 \text{ cél} \cdot \text{L}^{-1}$  a las 21:00 horas del día 27 (Fig. 4), una temperatura de 25.9 °C, una salinidad de 30 y un pH de 7.8, no mostró una relación significativa ( $r^2 = 0.01$ ) con las variables ambientales. *P. robustum* ha sido reportada como una especie rara en el Pacífico Mexicano (Osorio 1942, Hernández et al. 2000).

Distribución en el Golfo de México: Es la primera vez que se reporta *P. robustum* en la zona

de estudio y para el Golfo de México. En Banco, Campeche (Cruz 1968), Bahía Tampa, Florida (Steidinger et al. 1966, Steidinger et al. 1967) y en la Península de Yucatán (Pérez et al. 1996), ha sido reportada la especie *P. scutellum* que es confundida con *P. robustum*. En este estudio se considera que es una especie diferente por las características diferenciales antes mencionadas.

## CONCLUSIONES

El ciclo nictemeral las cinco especies de *Prorocentrum* registradas: *P. compressum*, *P. gracile*, *P. micans*, *P. mexicanum* y *P. robustum*, en la boca de la laguna costera Sontecomapan, Veracruz, estuvo regulado por la salinidad (que osciló de 4 a 30.5 ups) por el intercambio de agua marina y continental, propiciando variaciones en su distribución y abundancia temporal, considerando que son claramente de estirpe marino. Las diferentes especies del fitoplancton, al tener requerimientos específicos, responden de manera diferencial a las condiciones cambiantes del medio (Smayda 1980, Reynolds 1987, Verdugo 2004 y Ferreira et al. 2005).

En el caso de *P. gracile* fue abundante en el ciclo nictemeral cuando la salinidad fue alta y disminuye su abundancia cuando se presenta concentraciones bajas de la salinidad, en general éstas especies reportadas son sensibles a los cambios bruscos en la concentración de la salinidad, siendo resistentes a choques osmóticos en las células (Madigan et al., 2004). Ferreira et al. (2005), mencionan que en las lagunas costeras si se da una disminución en el suministro del agua continental se daría un aumento en la salinidad modificando la estructura y composición de la comunidad fitoplanctónica. Por lo cual podría propiciar que especies marinas oportunistas produjeran florecimientos algales, como podría ser *P. compressum*, *P. gracile*, *P. micans* y *P. mexicanum* estas especies forman florecimientos algales nocivos. En el Pacífico Mexicano se han reportado como especies dominantes y asociadas a FAN, (Cortés-Alatamirano y Alonso-Rodríguez 1997; Alonso-Rodríguez y Ochoa 2004; Gárate-Lizárraga

et al. 2006). En Tabasco (en el embarcadero Cutter), se ha reportado mortandad de peces relacionados con un florecimiento de *P. gracile* (LESP, 2005). En este trabajo *P. gracile* no llegó a rebasar  $1 \times 10^9$  cél  $L^{-1}$ . Gárate et al. (2007), reportaron en un ciclo diurno un florecimiento de *P. micans* en Bahía Magdalena, durante el flujo de la marea, sugiriendo que los florecimientos de las especies del género *Prorocentrum* ocurren principalmente en estaciones someras y con un intervalo de temperatura estrecho. En este estudio la temperatura se mantuvo constante durante el ciclo nictemeral, razón por la cual, las especies reportadas en este estudio no tuvieron temperaturas óptimas para formar un florecimiento algal. Sin embargo, se tendrían que evaluar otros factores como la concentración de nutrientes para tener más información y así explicar mejor su comportamiento.

Por lo anterior, es importante conocer el comportamiento de las especies *Prorocentrum* en los ciclos nictemerales, ya que se podrían ver cuáles son las horas de más afectación y poder realizar los monitoreos en éstas.

Además se pudo evidenciar que en la zona de estudio existen especies de *Prorocentrum* nocivas en bajas abundancias, dadas las características de los cambios de los factores físicos y químicos en el sistema y la pronta respuesta de las especies a estos cambios, debido a sus ciclos de vida cortos, es posible que se puedan dar las condiciones necesarias para que estas especies formen florecimientos algales nocivos, sobre todo por el incremento en los procesos de eutrofización de los ecosistemas costeros, lo que repercutiría en la salud y en la economía de la población local.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue apoyado por la Universidad Autónoma Metropolitana. Ismael Gárate-Lizárraga es becario COFAA y EDI. D. Dorantes por revisar la traducción del escrito.

## BIBLIOGRAFÍA

Aké CJ, y G. Vázquez. 2008. Phytoplankton variation and its relation to nutrients and allochthonous organic

- matter in a coastal lagoon on the Gulf of Mexico. Estuarine, Coastal and Shelf Science 78: 705–714.
- Aligizaki K, G Nikolaidis, P Katikou, AD Baxevanis y TJ Abatzopoulos. 2009. Potentially toxic epiphytic *Prorocentrum* (Dinophyceae) species in Greek coastal waters. Harmful Algae 8: 299–311.
- Alonso R, y J Ochoa. 2004. Hydrology of winter-spring “red tides” in Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. Harmful Algae. 3: 163–171.
- Álvarez GC, y JA Herrera-Silveira. 2006. Variations of phytoplankton community structure related to water quality trends in a tropical karstic coastal zone. Marine Pollution Bulletin 52: 48–60.
- Alvial M, y B García. 1986. Dinámica de un fenómeno de marea roja producida por *Prorocentrum gracile* Schutt, Iquique Chile. Revista de Biología Marina, Valparaíso 22 (2): 97-123.
- Avaria PS, M Cáceres, P Muñoz, S Palma y P Vera. 1999. Plan nacional sobre floraciones de algas nocivas en Chile. (eds.). SHOA. 39 p.
- Avendaño SH, y NO Sotomayor. 1982. Estructura y distribución de las comunidades fitoplanctónicas de la zona sureste del Golfo de México, verano de 1980. Secretaría de Marina de México 1 (3): 79-96.
- Balech E. 1967. Microplankton of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. Texas A y M. Resolution Foundation 67 (10 T): 1-44.
- Balech E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental. España. (eds.). Publicación Especial del Instituto Español de Oceanografía 1: 310 p.
- Barreda PF. 2007. Encuentro internacional de los estados costeros del Golfo de México. Sobre marea roja. Comunicado de Prensa No. 142/07 2007.
- Bland JM, y DG Altman. 1996. Statistics Notes: Transforming data. British Medical Journal 312: 770.
- Cohen FE, ME Meave del Castillo, I Salgado-Ugarte y FF Pedroche. 2006. Contribution of external morphology in solving a species complex: The case of *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum gracile* and *Prorocentrum sigmoides* (Dinoflagellata) from the Mexican Pacific Coast. Phycological Research 54: 330–340.
- Contreras F. 1985. Lagunas costeras mexicanas. (eds.). Centro Decodesarrollo Secretaría de Pesca. 142 y 143; 74-90 p.
- Cortés AR, y R Alonso-Rodríguez. 1997. Mareas rojas durante 1997 en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. Ciencias del Mar, UAS. 31–37 p.
- Cortés AR. 1998. Las mareas rojas. (eds.). A.G.T. S.A. 161 p.
- Cortés AR, y AP Sierra-Beltrán. 2003. Morphology and taxonomy of *Prorocentrum mexicanum* and

- reinstatement of *Prorocentrum rathymum* (Dinophyceae). *Journal of Phycology* 39: 221–225.
- Cruz A. 1968. Estudios de plancton en el Banco de Campeche, coloquio sobre investigaciones y recursos del Mar Caribe y regiones adyacentes Curasao, Antillas Holandesas. 375-283 p. En: UNESCO Paris 1971.
- De la Lanza Espino G. 2006. Evaluación de la calidad ambiental y dinámica de la zona costera (playas) para la certificación Bandera Azul del Municipio Solidaridad, Q. Roo, México Influencia de la calidad del agua en el estado de conservación de los arrecifes coralinos de la Riviera Maya. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CQ017. México D.F.
- Dodge. 1982. Marine dinoflagellates of the British isles. (eds.). London, Mayesty's Statinary Office, 304 p.
- Dragovich A, y JA Kelly. 1964. Preliminary observations on phytoplankton and hydrology in Tampa Bay and the immediate adjacent offshore waters. 4-23 p. En: Steidinger, K.A., M.A. Faust y D.U. Hernández-Becerril. 2009. Dinoflagellates (Dinoflagellata) of the Gulf of Mexico. 131–154 p.
- Faust MA 1993. *Prorocentrum belizeanum*, *Prorocentrum elegans* and *Prorocentrum caribbaeum*. three new benthic (Dinophyceae) from a mangrove island Twin Cays, Belize *Journal of Phycology* 29: 100-107.
- Faust MA. 1995. Observation of sand-dwelling toxic dinoflagellates (Dinophyceae) from widely differing sites, including two new species. *Journal of Phycology* 31: 996-1003.
- Faust MA, J Larsen y O Moestrup. 1999. ICES identification leaflet for plankton. (eds.). Natural Environment Research Council Plymouth Marine Laboratory. Leaflet No. 84. 28 p.
- Faust MA, y RA Gullede. 2002. Identifying Harmful Marine Dinoflagellates. *Smithsonia Contributions from the U.S. National Herbarium* 42: 1-144.
- Ferreira JG, WJ Wolff, TC Simas y SB Bricker. 2005. Does biodiversity of estuarine phytoplankton depend on hydrology?. *Economic Models* 187: 513–523.
- Figueroa TG, y L Weiss-Martínez. 1999. Dinoflagellates (Dinophyceae) from Laguna de Tamiahua, Veracruz, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 47: 43-46.
- Fott B. 1971. *Algenkunde*. (eds.). Gustav Fischer Verlag. Jena. 581 p.
- Fukuyo Y, H Takano y M Chihara. 1990. Red tide organisms in Japan. (eds.). Uchida Rokakuho, Tokyo. 407 p.
- Gárate LI, DA Siqueiros-Beltrones y CH Lechuga-Deveze. 1990. Estructura de las asociaciones microfitorplánctónicas de la Región Central del Golfo de California en el otoño de 1986. *Ciencias Marinas*. 16 (3): 131-153.
- Gárate LI, MS Muñeton-Gómez y S Maldonado-López. 2006. Florecimiento del dinoflagelado *Gonyaulax polygramma* frente a la isla Espíritu Santo, Golfo de California, México. *Revista de Investigación Marina*. 27 (1): 31-39.
- Gárate LI, CJ Band-Schmidt, G Verdugo-Díaz, MS Muñeton-Gómez y EF Félix-Pico. 2007. Dinoflagelados (Dinophyceae) del sistema lagunar Magdalena-Almejas. 45–174, En: Funes RR, J. Gómez-Gutiérrez y R. Palomares-García (eds.). *Estudios ecológicos en Bahía Magdalena*. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur.
- Gómez F. 2005. A list of free-living dinoflagellate species in the world's oceans. *Acta Botánica Croatica* 64 (1): 129–212.
- Guerra ML y MA Lara-Villa. 1995. "Florecimiento" de *Ceratium furca* (Peridinales: Ceratiaceae) en un ambiente salobre: Laguna de Sontecomapan, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 44 (1): 23-30.
- Hasle GR. 1978. Using the Inverted Microscope. En: Sournia, A. (eds.). *Phytoplankton Manual*. UNESCO, París. 191-196 p.
- Hernández BD, R. Cortés-Altamirano y R.R. Alonso. 2000. The dinoflagellate genus *Prorocentrum* along the coasts of the Mexican Pacific. *Hydrobiologia*. 418: 111-121.
- Herrera SJ. 2003. Informe de mareas rojas. Costas de Yucatán (12/08/03). Gobierno del Estado de Yucatán. Servicios de Salud de Yucatán. Dirección de Regulación y Fomento Sanitario. Informe Técnico. 1-7 p.
- Lacerda SR, ML Koenig, S Neumann-Leitão y MJ Flores-Montes. 2004. Phytoplankton nyctemeral variation at a tropical river estuary (Itamaracá - Pernambuco - Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 64 (1): 1-16.
- Lackey JB, y LA Hynes. 1955. The Florida gulf coast "red tide". *Engineering Progress, University of Florida. Bulletin* 70 (9): 1-22.
- Lassus P, y JP Berthome. 1988. Status of 1987 algal blooms in IFREMER. ICES/annes III, C.M. 1988/F 33A: 5–13.
- Leal S, G Delgado y G Popowski. 2001. *Prorocentrum gracile* Schütt, 1895 (Dinophyceae, Porocentrales): Nuevo registró de microalga marina para aguas

- Cubanas. Revista de Biología Tropical 22 (3): 241-242.
- LESP. 2005. Instrucción de trabajo para el muestreo de fitoplancton y detección de biotoxinas marinas. En Secretaría de Salud Tabasco 2007-212. Comportamiento de la marea roja en el estado de Tabasco. 20 p.
- Licea S, y H Santoyo. 1991. Algunas características ecológicas del fitoplancton de la región central de la Bahía de Campeche. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM 18 (2): 157-167.
- Licea S, JL Moreno, H Santoyo y G Figueroa. 1995. Dinoflagelados del Golfo de California. (eds.). Universidad Autónoma de Baja California Sur. 165 p.
- Licea S, ME Zamudio y J Soto. 2004. Free-living dinoflagellates in the southern Gulf of Mexico: Report of data (1979–2002). Phycology Research 52: 419–428.
- Madigan MT, JM Martinko y J Parker. 2004. Brock: Biología de los Microorganismos. 8a (eds.). Prentice Hall. Madrid. 1064 p.
- Menzel RW. 1971. Checklist of the marine fauna and flora of the Apalachee Bay and St. George's Sound area. Oceanographic Institute, Florida State University, Tallahassee, Florida. Contrib. No. 61. (3rd eds.). 350 p.
- Nakajima I, Y Oshima y T Yasumoto 1981. Toxicity of benthic dinoflagellates in Okinawa. Bull Japan Soc Sci Fish 47: 1029-1033.
- Okolodkov YB, JA Aké-Castillo, MaG. Gutiérrez-Quevedo, H Pérez-España y D Salas-Monreal. 2011. Annual cycle of the plankton biomass in the national park sistema arrecifal Veracruzano, Southwestern Gulf of Mexico. Chapter: 3, 1-26. In: Zooplankton and Phytoplankton .Editor Giri Kattel. (eds.). Nova Science Publishers, Inc.
- Osorio TB. 1942. Notas sobre algunos dinoflagelados planctónicos marinos de México, con descripción de nuevas especies. Anales Escuela Nacional Ciencias Biológicas. IPN. 2: 435-450.
- Pérez de los Reyes R, I Victoria del Río, M Signoret-Poillon, A Galagos-García, I Penié-Rodríguez, C Gil-Varona, C Bulit, N Melo, F Müller-Karger, S Cerdeira-Estrada y M Merino-Ibarra. 1996. Reporte de un frente hidrológico al NE de la Península de Yucatán. Manifestaciones físicas, químicas e hidrológicas. Boletín de SOMETCUBA. 2 (1): 100 p.
- Reynolds CS. 1987. Ecology of fresh water phytoplankton. Cambridge (eds.). Cambridge University Press. 122 p.
- Rodríguez PM. 2006. Establecimiento de cultivos de dinoflagelados del Pacífico Mexicano. Tesis de Maestría en Biología Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. 112 p.
- Secretaría de Salud Tabasco. 2007. Comportamiento de la marea roja en el estado de Tabasco. [http://www.gulfomexicoalliance.org/workin\\_g/us/tabasco\\_marearaja](http://www.gulfomexicoalliance.org/workin_g/us/tabasco_marearaja).
- Smayda T. 1980. Phytoplankton species succession. En Morris, I. (eds.). The Physiological Ecology of Phytoplankton. Studies in Ecology 7. Oxford Blackwell Scient. Pub. 493-570 p.
- Statistics notes. 1994. Correlation, regression and repeated data. British Medical Journal 308: 896.
- Steidinger KA, JT Davis y J Williams. 1966. Observations of *Gymnodinium* breve Davis and other dinoflagellates. 8-15 p. En: Observations of an unusual red tide. A symposium. Florida Board of Conservation, Marine Laboratory, Professional Paper Series No. 8.
- Steidinger KA, JT Davis y J Williams. 1967. Dinoflagellate studies on the inshore waters of the west coast of Florida. 4-47 p. En: Red Tides Studies, Pinellas to Collier Counties, 1963-1966. Florida Board of Conservation, Marine Laboratory, Professional Paper Series No. 52.
- Steidinger KA, y WE Gardiner. 1982. Phytoplankton of Tampa Bay: a review. 147-183 p. En: Treat SAF, JL Simon, RR Lewis III y RL Whitman Jr. (eds.). Proceedings, Tampa Bay Area Scientific Information Symposium. Bellwether Press, Minnesota.
- Steidinger KA, y K Tangen. 1996. Dinoflagellates. En: R. Thomas. (eds.). Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academia Press. New York.
- Taylor FJR. 1990. Phylum Dinoflagellata. 419-437 p. En: Margulis L., J.O. Corliss, M. Melkonian y D.J. Chapman. (eds.) Handbook of Protoctista. Jones and Bartlett, Boston.
- Terán SJ., V Castro-Gergana, HF Mayor-Nucamendi y JA Brito-López. 2006. Florecimientos algales en Tabasco. Salud en Tabasco 12 (1): 414-422.
- Verdugo DG. 2004. Respuesta Ecofisiológica del Fitoplancton ante la Variabilidad Ambiental en una Bahía Subtropical de Baja California Sur Mexico. Tesis de Doctorado. CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S. 138 p.
- Weiss MR. 2001. Composición taxonómica, distribución y abundancia de los dinoflagelados tecdos de la Laguna de Sontecomapan, Ver. México. Servicio Social Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. 49 p.