

## VARIACIÓN ESTACIONAL DEL GÉNERO *Prorocentrum* (DINOPHYCEAE) EN DOS GRANJAS ATUNERAS EN LA BAHÍA DE LA PAZ, MÉXICO

### Seasonal Variation of the Genus *Prorocentrum* (DINOPHYCEAE) in Two Tuna Farms in Bahía De La Paz, Mexico

Rocío Elizabeth MUCIÑO-MÁRQUEZ<sup>1</sup>, Ismael GÁRATE-LIZÁRRAGA<sup>2</sup>, David Javier LÓPEZ-CORTÉS<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Apartado postal 592, C.P. 23000.

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

<sup>3</sup>CIBNOR, Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, C.P. 23090, México.

**For correspondence.** [mucinoelizabeth@gmail.com](mailto:mucinoelizabeth@gmail.com)

Received 5th April 2014, Returned for revision 21st May 2014, accepted 13th July 2014.

**Citation/Citar este artículo como:** Muciño-Márquez RE, Gárate-Lizárraga I, López-Cortés DJ. Variación estacional del género *Prorocentrum* (Dinophyceae) en dos granjas atuneras en la Bahía de La Paz, México. Acta biol. Colomb. 2015;20(1):195-206. doi: <https://doi.org/10.15446/abc.v20n1.42442>.

#### RESUMEN

El género *Prorocentrum* Ehrenberg, incluye 81 especies, 21 son consideradas formadoras de florecimientos algales nocivos, de las cuales aproximadamente nueve 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 anual, en dos estaciones de muestreo ubicadas dentro del ámbito de las granjas atuneras y en una estación fuera de la influencia de las granjas en la Bahía de La Paz, Golfo de California. Las muestras de agua se recolectaron mensualmente (junio 2006-mayo 2007) con una botella van Dorn en diferentes niveles de profundidad. En San Juan de La Costa (SC) se recolectaron en superficie 25 y 50 m, en Rancheros del Mar (RM) en superficie, 15, y 30 m, y en El Mogote (M) solo en superficie. A lo largo del ciclo anual, en las granjas atuneras en la Bahía de La Paz, se registraron 12 especies: *P. compressum*, *P. dactylus*, *P. emarginatum*, *P. gracile*, *P. lima*, *P. micans*, *P. minimum*, *P. rhathymum*, *P. rostratum*, *P. shikokuense*, *P. triestinum* y *P. vaginula*, de las cuales, ocho son formadoras de florecimientos algales. El estudio de los florecimientos de *Prorocentrum* se ha vuelto importante ya que estos han sido relacionados por su impacto nocivo en los ecosistemas.

**Palabras clave:** Dinoflagelados, fitoplancton, florecimientos algales, Golfo de California, granjas atuneras, *Prorocentrum*.

#### ABSTRACT

The genus *Prorocentrum* Ehrenberg includes 81 marine species, of which 21 are considered causative agents of harmful algal blooms, and approximately 9 species produce toxins. The objectives of this study were to determine distribution and abundance of *Prorocentrum* species during an annual cycle at two sampling sites within tuna farms near San Juan de La Costa (SC), Rancheros del Mar (RM) and at a station without the influence of these farms located off El Mogote (M), in the Bahía de la Paz, Gulf of California. Samples were taken monthly (June 2006-May 2007) at different depths at SC (0.25 and 50 m), at the RM (0.15 and 30 m) and at El Mogote (0 m) with a van Dorn bottle. The results showed a total of twelve species in the annual cycle: *P. compressum*, *P. dactylus*, *P. emarginatum*, *P. gracile*, *P. lima*, *P. micans*, *P. minimum*, *P. rhathymum*, *P. rostratum*, *P. shikokuense*, *P. triestinum* and *P. vaginula*, of which the first eight form blooms. The study of *Prorocentrum* blooms became important because they have been linked to widespread harmful ecosystem impacts.

**Keywords:** Algal blooms, dinoflagellates, Gulf of California, *Prorocentrum*, phytoplankton, tuna farms.

#### INTRODUCCIÓN

El género *Prorocentrum* Ehrenberg, incluye 81 especies marinas tanto planctónicas como bentónicas (Hoppenrath et al., 2009; Guiry y Guiry, 2014), 21 especies se han reportado para el Pacífico Mexicano (Okolodkov y Gárate-Lizárraga, 2006) y 16 especies en la Bahía de la Paz (Nienhuis, 1979; Gárate-Lizárraga y Martínez-López, 1997; Gárate-Lizárraga et al., 2001; Gárate-Lizárraga et al., 2009; Gárate-Lizárraga et al., 2012). 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 (de cinco hasta 14), 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; Fensome *et al.*, 1993; Faust *et al.*, 1999; Steidinger y Tangen, 1996; Faust y Gullledge, 2002).

A nivel mundial se han registrado 21 especies del género *Prorocentrum* que son consideradas formadoras de florecimientos algales nocivos (FAN) como *P. compressum*, *P. gracile*, *P. triestinum*, entre otras (Faust *et al.*, 1999; Gómez, 2005), de las cuales aproximadamente nueve 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; Faust y Gullledge, 2002; Hoppenrath *et al.*, 2013). Considerando la importancia de las especies de *Prorocentrum*, esta investigación presenta la distribución y abundancia de las especies de este género durante un ciclo anual, en dos estaciones de muestreo ubicadas dentro del ámbito de las granjas atuneras y en una estación fuera de la influencia de las granjas en la Bahía de La Paz, B.C.S., en el noroeste de México.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La Bahía de La Paz está localizada aproximadamente a 180 km de la boca del Golfo de California, entre los 24°06' y 24°48' N y los 110°12' a 110°48' W, en la costa sur oriental de la Península de Baja California. Se realizaron muestreos mensuales durante un periodo comprendido entre junio 2006 y mayo del 2007 en tres sitios (Fig. 1). La estación San Juan de la Costa (E1) se localizó en el área adyacente al encierro. La estación Rancheros del Mar estuvo localizada a una distancia de 500 m del encierro, adyacente a la Isla Gaviota (E2). La estación E3 (El Mogote) está alejada de dichas granjas.

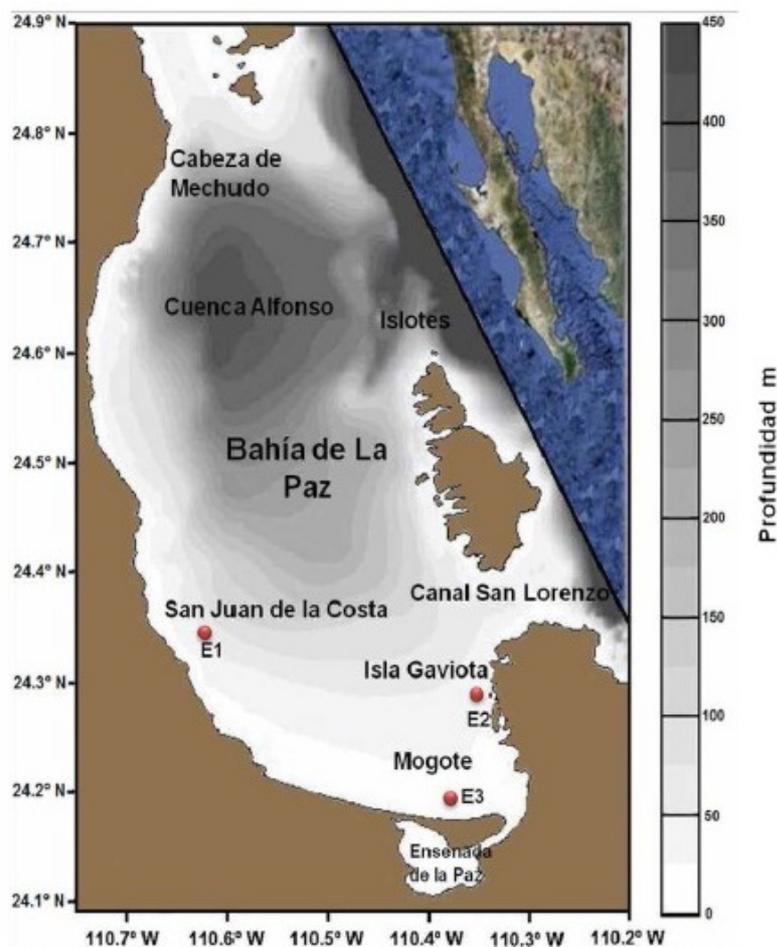


FIG. 1. Ubicación de las tres estaciones de muestreo en la Bahía de La Paz: La E1 (San Juan de La Costa) y E2 (Rancheros del Mar) se localizaron en las granjas atuneras, y la E3 ubicada en El Mogote.

En la estación E1 las muestras se recolectaron en superficie, 25 y 50 m de profundidad, en la E2 fue en superficie, 15 y 30 m. En la E3 por lo somero de la zona solo a nivel superficie. En cada estación se recolectaron 250 mL de agua con una botella van Dorn para determinar la abundancia se colocaron en frascos y se fijaron con acetato-lugol.

Para la cuantificación de las especies de *Prorocentrum*, las muestras se homogenizaron y se tomaron alícuotas de 25 mL, las cuales se depositaron en cámaras de Utermöhl, para su revisión en un microscopio invertido Olympus CK2. La identificación de las especies se hizo consultando claves taxonómicas especializadas (Cupp, 1938; Osorio-Tafall, 1942; Prescott, 1970; Balech, 1988; Licea *et al.*, 1995; Faust *et al.*, 1999 y Faust y Gullledge, 2002).

## RESULTADOS

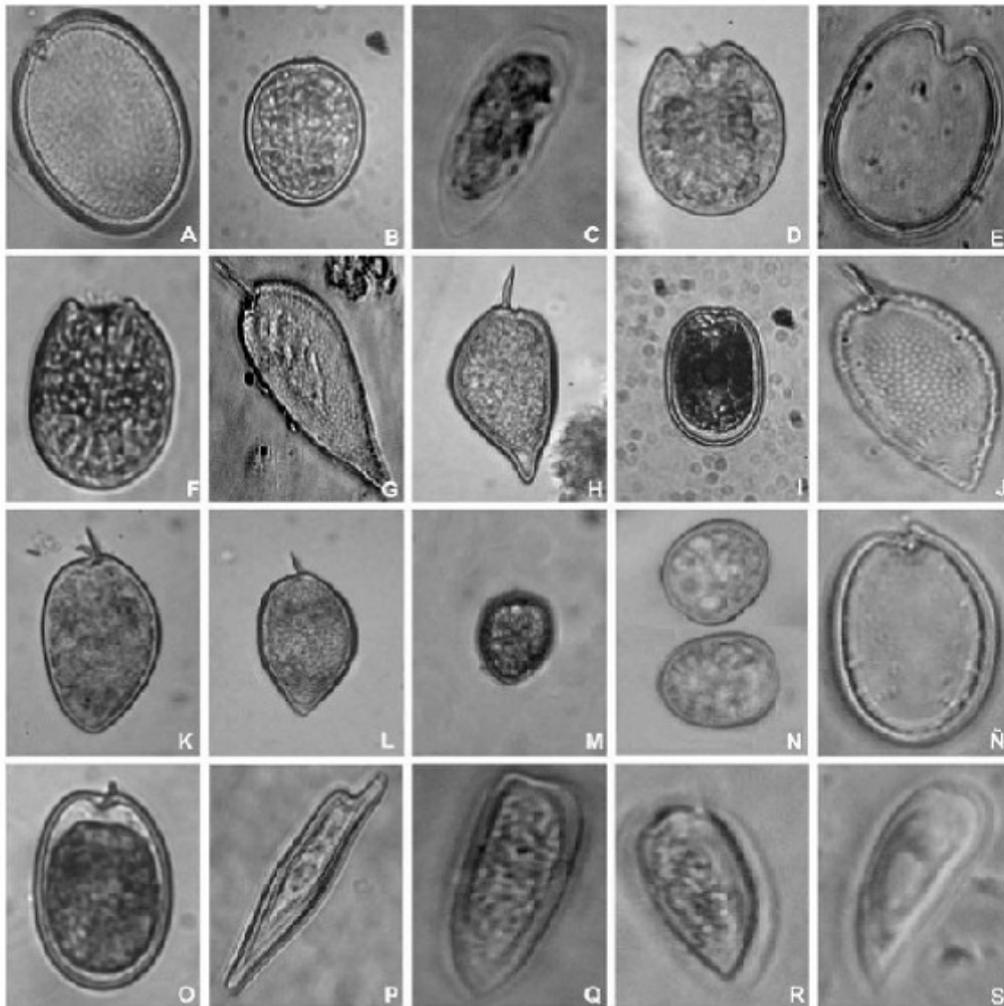
A lo largo del ciclo anual, en las granjas atuneras en la Bahía de La Paz, se registraron 12 especies: *Prorocentrum compressum*, *P. dactylus*, *P. emarginatum*, *P. gracile*, *P. lima*, *P. micans*, *P. minimum*, *P. rhathymum*, *P. rostratum*,

*P. shikokuense*, *P. triestinum* y *P. vaginula*, de las cuales, ocho son formadoras de florecimientos algales y cinco de ellas son productoras de toxinas.

### Descripción taxonómica de las especies de *Prorocentrum*:

***Prorocentrum compressum* (Bailey, 1850) Abé ex Dodge (1975).**

**[Figs. 2 A y B.](#)**



**FIG. 2.** (A y B) *Prorocentrum compressum*, (C) *Prorocentrum dactylus*, (D, E y F) *Prorocentrum emarginatum*, (G y H) *Prorocentrum gracile*, (I) *Prorocentrum lima*, (J, K y L) *Prorocentrum micans*, (M y N) *Prorocentrum minimum*, (O) *Prorocentrum rathymum*, (P) *Prorocentrum rostratum*, (Q) *Prorocentrum shikokuense*, (R) *Prorocentrum triestinum* y (S) *Prorocentrum vaginula*.

Abé ex Dodge (1975): lam. 4E, F, Figs. 2F, 4H, I.

**Basinómio:** *Euxuviaella compressa* (Bailey) Ostenfeld 1899.

**Sinónimos:** *Euxuviaella oblonga* Schiller 1928.

*Prorocentrum bidens* Schiller 1928.

*P. lebouriae* Schiller 1928.

*E. lenticulata* Matzenauer 1933.

*E. elongata* Rampi 1951.

**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:** largo de 30-45  $\mu\text{m}$  ( $40,22 \pm 11,9 \mu\text{m}$ ) y ancho de 26-42  $\mu\text{m}$  ( $41,7 \pm 8,87 \mu\text{m}$ ),  $n = 28$ ; estas medidas se encuentran dentro del intervalo reportado por Licea *et al.* (1995): largo de 24-57  $\mu\text{m}$  y ancho de 21-47  $\mu\text{m}$ ; Muciño-Márquez *et al.* (2011): largo de 35-40  $\mu\text{m}$  y ancho de 31-38  $\mu\text{m}$ .

**Toxicidad:** Si bien no produce toxinas, es considerada como formadora de florecimientos algales nocivos, puede provocar asfixia en los organismos acuáticos como peces y ostiones.

**Distribución y abundancia:** En este estudio *P. compressum* fue una especie rara en las tres estaciones, reportando su mayor abundancia  $0,24 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  en junio en E3 ([Tabla 1](#)).

**Tabla 1:** Promedio y desviación estándar de las abundancias ( $1 \times 10^3$  céls.  $L^{-1}$ ) de las especies de *Prorocentrum* en el ciclo anual en las granjas de atún en la Bahía de La Paz. E1 (San Juan de La Costa), E2 (Rancheros del Mar) y E3 El Mogote.

Especies	E1 $1 \times 10^3$ cél·L <sup>-1</sup>			E2 $1 \times 10^3$ cél·L <sup>-1</sup>			E3 $1 \times 10^3$ cél·L <sup>-1</sup>
	0 m	25 m	50 m	0 m	15 m	30 m	0 m
<i>P. compressum</i>	0,04	0,04	-	0,06±0,04	0,1±0,08	0,05±0,02	0,13±0,1
<i>P. dactylus</i>	0,06±0,02	0,04	0,04	0,04	-	0,08	-
<i>P. emarginatum</i>	0,04±0	0,04	0,04	-	-	-	0,04
<i>P. gracile</i>	0,1±0,06	0,06±0,02	0,09±0,1	0,09±0,05	0,08±0,05	0,08±0,04	0,16±0,17
<i>P. lima</i>	-	-	-	-	-	0,04	-
<i>P. micans</i>	0,2±0,11	0,08±0,05	0,13±0,11	0,1±0,12	0,1±0,08	0,2±0,11	3,3±4,04
<i>P. minimum</i>	0,15±0,15	0,04±0	0,07±0,03	0,28±0,34	0,18±0,20	0,14±0,18	0,06±0,02
<i>P. rathymum</i>	0,1±0,16	0,05±0,02	0,04±0,01	0,31±0,71	0,08±0,06	0,08±0,09	0,75±1,65
<i>P. rostratum</i>	0,08	0,04	0,04±0	0,08	0,04±0	0,06±0,02	0,07±0,03
<i>P. shikokuense</i>	0,14±0,06	0,04	0,04	0,1±0,08	0,1±0,03	0,05±0,02	0,27±0,23
<i>P. triestinum</i>	0,04	-	-	0,18±0,19	0,04	-	0,08±0,05
<i>P. vaginula</i>	0,18±0,28	0,05±0,02	0,12±0,05	0,64±0,73	0,64±0,84	0,08	0,31±0,43

**Referencias en la Bahía de La Paz:** Signoret y Santoyo-Reyes (1980); Gárate-Lizárraga *et al.* (2009); Gárate-Lizárraga (2012).

### ***Prorocentrum dactylus* (Stein) Dodge 1975.**

[Fig. 2 C.](#)

Dodge (1975): Fig. 1 G.

**Sinónimos:** *Dinopyxis dactylus* Stein 1883.

**Descripción:** Las células son alargadas, con el extremo anterior lanceolado y el con extremo posterior casi redondeado. No presenta espina.

**Tamaño:** Largo de 50-68  $\mu m$  ( $57 \pm 12,5 \mu m$ ) y ancho de 1015  $\mu m$  ( $12,6 \pm 2,82 \mu m$ ),  $n = 8$ ; estas medidas se encuentran dentro del intervalo reportado por Dodge (1975): largo de 65-70  $\mu m$  y un ancho de 16  $\mu m$ ; Hernández-Becerril *et al.* (2000): largo de 35  $\mu m$  y un ancho de 10  $\mu m$ .

**Distribución y abundancia:** En este estudio *P. dactylus* fue una especie rara, su mayor abundancia  $0,08 \times 10^3$  cél·L<sup>-1</sup> se reportó en el mes de mayo en E1 y en noviembre en E2 ([Tabla 1](#)).

**Referencias en la Bahía de La Paz:** Es la primera vez que se reporta para la Bahía de la Paz; se ha reportado en la Bahía Mazatlán (Hernández-Becerril *et al.*, 2000).

### ***Prorocentrum emarginatum* Fukuyo (1981).**

[Figs. 2 D, E y F.](#)

Fukuyo (1981): Figs. 8-12, 48.

**Descripción:** Las células son ovadas a redondeadas, ligeramente cónica en la parte apical. Ambas valvas son cóncavas en el centro. El extremo anterior de la célula está separado de los márgenes. El área periflagelar en la valva derecha es profunda y estrecha en forma de V, con una depresión distal. La valva izquierda es ampliamente excavada y curvada a lo largo del margen apical. Ambas valvas exhiben dos poros de diferentes tamaños pequeño (0,1 m de diámetro) y grande (0,2 m de diámetro). Los poros son uniformemente de forma redonda con bordes lisos. Los poros de mayor tamaño, aproximadamente 200 por valva, están dispuestos en filas radiales, y espaciados alrededor de la periferia de la valva. Faust (1990) menciona, que los poros de las valvas pequeñas se distribuyen de forma desigual y se ven sólo a grandes aumentos. El centro de la célula está desprovisto de poros. Hoppenrath *et al.* (2013) mencionan que es una especie bentónica.

**Tamaño:** largo de 31-39  $\mu m$  ( $36 \pm 3,22 \mu m$ ) y ancho de 2635  $\mu m$  ( $30,6 \pm 4,08 \mu m$ ),  $n = 6$ ; estas medidas se encuentran dentro del intervalo reportado por Fukuyo (1981): largo de 35-36  $\mu m$  y un ancho de 32  $\mu m$ ; Faust (1990): largo de 35-40  $\mu m$  y un ancho de 30  $\mu m$ ; Hoppenrath *et al.*, (2013): largo de 30-40  $\mu m$  y un ancho de 25-35  $\mu m$ .

**Distribución y abundancia:** En este estudio *P. emarginatum* fue una especie rara, su mayor abundancia  $0,04 \times 10^3$  cél·L<sup>-1</sup> se reportó en junio y mayo en E1, y en septiembre en E3 ([Tabla 1](#)).

**Referencias en la Bahía de La Paz:** Gárate-Lizárraga (2012).

### ***Prorocentrum gracile* Shütt (1895).**

[Figs. 2 G y H.](#)

Shütt (1895): lam. 1. Fig. 3.

**Sinónimos:** *Prorocentrum macrurus* Athanassopoulos 1931.

*P. hentschellii* Schiller 1933.

*P. sigmoides* Böhm 1933.

*P. diamantinae* Wood 1963.

**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. Presenta una espina grande con una aleta y con una extremidad posterior casi siempre puntiaguda.

**Tamaño:** largo de 42-60  $\mu m$  ( $50,3 \pm 9,76 \mu m$ ), ancho de 23-24  $\mu m$  ( $23,3 \pm 4,23 \mu m$ ), largo de la espina 9-10  $\mu m$  ( $9,32 \pm 1,42 \mu m$ ),  $n = 50$ ; estas medidas se encuentran dentro del intervalo de las reportadas por Dodge (1982):

largo de 40-60  $\mu\text{m}$ ; Hernández-Becerril *et al.*, (2000): largo de 42-51  $\mu\text{m}$  y un ancho de 23-25  $\mu\text{m}$  y largo de la espina 8-11  $\mu\text{m}$ ; Cohen *et al.* (2006): largo de 40-60  $\mu\text{m}$  y un ancho de 23-25  $\mu\text{m}$  y largo de la espina 8-11  $\mu\text{m}$ ; Alonso-Rodríguez *et al.* (2008): largo de 62  $\mu\text{m}$  con un ancho de 30  $\mu\text{m}$ ; Muciño-Márquez *et al.* (2011): largo de 37-61  $\mu\text{m}$ , ancho de 15-37  $\mu\text{m}$ , largo de la espina 7-10,5  $\mu\text{m}$ .

**Toxicidad:** Es una especie formadora de florecimientos algales nocivos (Terán *et al.*, 2006).

**Distribución y abundancia:** En este estudio *P. gracile* fue una especie frecuente en las tres estaciones, su mayor abundancia  $0,28 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  se reportó en julio en E3 ([Tabla 1](#)).

**Referencias en la Bahía de La Paz:** Gárate-Lizárraga y Martínez-López (1997); Gárate-Lizárraga (2012).

### ***Prorocentrum lima* (Ehrenberg) Dodge (1975).**

#### **[Fig. 2 I.](#)**

Dodge (1975): lam. 1 B, C., Figs. 1 E, F.

**Sinónimos:** *Cryptomonas lima* Ehrenberg 1860.

*Exuviaella marina* Cienkowski 1881.

*Dinopyxis laevis* F.Stein 1883.

*E. lima* (Ehrenberg) Bütschli 1885.

*E. lima* (Ehrenberg) F.Schütt 1896.

*E. laevis* (Stein) Schröder 1900.

*E. cincta* Schiller 1918.

*E. marina* var. *lima* (Ehrenberg) Schiller 1931.

*E. ostenfeldi* Schiller 1933.

*E. caspica* Kiselev 1940. *Prorocentrum marinum* Dodge y Bibby 1973.

*P. arenarium* Faust 1994.

**Descripción:** Las células son pequeñas a medianas, oblongas a ovaladas más amplio hacia el centro, con una muesca en la parte anterior. Las valvas tecales son gruesas y suaves con poros superficiales dispersos. Cada valva contiene aproximadamente 50-80 pequeños poros redondos marginales espaciados uniformemente alrededor de la periferia de la valva y alrededor de 60-100 grandes a oblongas desigualmente distribuidos los poros de la valva con tricocistes (Faust y Gullledge, 2002). La célula tiene un pirenoide central y el núcleo es posterior, con un área flagelar con ocho placas.

**Tamaño:** largo de 31-48  $\mu\text{m}$  ( $36,6 \pm 26,81 \mu\text{m}$ ), ancho de 20-40  $\mu\text{m}$  ( $26,6 \pm 11,5 \mu\text{m}$ ),  $n = 3$ ; estas medidas se encuentran dentro del intervalo de las reportadas por Schiller (1933), con un largo de 30-40  $\mu\text{m}$ ; Dodge (1975) largo de 32-50  $\mu\text{m}$ ; Faust (1991): largo de 31-47  $\mu\text{m}$  y un ancho de 22-40  $\mu\text{m}$ ; Faust y Gullledge (2002): largo de 32-50  $\mu\text{m}$  y un ancho de 20-28  $\mu\text{m}$ ; Alonso-Rodríguez *et al.* (2008): largo de 27-50  $\mu\text{m}$  y un ancho de 15-28  $\mu\text{m}$ ; Hoppenrath *et al.* (2013): largo de 30-57  $\mu\text{m}$  y un ancho de 21-46  $\mu\text{m}$ .

**Toxicidad:** Es una especie bentónica y formadora de florecimientos algales tóxicos, produce tanto ácido ocadaico como ácido metil ocadaico (Marr *et al.*, 1992; Morton y Tindall, 1995; Bravo *et al.*, 2001; Hoppenrath *et al.*, 2013).

**Distribución y abundancia:** En este estudio *P. lima* fue una especie rara en E2, reportando una abundancia de  $0,04 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  en junio y enero ([Tabla 1](#)).

**Referencias en la Bahía de La Paz:** Gárate-Lizárraga *et al.*, (2006); Gárate-Lizárraga y Muñetón-Gómez (2008); Gárate-Lizárraga *et al.*, (2009).

### ***Prorocentrum micans* Ehrenberg (1834).**

#### **[Figs. 2 J, K y L.](#)**

Ehrenberg (1834): 307.

**Sinónimos:** *Prorocentrum schillerii* Böhm 1933.

*P. levantinoide* Bursa 1959.

*P. pacificum* Wood 1963.

**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.

**Tamaño:** largo de 40-55  $\mu\text{m}$  ( $47,5 \pm 7,57 \mu\text{m}$ ), ancho de 27-32  $\mu\text{m}$  ( $29,5 \pm 2,52 \mu\text{m}$ ), largo de la espina de 7-10  $\mu\text{m}$  ( $8,5 \pm 1,51 \mu\text{m}$ ),  $n = 50$ ; estas medidas se encuentran dentro del intervalo de las reportadas por Balech (1988), con un largo de 40-60  $\mu\text{m}$  y un ancho de 30-50  $\mu\text{m}$ ; Hernández-Becerril *et al.* (2000): largo de 40-57  $\mu\text{m}$ , ancho de 26-30  $\mu\text{m}$ , largo de la espina de 7-9  $\mu\text{m}$ ; Faust y Gullledge (2002): largo de 35-70  $\mu\text{m}$ , ancho de 20-50  $\mu\text{m}$ , largo de la espina de 10  $\mu\text{m}$ ; Cohen *et al.* (2006): con un largo de 40-60  $\mu\text{m}$  y un ancho de 23-25  $\mu\text{m}$  y largo de la espina 8-11  $\mu\text{m}$ ; Alonso-Rodríguez *et al.* (2008): largo de 35-70  $\mu\text{m}$  y un ancho de 20-50  $\mu\text{m}$ ; Muciño-Márquez *et al.* (2011): largo de 41-50  $\mu\text{m}$ , ancho de 26-33  $\mu\text{m}$ , largo de la espina de 7-8  $\mu\text{m}$ .

**Toxicidad:** Esta especie es considerada formadora de florecimientos algales nocivos (Graneli *et al.*, 1990; Cortés-Altamirano, 1998). Lassus y Berthome (1988) mencionan que *P. micans* produce una toxina de tipo paralítico para los crustáceos, sin embargo no se ha verificado si produce toxinas. Excreta una sustancia que inhiben el crecimiento de diatomeas, pero al parecer estas sustancias no entran en la cadena alimentaria o afectan a los organismos en los niveles tróficos superiores (Uchida, 1977).

**Distribución y abundancia:** En este estudio *P. micans* fue una especie frecuente en las tres estaciones, su mayor abundancia  $6,16 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  se reportó en marzo en E3 ([Tabla 1](#)).

**Referencias en la Bahía de La Paz:** Signoret y Santoyo-Reyes (1980); Gárate-Lizárraga y Martínez-López (1997); Gárate-Lizárraga *et al.* (2004, 2009); Gárate-Lizárraga y Muñetón-Gómez (2008); Gárate-Lizárraga (2012).

### ***Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller (1933).**

#### **[Figs. 2 M y N.](#)**

Schiller (1933): lam. 32, Figs. 33 a, b.

**Sinónimos:** *Prorocentrum triangulatum* Martin 1929.

*Exuviaella minima* Schiller 1933.

*E. mariebouriaie* Parke et Ballantine 1957.

*P. cordiforme* Bursa 1959.

*P. mariebouriaie* (Parke et Ballantine) Loeblich III 1970.

**Descripción:** Las células son pequeñas, de forma oval, triangular, o acorazonada en vista valvar. Aplanada en vista lateral, con espina apical corta. Presenta dos tamaños de poros, los pequeños se encuentran dispersos, mientras que los poros más grandes están situados en las espinas periféricas.

**Tamaño:** largo de 15-21  $\mu\text{m}$  ( $18\pm 3,03 \mu\text{m}$ ), ancho de 1115  $\mu\text{m}$  ( $13\pm 2,03 \mu\text{m}$ ),  $n = 50$ ; estas medidas se encuentran dentro del intervalo de las reportadas por Schiller (1933), con un largo de 18  $\mu\text{m}$  y un ancho de 15  $\mu\text{m}$ ; Hernández-Becerril *et al.* (2000): largo de 14-19  $\mu\text{m}$ , ancho de 12-16  $\mu\text{m}$ ; Dodge (1975), Faust y Gullede (2002) y Alonso-Rodríguez *et al.* (2008): reportan un largo de 14-22  $\mu\text{m}$  y un ancho de 10-15  $\mu\text{m}$ .

**Toxicidad:** Es una especie formadora de florecimientos algales tóxicos, produce la toxina verupina (hepatoxina) afectando almejas y mariscos (Tangen, 1983; Cortés-Altamirano y Agraz, 1994; Steidinger y Tangen, 1996; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2014).

**Distribución y abundancia:** En este estudio *P. minimum* fue una especie abundante en las estaciones E1 y E2, y rara en la E3. Su mayor abundancia  $1,2 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  se reportó abril en E2 ([Tabla 1](#)).

**Referencias en la Bahía de La Paz:** López-Cortés *et al.* (2011), Gárate-Lizárraga *et al.* (2007a), Gárate-Lizárraga (2012); Gárate-Lizárraga *et al.* (2014).

### ***Prorocentrum rathymum* Loeblich, Sherley y Schmidt (1979).**

[Figs. 2 Ñ y O.](#)

Loeblich, Sherley y Schmidt (1979): Figs. 8-13.

**Descripción:** La célula es de forma oval o elipsoidal con márgenes redondeados, el contorno de la teca es gruesa y circular, varios poros de tricostitos se encuentran en la superficie de la teca en una depresión poco profunda, en la valva derecha presenta una espina apical simple.

**Tamaño:** largo de 31-39  $\mu\text{m}$  ( $35\pm 4,04 \mu\text{m}$ ), ancho de 21-24  $\mu\text{m}$  ( $22,5\pm 1,51 \mu\text{m}$ ) y un largo de la espina de 2,5  $\mu\text{m}$  ( $2,4\pm 0,04 \mu\text{m}$ ),  $n = 50$ ; estas medidas se encuentran dentro del intervalo de las reportadas por Fukuyo (1981), con un largo de 38-40  $\mu\text{m}$ , un ancho de 22-25  $\mu\text{m}$  y largo 2-3  $\mu\text{m}$  de la espina; Aligizaki *et al.* (2009): con un largo de 27,433,3  $\mu\text{m}$  y un ancho de 19,0-22,6  $\mu\text{m}$ ; Laza-Martínez *et al.* (2011): largo de 30,5-37,5  $\mu\text{m}$  y un ancho de 20,9-26  $\mu\text{m}$ ; Sadaf y Saifullah (2011): con un largo de 30-40  $\mu\text{m}$  y un ancho de 18-24  $\mu\text{m}$ ; Hoppenrath *et al.* (2013): ancho de 18-25  $\mu\text{m}$ .

**Toxicidad:** Es una especie bentónica y formadora de florecimientos algales (Gárate-Lizárraga y Martínez-López, 1997; Cortés-Altamirano y Sierra-Beltrán, 2003). Produce las toxinas hemolíticas y envenenamiento diarreico por consumo de mariscos (Nakajima *et al.*, 1981; Aligizaki *et al.*, 2009; Hoppenrath *et al.*, 2013). Gárate-Lizárraga y Martínez-López (1997) registraron el primer florecimiento de esta especie en aguas mexicanas.

**Distribución y abundancia:** En este estudio *P. rathymum* fue una especie abundante en las tres estaciones. Su mayor abundancia  $4,84 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  se reportó en E3 en octubre ([Tabla 1](#)).

**Referencias en la Bahía de La Paz:** Gárate-Lizárraga y Martínez-López (1997); Gárate-Lizárraga *et al.* (2001); Gárate-Lizárraga *et al.* (2006); Gárate-Lizárraga y Muñetón-Gómez (2008); Gárate-Lizárraga (2012); Gárate-Lizárraga *et al.* (2014).

### ***Prorocentrum rostratum* Stein (1883).**

[Fig. 2 P.](#)

Stein (1883): lam. 1, Figs. 16-17.

**Sinónimo:** *Prorocentrum styliferum* Lohmann 1920.

*P. tenue* Lohmann 1920.

**Descripción:** Célula alargada y lanceolada, de tamaño mediano, con márgenes casi paralelos o ligeramente grueso y el extremo posterior puntiagudo. El extremo anterior está redondeado de un lado, mientras que el otro tiene un proceso relativamente largo. No se observa poros. Balech (1988) menciona que *P. rostratum* tiene pocos poros, que se observan en la base del rostro y cerca del extremo posterior.

**Tamaño:** largo de 50-55  $\mu\text{m}$  ( $52,5\pm 2,52 \mu\text{m}$ ), ancho de 10-12  $\mu\text{m}$  ( $11\pm 1,01 \mu\text{m}$ ) y un largo de la espina de 7-8  $\mu\text{m}$  ( $7,5\pm 0,51 \mu\text{m}$ ),  $n = 22$ ; estas medidas se encuentran dentro del intervalo de las reportadas por Balech (1988), con un largo de 53-56  $\mu\text{m}$ , rostro 7-9 y un ancho mayor de 10-11  $\mu\text{m}$ ; Licea *et al.* (1995): largo de 53-56  $\mu\text{m}$ , rostro 7-9 y un ancho de 10-11  $\mu\text{m}$ ; Hernández-Becerril *et al.* (2000): largo de 48-50  $\mu\text{m}$ , un ancho de 12  $\mu\text{m}$  y un largo de espina 7  $\mu\text{m}$ .

**Distribución y abundancia:** *P. rostratum* fue una especie rara en las tres estaciones. Su mayor abundancia  $0,12 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  se reportó en E3 en noviembre ([Tabla 1](#)).

**Referencias en la Bahía de La Paz:** Es la primera vez que se reporta para la Bahía de la Paz; se ha reportado en el Golfo de California (Licea *et al.*, 1995; Hernández-Becerril *et al.*, 2000).

### ***Prorocentrum shikokuense* Hada (1975).**

[Fig. 2 Q.](#)

Hada (1975): Figs. 1, 2.

**Descripción:** Célula pequeña a mediana, alargada y lanceolada. En vista valvar es recta hasta la mitad de la célula. La parte anterior con una elevación en forma de diente, y la parte exterior de la mayoría de las células son generalmente atenuadas a redondeadas. Las valvas están cubiertas con espinas de amplia base y espaciadas.

**Tamaño:** largo de 21-27  $\mu\text{m}$  ( $24\pm 3,03 \mu\text{m}$ ) y un ancho de 8-12  $\mu\text{m}$  ( $10\pm 2,02 \mu\text{m}$ ),  $n = 50$ ; estas medidas se encuentran dentro del intervalo de las reportadas por Hada (1975), con un largo de 20-27  $\mu\text{m}$  y un ancho de 7-10  $\mu\text{m}$ ; Hernández-Becerril *et al.* (2000): largo de 17-20  $\mu\text{m}$ , un ancho de 7-11  $\mu\text{m}$ ; Alonso-Rodríguez *et al.* (2008):

largo de 33-60  $\mu\text{m}$ , un ancho de 15-35  $\mu\text{m}$ ; Takano y Matsuoka (2011): largo de 18-27,2  $\mu\text{m}$  y un ancho de 7-14,3  $\mu\text{m}$ .

**Toxicidad:** Es formadora de florecimientos algales nocivos, se ha relacionado con la producción de toxinas de envenenamiento diarreico por consumo de mariscos y toxinas de acción rápida (Cortés-Altamirano y Núñez-Pastén, 2000; Hernández-Becerril *et al.*, 2000).

**Distribución y abundancia:** *P. shikokuense* fue una especie abundante en E3, y rara en E1 y E2. Su mayor abundancia fue de  $0,76 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  en enero E3 (Tabla 1).

**Referencias en la Bahía de La Paz:** Es la primera vez que se reporta para la Bahía de la Paz; se ha reportado en la Bahía de Mazatlán y en Altata-Ensenada del Pabellón, Sinaloa (Cortés-Altamirano y Núñez-Pastén, 2000; Hernández-Becerril *et al.*, 2000; Alonso-Rodríguez *et al.*, 2008).

### ***Prorocentrum triestinum* Schiller (1918).**

#### **Fig. 2 R.**

Schiller (1918): Figs. 1a, 1b.

**Sinónimo:** *Prorocentrum pyrenoideum* Bursa 1959.

*P. redfieldii* Bursa 1959.

*P. setoutii* Hada 1975.

**Descripción:** Célula pequeña puntiaguda, con algunas depresiones localizadas en la periferia, la espina apical es pequeña ubicada a la derecha de una pequeña depresión donde se sitúa el poro flagelar, los poros se distribuyen en los márgenes aunque de manera irregular, algunos poros rodean de manera convexa la parte apical y en el margen posterior.

**Tamaño:** largo de 19-25  $\mu\text{m}$  ( $21,8 \pm 3,07 \mu\text{m}$ ), ancho de 7-13  $\mu\text{m}$  ( $9,84 \pm 3,08 \mu\text{m}$ ) y largo de la espina de 3-4,5  $\mu\text{m}$  ( $3,71 \pm 0,76 \mu\text{m}$ ),  $n = 19$ ; estas medidas se encuentran dentro del intervalo de las reportadas por Schiller (1933) y Dodge (1975): largo de 18-22  $\mu\text{m}$  y ancho de 6-11  $\mu\text{m}$ ; Hernández-Becerril *et al.* (2000): largo de 19-24  $\mu\text{m}$ , un ancho de 9-14  $\mu\text{m}$  y largo de la espina 3-5  $\mu\text{m}$ ; Ceballos-Corona (2006): largo de 17  $\mu\text{m}$  y ancho 9  $\mu\text{m}$ ; Alonso-Rodríguez *et al.* (2008); largo de 18-27  $\mu\text{m}$ , un ancho de 12  $\mu\text{m}$ .

**Toxicidad:** Es una especie formadora de florecimientos algales nocivos, afectando a los peces por disminución de oxígeno disuelto (Alonso-Rodríguez *et al.*, 2008).

**Distribución y abundancia:** *P. triestinum* fue una especie rara en las tres estaciones. Su mayor abundancia fue de  $0,32 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  en E2 en junio (Tabla 1).

**Referencias en la Bahía de La Paz:** Gárate-Lizárraga *et al.* (2006, 2012).

### ***Prorocentrum vaginula* (Stein) Dodge (1975).**

#### **Fig. 2 S.**

Dodge (1975): Fig. 4.

**Descripción:** célula forma de pera, el extremo anterior redondeado y de forma de punta en el extremo posterior, sin espina.

**Tamaño:** largo de 19-23  $\mu\text{m}$  ( $21 \pm 2,02 \mu\text{m}$ ), ancho de 7-11  $\mu\text{m}$  ( $9 \pm 2,02 \mu\text{m}$ ) y largo de la espina de 3-4,5  $\mu\text{m}$  ( $3,75 \pm 0,75 \mu\text{m}$ ),  $n = 50$ ; estas medidas se encuentran dentro del intervalo de las reportadas por Schiller (1933): largo de 30-40  $\mu\text{m}$  y ancho de 8-15  $\mu\text{m}$ ; Dodge (1975): largo de 1822  $\mu\text{m}$  y ancho de 6-11  $\mu\text{m}$ .

**Distribución y abundancia:** *P. vaginula* fue una especie abundante en las tres estaciones. Su mayor abundancia fue de  $1,08 \times 10^3 \text{ cél}\cdot\text{L}^{-1}$  en junio en E3 (Tabla 1).

**Referencias en la Bahía de La Paz:** Es la primera vez que se reporta para la Bahía de la Paz; ha sido reportado en el Golfo de California (Licea *et al.*, 1995).

## **DISCUSIÓN**

A lo largo del ciclo anual, en las granjas atuneras en la Bahía de La Paz, se registraron 12 especies de *Prorocentrum*, de las cuales ocho son formadoras de florecimientos algales nocivos y cinco de ellas son productoras de toxinas. *Prorocentrum minimum*, *P. rathymum* y *P. shikokuense* fueron abundantes en el ciclo anual, no llegando a rebasar  $1 \times 10^9 \text{ cél L}^{-1}$ . En la actualidad los FAN representan un verdadero problema a nivel mundial, por el impacto que presenta principalmente en la acuicultura y las pesquerías, ocasionando pérdidas económicas. Algunas especies de dinoflagelados han ocasionado en diferentes países grandes pérdidas económicas, en Sudáfrica en 1999, se formó un FAN de *Ceratium fusus* en el cual provocó muerte de 2000 toneladas de langosta de roca (*Jasus ialandii*) y pérdidas económicas de \$50 millones; en China *Noctiluca scintillans* en 1990, ocasionó la muerte de crustáceos en cultivo (*Penaeus orientalis*) y una pérdida de \$100 millones (Landsberg, 2002). En las costas Bolinao Filipinas, en el 2002, reportan un florecimiento de *Prorocentrum minimum* en un cultivo de peces chano (*Chano chano*), que ocasionó una disminución en la concentración de oxígeno disuelto ( $< 2,0 \text{ mg/L}$ ), provocando asfixia, muerte de peces y organismos bentónicos, causando pérdidas económicas, aproximadamente 9 millones de dólares (San Diego-McGlone *et al.*, 2008). En México en el caso de Puerto Escondido, Baja California en 2002 donde se presentó un florecimiento de *Ceratium furca* provocando la mortandad en encierros con más de 500 toneladas de atún en menos de 48 horas causando pérdidas de 12 a 15 millones de pesos (Orellana-Cepeda *et al.*, 2002). En la Bahía de La Paz, en junio del 2006 se reportó un florecimiento de *Pseudo-nitzschia fraudulenta* causando mortandad de peces y otros organismos marinos, estableciéndose una veda que repercutió en la economía de los pescadores (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2007b). Se ha reportado a *P. minimum* asociada con otras especies formando florecimientos algales nocivos, ocasionando una mortandad de 50 toneladas de peces en los Cabos, Baja California Sur (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2011). Sin embargo, se han reportado florecimientos de *P. minimum* ocurridos en la Bahía de La Paz, en estanques de cultivo de camarón, donde no ha ocasionado ningún daño en el ecosistema, ni pérdidas económicas (Sierra-Beltrán *et al.*, 2005; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2007b). Martínez-López *et al.* (2008) reportan reportó un florecimiento de *P. minimum* en abril del 2000 al norte de las costas de Sinaloa, mencionan que su potencial riesgo relacionados con alteraciones ecológicas, como el aumento de los valores de pH y reducción en la concentración de oxígeno en la columna de agua causan la mortandad de peces. *P. minimum* también ha proliferado sin presentar efectos nocivos

sobre la flora circundante en el área de Los Cabos, Baja California Sur (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2014). 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-Altamirano, 1998; Gárate-Lizárraga *et al.*, 1990, Gárate-Lizárraga *et al.*, 2007b); esta especie excreta una sustancia que inhibe el crecimiento de diatomeas (Uchida, 1977). Cortés-Altamirano y Licea-Durán (1999) han reportado que los FAN de *P. minimum* ocasionan un crecimiento lento y una mortandad del 80% de los camarones en estanques de cultivo. Estas especies han sido reportadas asociadas a FAN, las cuales bajo ciertas condiciones de luz, temperatura, estabilidad de la columna de agua y nutrientes pudieran proliferar, se tiene que considerar que estas especies son potencialmente peligrosas ya que si proliferan causarían mortandad en los peces en cautiverio y organismos marinos por anoxia *Prorocentrum compressum*, *P. gracile* y *P. triestinum* o por toxinas *P. lima*, *P. micans*, *P. minimum*, *P. rhathymum* y *P. shikokuense*, por lo que un monitoreo frecuente en las granjas de atún es muy recomendable (Gárate-Lizárraga *et al.*, 2006; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2007b; López-Cortés *et al.*, 2006; López-Cortés *et al.*, 2011; Gárate-Lizárraga, 2012; Gárate-Lizárraga, 2013) para que, al ser detectadas exista un seguimiento de la evolución poblacional y en su momento, en caso de darse los florecimientos nocivos o tóxicos, seguir estrategias de mitigación, principalmente moviendo los encierros; aunque la aplicación de diversas sustancias y de arcillas son practicadas en otras latitudes del mundo (Sengco, 2001), aún no están bien estudiadas y se ignoran los efectos secundarios en el entorno marino.

## CONCLUSIONES

A lo largo del ciclo anual, se pudo evidenciar que en la zona de estudio existen especies de *Prorocentrum* nocivas: *Prorocentrum compressum*, *P. gracile* y *P. triestinum* y productoras de toxinas: *P. lima*, *P. micans*, *P. minimum*, *P. rhathymum* y *P. shikokuense*. Es importante conocer el comportamiento de las especies *Prorocentrum* en las granjas de atún, las pérdidas económicas debidas a la presencia de fitoplancton nocivo y tóxico en la maricultura son muy altas, por lo que se recomienda realizar un monitoreo continuo de las especies de *Prorocentrum* formadoras de FAN, lo que permitiría la detección temprana y manejo de la presencia de especies peligrosas para los sistemas acuícolas de la Bahía de La Paz. Así mismo, estas especies puedan ser un indicador de contaminación, unas de las condiciones necesarias para que estas especies formen florecimientos algales nocivos y tóxicos, sobre todo por el proceso de eutrofización que puede estar generando, los desechos de las granjas de atún al ecosistema.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a L. Godínez-Orta y J. Gutiérrez de Velasco del CICIMAR por proporcionar los datos batimétricos para la realización del mapa del área de estudio y a los revisores por las observaciones realizadas al manuscrito.

## REFERENCIAS

- Aligizaki K, Nikolaidis G, Katikou P, Baxevanis AD, Abatzopoulos TJ. Potentially toxic epiphytic *Prorocentrum* (Dinophyceae) species in Greek coastal waters. *Harmful Algae*. 2009;8(2):299–311. Doi: [10.1016/j.hal.2008.07.002](https://doi.org/10.1016/j.hal.2008.07.002).
- Alonso-Rodríguez R, Hernández-Becerril DU, Gárate-Lizárraga I. Catálogo de Microalgas de las lagunas costeras de Sinaloa. Serie Lagunas Costeras de Sinaloa Ed. Inst Cienc Mar y Limnol. UNAM/CESASIN/El Colegio de Sinaloa, SEMARNAP/CONACYT. México; 2008. p. 198.
- Athanassopoulos G. Microfaune du golfe de Salonique. *Bull Inst Oceanogr*. 1931;588:1-26.
- Bailey JW. Microscopical observations made in South Carolina, Georgia and Florida. *Smithsonian Contr Knowl*. 1850;2(8):1-48. Disponible en: [https://openlibrary.org/books/OL7104314M/Microscopical\\_observations\\_made\\_in\\_South\\_Carolina\\_Georgia\\_and\\_Florida](https://openlibrary.org/books/OL7104314M/Microscopical_observations_made_in_South_Carolina_Georgia_and_Florida).
- Balech E. Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental. *Publicación Especial del Instituto Español de Oceanografía*. España; 1988. p. 310. Disponible en: URL: <http://hdl.handle.net/10508/993>.
- Böhm A. Zur Kenntnis der antarktischen Dinophysiacea. *Int Rev Jena*. 1933;29(1-2):398.
- Bravo I, Fernández ML, Ramilo I, Martínez A. Toxin composition of the toxic dinoflagellate *Prorocentrum lima* isolated from different locations along the Galician coast (NW Spain). *Toxicon*. 2001;39(10):1537–1545. Disponible en: Doi: [10.1016/S0041-0101\(01\)00126-X](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(01)00126-X).
- Bütschli O. Dinoflagellata. *Bronn's Klass. u. Ordn. D. Tier. Reichs. Protozoa*. Leipzig y Heidelberg. 1885;1:906-1029.
- Bursa A. The genus *Prorocentrum* Ehrenberg. *Morphodynamics, protoplasmatic structures and taxonomy*. *Can J Bot*. 1959;37(1):1-31. Disponible en: Doi: [10.1139/b59-001](https://doi.org/10.1139/b59-001).
- Ceballos-Corona JGA. Análisis de los dinoflagelados potencialmente nocivos en el fitoplancton de la zona nerítica de la costa michoacana (enero-mayo, 2004). Tesis de Maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, Morelia, México, 2006. p.165. Disponible en: URL: <http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/handle/123456789/4801>.
- Cienkowski L. Otchet' o byelomorskoy ekskursii 1880 g Sanktpetersburgskoe Obshestvo Estestvoispytatelei. *Trudy*. 1881;12(1):130-171.
- Cohen FE, Meave del Castillo ME, Salgado-Ugarte I, Pedroche FF. 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. *Phycol Res.* 2006;54:330–340. Disponible en: Doi: [10.1111/j.1440-1835.2006.00440.x](https://doi.org/10.1111/j.1440-1835.2006.00440.x).

Cortés-Altamirano R. Distribución y efectos de las mareas rojas en México. In: *Las Mareas Rojas*. ed. AGT, Editor, S.A D.F., México; 1998. p. 161.

Cortés-Altamirano R, Agraz CM. Presencia de *Prorocentrum minimum* (Pav.) Schiller en estanques para cultivo de camarón. *Cienc Mar UAS.* 1994;13:11–16.

Cortés-Altamirano, R, Licea-Durán S. Florecimientos de microalgas nocivas en estanques de cultivo semi-intensivo de camarón en México. *Rev Lat Amer Microbiol.* 1999;41:157-166.

Cortés-Altamirano R, Núñez-Pasten AN. Distribución y abundancia anual de *Ceratium dens* (Peridinales: Ceratiaceae). *Rev Biol Trop.* 2000;48(2/3):305-311. Disponible en: URL: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-7744200000200002&lng=en&nrm=iso&tling=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-7744200000200002&lng=en&nrm=iso&tling=es).

Cortés-Altamirano R, Sierra-Beltrán AP. Morphology and taxonomy of *Prorocentrum mexicanum* and reinstatement of *Prorocentrum rhathymum* (Dinophyceae). *J Phycol.* 2003;39(1):221–225. Doi: [10.1046/j.1529-8817.2003.01112.x](https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2003.01112.x).

Cupp EE, Allen WA. Plankton diatoms of the Gulf of California. *Allan Hancock Pac Exped.* 1938;3(5):61-99.

Dodge JD. The Prorocentrales (Dinophyceae). II. Revision of the taxonomy within the genus *Prorocentrum*. *J Linn Soc Lond Bot.* 1975;71:103-125. Doi: [10.1111/j.1095-8339.1975.tb02449.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1975.tb02449.x).

Dodge JD. *Marine Dinoflagellates of the British Isles*. ed. HMSO London, Inglaterra. 1982. p. 303.

Dodge JD, Bibby BT. The Prorocentrales (Dinophyceae) I. A comparative account of fine structure in the genera *Prorocentrum* and *Exuviaella*. *Bot J Linn Soc.* 1973;67:175-187. Doi: [10.1111/j.1095-8339.1973.tb01737.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1973.tb01737.x).

Ehrenberg CG. Dritter Beitrag zur Erkenntniss grosser Organisation in der Richtung des kleinsten Raumes. *Abh Akad Wiss Berlin.* 1834;145-336.

Faust MA. Morphologic details of six benthic species of *Prorocentrum* (Pyrrophyta) from a mangrove island, Twin Cays, Belize, including two new species. *J Phycol.* 1990;26:548–58. Disponible en: Doi: [10.1111/j.0022-3646.1990.00548.x](https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1990.00548.x).

Faust MA. Morphology of ciguatera-causing *Prorocentrum lima* (Pyrrophyta) from widely differing sites. *J Phycol.* 1991;27:642-48. Doi: [10.1111/j.0022-3646.1991.00642.x](https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1991.00642.x).

Faust MA. Three new benthic species of *Prorocentrum* (Dinophyceae) from Carrie Bow Cay, Belize: *P. sabulosum* sp. nov., *P. sculptile* sp. nov., and *P. arenarium* sp. nov. *J Phycol.* 1994;30:755-63. Doi: [10.1111/j.0022-3646.1994.00755.x](https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1994.00755.x).

Faust MA, Gullledge RA. Identifying Harmful Marine Dinoflagellates. *Smithsonia Contr U.S. Natl Herbarium.* 2002;42:1-144. Disponible en: URL: <http://botany.si.edu/references/dinoflag/>.

Faust MA, Larsen J, Moestrup O. ICES identification leaflet for plankton. ed. Natural Environment Research Council Plymouth Marine Laboratory. 1999;184:1-28.

Fensome RA, Taylor FJR, Norris G, Sarjeant WAS, Wharton DI, Williams GL. A classification of living and fossil dinoflagellates. *Am Mus Nat Hist Micropal Spec Publ.* 1993;7:1-351. Doi: <https://doi.org/10.2331/suisan.47.967>.

Fukuyo Y. Taxonomical study on benthic dinoflagellates collected in Coral Reefs. *Bull Jpn Soc Sci Fish.* 1981;47:967-78.

Gárate-Lizárraga I. Proliferation of *Amphidinium carterae* (Gymnodinales: Gymnodiniaceae) in Bahía de la Paz, Gulf of California. *CICIMAR Oceanides.* 2012;27(2):37-49. Disponible en: URL: <http://www.cicimar.ipn.mx/oasis/Medios/oceanides/P%20037-049.pdf>.

Gárate-Lizárraga I. Bloom of *Cochlodinium polykrikoides* (Dinophyceae: Gymnodinales) in Bahía de La Paz, Gulf of California. *Mar Pollut Bull.* 2013;67:217-222. Doi: [10.1016/j.marpolbul.2012.11.031](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.031).

Gárate-Lizárraga I, Martínez-López A. Primer registro de una marea roja de *Prorocentrum mexicanum* (Prorocentaceae) en aguas del Golfo de California. *Rev Biol Trop.* 1997;45(3):1263-1271.

Gárate-Lizárraga I, Muñetón-Gómez MS. Bloom of *Peridinium quinquecorne* Abé in la Ensenada de La Paz, Gulf of California (july 2003). *Acta Bot Mex.* 2008;83:33-47. Disponible en: URL: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-71512008000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-71512008000200004&script=sci_arttext).

Gárate-Lizárraga I, Siqueiros-Beltrones DA, Lechuga-Devéze CH. Estructura de las asociaciones microfitoroplanctónicas de la Región Central del Golfo de California y su distribución espacial en el otoño de 1986. *Cienc Mar.* 1990;16(3):131-153.

Gárate-Lizárraga I, Hernández-Orozco ML, Band-Schmidt C, Serrano-Casillas G. Red tides along the coasts of Baja California Sur, México (1984 to 2001). *CICIMAR Oceanides.* 2001;16(2):127-134.

- Gárate-Lizárraga I, Bustillos-Guzmán JJ, Erler K. Muñeton-Gómez MS, Luckas B, Tripp-Quezada A. Paralytic shellfish toxins in the chocolate clam, *Megapitaria squalida* (Bivalvia: Veneridae), in Bahía de La Paz, Gulf of California. *Rev Biol Trop*. 2004;52(Suppl. 1):133-140.
- Gárate-Lizárraga I, Muñeton-Gómez MS, Maldonado-López S. Florecimientos del dinoflagelado *Gonyaulax polygramma* frente a la isla Espíritu Santo, Golfo de California, México. *Rev Invest Mar*. 2006;27(1):31-39.
- Gárate-Lizárraga I, Band-Schmidt CJ, Verdugo-Díaz G, Muñeton-Gómez MS, Félix-Pico EF. Dinoflagelados (Dinophyceae) del Sistema Lagunar Magdalena-Almejas. En: Funes-Rodríguez R, Gómez-Gutiérrez J, Palomares-García R. ed. Estudios ecológicos en Bahía Magdalena, Comité Editorial del IPN, México. 2007a. p. 145-175.
- Gárate-Lizárraga I, Band-Schmidt CJ, López-Cortés DJ, Bustillos-Guzmán JJ. Bloom of *Pseudo-nitzschia fraudulenta* in Bahía de La Paz, Gulf of California (June-July 2006). *Harmful Algae News*, Paris, France. 2007b;32:6-7. Disponible en: URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001528/152834e.pdf>.
- Gárate-Lizárraga I, Band-Schmidt CJ, Aguirre-Bahena F, Grayeb-Del Alamo T. A multi-species microalgae bloom in Bahía de La Paz, Gulf of California, México (June 2008). *CICIMAR Oceanides*. 2009;24:15-29. Disponible en: URL: <http://www.cicimar.ipn.mx/oasis/Medios/oceanides/p%2015-29%20Ismael.pdf>.
- Gárate-Lizárraga I, González-Armas R, Tiburcio-Pintos G, Sánchez-García C, Olvera-Guevara G, Montero Becerril P. Fish die-offs along the southern coast of Baja California. *Harmful Algae News*, 2014;48(1):8-9. Disponible en: URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002275/227586e.pdf>.
- Gómez F. A list of free-living dinoflagellate species in the world's oceans. *Acta Bot Croat*. 2005;64(1):129-212.
- Graneli E, Sundstrom B, Edler L, Anderson DM. Toxic marine phytoplankton, Elsevier, New York. 1990. p. 554.
- Guiry MD, Guiry GM. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Consulted 9 April 2014) <http://www.algaebase.org>.
- Hada Y. On two new species of the genus *Prorocentrum* Ehrenberg belonging to Dinoflagellida. *Hiroshima Shudo Daigaku Ronshu*. 1975;16:31-38.
- Hernández-Becerril DU, Cortés-Altamirano R, Alonso R. The dinoflagellate genus *Prorocentrum* along the coast of the Mexican Pacific. *Hidrobiologia*. 2000;418:111-121. Doi: [10.1023/A:1003806719515](https://doi.org/10.1023/A:1003806719515).
- Hoppenrath M, Elbrächter M, Drebes G. Marine phytoplankton-selected microphytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt. In: Kleine Senckenberg-Reihe 49, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, (Nägele and Obermiller) Stuttgart; 2009. p. 264.
- Hoppenrath M, Chomérat N, Horiguchi T, Schweikert M, Nagahama Y, Murray S. Taxonomy and phylogeny of the benthic *Prorocentrum* species (Dinophyceae). A proposal and review. *Harmful Algae*. 2013;27:1-28. Doi: [10.1016/j.hal.2013.03.006](https://doi.org/10.1016/j.hal.2013.03.006).
- Landsberg JH. The effects of harmful algal bloom on aquatic organisms. *Rev Fish Sci*. 2002;10(2):113-390. Doi:[10.1080/20026491051695](https://doi.org/10.1080/20026491051695).
- Lassus P, Berthome JP. Status of 1987 algal blooms in IFREMER. *ICES/annex III*, C.M. 1988/F. 1988;33A:5-13.
- Laza-Martínez A, Orive E, Miguel I. Morphological and genetic characterization of benthic dinoflagellates of the genera *Coolia*, *Ostreopsis* and *Prorocentrum* from the southeastern Bay of Biscay. *Eur J Phycol*. 2011;46(1):45-65. Doi: [10.1080/09670262.2010.550387](https://doi.org/10.1080/09670262.2010.550387).
- Licea S, Moreno JL, Santoyo H, Figueroa G. Dinoflageladas del Golfo de California. Ed. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México; 1995. p.165.
- Loeblich ARIII. The amphiesma or dinoflagellate cell covering. *North American Paleontological Convention*, Chicago, September, 1969. *Allen Press Lawrence Kansas*. 1970;2(5):867-929.
- Loeblich ARIII, Sherley JL, Schmidt RJ. The correct position of flagellar insertion in *Prorocentrum* and description of *Prorocentrum rhathymum* sp. nov. (Pyrrhophyta). *J Plankton Res*. 1979;1:113-120.
- López-Cortés DJ, Bustillos-Guzmán JJ, Gárate-Lizárraga I. Unusual mortality of krill (Crustacea: Euphausiacea) in Bahía de La Paz, Gulf of California. *Pac Sci*. 2006;60(2):235-342. Doi: [10.1353/psc.2006.0010](https://doi.org/10.1353/psc.2006.0010).
- López-Cortés DJ, Band-Schmidt CJ, Gárate-Lizárraga I, Bustillos-Guzmán JJ, Hernández-Sandoval F, Nuñez-Vázquez EJ. Co-ocurrencia de *Chattonella marina* y *Gymnodinium catenatum* en la Bahía de La Paz, Golfo de California (primavera 2009). *Hidrobiológica*. 2011;21(2):185-196. Disponible en: URL: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-88972011000200009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972011000200009).
- Marr JC, Jackson AE, McLachlan JL. Occurrence of *Prorocentrum lima*, DPS toxin-producing species from the Atlantic coast of Canada. *J Appl Phycol*. 1992;4:17-24. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00003956>.
- Martínez-López A, Escobedo-Urías DC, Ulloa-Pérez AE, Aguirre R. Dynamics of a *Prorocentrum minimum* bloom along the northern coast of Sinaloa, México. *Cont Shelf Res*. 2008;28:1693-1701. Doi: [10.1016/j.csr.2008.02.017](https://doi.org/10.1016/j.csr.2008.02.017).

- Morton SL, Tindall DR. Morphological and biochemical variability of the toxic dinoflagellate *Prorocentrum lima* isolated from three locations at Heron Island, Australia. J Phycol. 1995;31:914-921. Doi: [10.1111/j.0022-3646.1995.00914.x](https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1995.00914.x).
- Muciño-Márquez RE, Figueroa-Torres MG, Gárate-Lizárraga I. Variación nictemeral del género *Prorocentrum* (Dinophyceae) en la laguna costera Sontecomapan, Veracruz. eBios. 2011;1(1):3-14. Disponible en: URL: [http://cbs1.xoc.uam.mx/e\\_bios/docs/2011/ARTICULO1%20NYCTEMERAL%20VARIATION%20INGLES.pdf](http://cbs1.xoc.uam.mx/e_bios/docs/2011/ARTICULO1%20NYCTEMERAL%20VARIATION%20INGLES.pdf).
- Nakajima I, Oshima Y, Yasumoto T. Toxicity of benthic dinoflagellates in Okonawa. Bull Jpn Soc Sci Fish. 1981;47:1029-1033. Doi: <https://doi.org/10.2331/suisan.47.1029>.
- Nienhuis HJ. Some aspects of the phytoplankton ecology of the ensenada de Aripes (B.C.S.), México. Trans. CIBCASIO Meeting La Jolla California Trans. 1979;5:106-134.
- Okolodkov YB, Gárate-Lizárraga I. An annotated checklist of dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific. Acta Bot Mex. 2006;74:1-154. Disponible en: URL: <http://www.redalyc.org/pdf/574/57407401.pdf>.
- Orellana-Cepeda E, Granados-Machuca C, Serrano-Esquer J. *Ceratium furca*: One possible cause of mass mortality of cultured blue fin tuna at Baja California, Mexico. Proceedings of the Xth International Conference on Harmful Algae. St. Petersburg Beach, Florida, USA. 2002. p. 514-516.
- Osorio-Tafall BF. Notas sobre algunos dinoflagelados planctónicos marinos de México, con descripción de nuevas especies. An Esc Nac Cienc Biol. 1942;2:435-447.
- Ostenfeld CH. Plankton, in Knudsen og Ostenfeld, lagttagelser oyer Oyrflandeyandets Temperatur, Saltholdighed og Plankton paa islandske og grondlandske Skribsrouter i 1898. Kjöbenhavn. 1899. p. 47-93.
- Parke M, Ballantine D. A new marine dinoflagellate: *Exuviaella mariae-lebouria* nov. sp. Marine Biological Association of the United Kingdom. J Mar Biol Assoc U.K. 1957;36:643-650. Doi: [10.1017/S002531540002590X](https://doi.org/10.1017/S002531540002590X).
- Prescott GW. The freshwater algae. ed. W.M.C. Brown Company Publishers, Washington, D.C. USA. 1970. p. 282.
- Sadaf G, Saifullah SM. The dinoflagellate genus *Prorocentrum* (Prorocentrales, Prorocentraceae) from the north Arabian Sea. Pak J Bot. 2011;43(6):3061-3065.
- San Diego-McGlone ML, Azanza RV, Villanoy CL, Jacinto GS. Eutrophic waters, algal bloom, and fish kill in fish farming areas in Bolinao, Pangasinan, Philippines. Mar Pollut Bull. 2008;57(6-12):295-301. Doi: [10.1016/j.marpolbul.2008.03.028](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.03.028).
- Schiller J. Kleinere Mitteilungen über neue *Prorocentrum* und *Exuviella* Arten aus Adria. Arch Protistenk. 1918;38:250-262.
- Schiller J. Die planktischen Vegetationen des adriatischen Meeres. Arch Protistenk. 1928;51:45-91.
- Schiller J. Dinoflagellate (Peridinae). In: S. Rabenhortst's. eds. Kryptogamen-Flora. Leipzig. 1933. p. 1-617.
- Sengco RM, Li A, Tugend K, Kulis D, Anderson DM. Removal of red- and brown- tide cells using clay flocculation. I. Laboratory culture experiments with *Gymnodinium breve* and *Aureococcus anophagefferens*. Mar Ecol Prog Ser. 2001;210:41-53. Doi: <https://doi.org/10.3354/meps210041>.
- Sierra-Beltrán AP, Cortés-Altamirano R, Cortés-Lara MC. Occurrences of *Prorocentrum minimum* (Pavillard) in México. Harmful Algae. 2005;4:507-517. Doi: [10.1016/j.hal.2004.08.018](https://doi.org/10.1016/j.hal.2004.08.018).
- Signoret M, Santoyo H. Aspectos ecológicos del plancton de la Bahía de La Paz, Baja California Sur. An Inst Cienc del Mar y Limnol Univ Nal Autón México. 1980;7:217-248. Disponible en: URL: <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/centro/1980-2/articulo102.html>.
- Steidinger KA, Tangen K. Dinoflagellates. In: Tomas, C.R. eds. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press; 1996. p. 598.
- Stein F. Der Organismus der Infusionsthier. III Abt. Der Organismus der Arthrodelen Flagellaten. II. Hälfte. Die Naturgeschichte der Arthrodelen Flagellaten. Einleitung und Erklärung der Abbildungen. Wilhelm Engelmann, Leipzig. 1883. p. 31.
- Takano Y, Matsuoka K. A comparative study between *Prorocentrum shikokuense* and *P. donghaiense* (Prorocentrales, Dinophyceae) based on morphology and DNA sequences. Plankton Benthos Res. 2011;6(4):179-186. Doi: <https://doi.org/10.3800/pbr.6.179>.
- Tangen K. Shellfish poisoning and the occurrence of potentially toxic dinoflagellates in Norwegian waters. Sarsia. 1983;68:1-7. Doi: [10.1080/00364827.1983.10420550](https://doi.org/10.1080/00364827.1983.10420550).
- Terán SJ, Castro-Gergana V, Mayor-Nucamendi HF, Brito-López JA. Florecimientos algales en Tabasco. Salud en Tabasco. 2006;12(1):414-422. Disponible en: URL: <http://www.redalyc.org/pdf/487/48712102.pdf>.
- Uchida T. Excretion of a diatom inhibitory substance by *Prorocentrum micans* Ehrenberg. Jap J Ecol. 1977;27:1-4.
- Wood EJJ. Dinoflagellates in the Australian region. II. Recent collection. Div Fish Oceanogr CSIRO Techn Pap. 1963;14:1-55.

